

## CARACTERIZAÇÃO, APTIDÃO AGRÍCOLA E CAPACIDADE DE USO DE UM PLANOSSOLO HÁPLICO: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE FIRMINO ALVES-BA

Alane Santos Santana<sup>1</sup>, Ana Maria Souza dos Santos Moreau<sup>2</sup>, Raul Silva Oliveira<sup>3</sup>, Aline Roma Tomaz<sup>4</sup>, Amanda Dias dos Reis<sup>5</sup>

### RESUMO:

Este estudo abordou a caracterização detalhada de um Planossolo Háplico localizado no município de Firmino Alves, Bahia, visando contribuir para a compreensão dos desafios agrícolas na região, especialmente em solos com drenagem imperfeita e suscetibilidade à salinização. Os objetivos do trabalho incluíram a análise das características morfológicas, físicas e químicas do solo, bem como a avaliação de sua aptidão agrícola e capacidade de uso. A metodologia envolveu a coleta de amostras de solo ao longo do perfil, seguidas de análises laboratoriais de rotina. As análises consideraram aspectos como granulometria, argila dispersa em água, grau de flocculação, relação silte/argila, além de pH, cátions trocáveis, capacidade de troca catiônica e saturação por bases. O solo possui uma textura variada ao longo do perfil, com predominância franco-arenosa e algumas variações para argilosa e franco-argilo-arenosa. A cor dos horizontes também variou, refletindo diferenças na permeabilidade e conteúdo orgânico. Quimicamente, apesar do solo ser ácido, o complexo de troca é saturado com cátions básicos, com uma relação Ca:Mg que diminui com a profundidade, o que pode afetar a disponibilidade de nutrientes. A avaliação da aptidão agrícola classificou o solo em grupos com diferentes graus de limitação para lavouras, pastagem, e outros usos. A capacidade de uso foi determinada como restrita devido às limitações naturais do solo. O Planossolo Háplico Eutrófico solódico, da área de estudo, apresenta características que limitam seu uso agrícola, principalmente devido à baixa permeabilidade e risco de salinização. Para a sustentabilidade da pecuária e outros usos agrícolas na região, é crucial adotar práticas de manejo específicas que levem em conta essas limitações. A pesquisa destaca a importância de estudos adicionais para desenvolver estratégias de manejo que possam mitigar os desafios associados a esses solos, garantindo a preservação da qualidade do solo e a manutenção da produtividade agropecuária.

**Palavras-chave:** Classificação do solo; Gênese do solo; Uso sustentável.

## CHARACTERIZATION, AGRICULTURAL APTITUDE AND USE CAPACITY OF 'PLANOSSOLO HÁPLICO': A CASE STUDY IN FIRMINO ALVES -BA.

### ABSTRACT:

The present study centered on the comprehensive characterization of a Planossolo Háplico situated within the municipality of Firmino Alves, Bahia. The objective of this study was to contribute to the comprehension of the agricultural challenges experienced by the region, with a particular focus on soils that exhibit imperfect drainage and a high degree of susceptibility to salinization. The objectives of the study included analyzing the morphological, physical, and chemical characteristics of the soil, as well as evaluating its agricultural suitability and land use capacity. The methodology entailed the collection of soil samples along the profile, followed by routine laboratory analyses. The analyses encompassed a range of parameters, including but not limited to: particle size distribution, water-dispersible clay, degree of flocculation, silt/clay ratio, as well as

<sup>1</sup>Bacharel em Agronomia. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus-BA; [alanesantana1@hotmail.com](mailto:alanesantana1@hotmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-0919-4812>. <sup>2</sup> Tutora do PET SOLOS e Professora Plena na Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus-BA; [amoreau@uesc.br](mailto:amoreau@uesc.br), <https://orcid.org/0000-0003-3909-2734>. <sup>3</sup> Mestre em Produção Vegetal. Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre-ES, [rauloliveira94@gmail.com](mailto:rauloliveira94@gmail.com) <https://orcid.org/0000-0002-1401-4062>. <sup>4</sup> Doutora em Ciência do Solo. Universidade Federal Rural do Pernambuco. Recife-PE, [alline.roma91@hotmail.com](mailto:alline.roma91@hotmail.com) <https://orcid.org/0000-0003-2896-519X>. <sup>5</sup> Mestre em Ciência do Solo. Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR, [amandadias13@hotmail.com](mailto:amandadias13@hotmail.com) <https://orcid.org/0000-0003-2659-9114>

pH, exchangeable cations, cation exchange capacity, and base saturation. The soil profile displays a diverse texture, predominantly sandy loam, accompanied by variations in clay and sandy clay loam. The color of the horizons also varies, reflecting differences in permeability and organic content. A chemical analysis of the soil reveals that, despite its acidic nature, the exchange complex is saturated with basic cations. The ratio of calcium to magnesium (Ca:Mg) exhibits a decline with depth, which has the potential to influence nutrient availability. The agricultural suitability assessment classified the soil into groups with different degrees of limitation for crops, pastures, and other uses. An evaluation revealed that the land's utilization potential was constrained due to inherent soil properties. The Planossolo Háplico Eutrófico solódico in the study area presents characteristics that limit its agricultural use, primarily due to low permeability and the risk of salinization. In order to ensure the viability of livestock farming and other agricultural practices in the region, it is imperative to implement specific management strategies that take these constraints into account. The research underscores the necessity for additional studies to develop management strategies that can mitigate the challenges associated with these soils, ensuring soil quality preservation and maintaining agricultural productivity.

**Keywords:** Soil classification; Soil genesis, Sustainable use.

## INTRODUÇÃO

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (Santos et al., 2018), os Planossolos são solos minerais, imperfeitamente ou mal drenados, com contraste abrupto de textura do horizonte superficial ou subsuperficial para o horizonte B, imediatamente subjacente, adensado, geralmente com acentuada concentração de argila e permeabilidade lenta.

Essa classe de solos compõe 2% da extensão territorial do Brasil, ocupando aproximadamente 196.311,48 km<sup>2</sup>, destacando-se na região Nordeste com 47% desse total. (Santos et al., 2011; Coelho et al., 2002). Nesta região, são dominantes no semiárido, com destaque para o Agreste Pernambucano (aproximadamente 5.743,20 km<sup>2</sup> ou 5,78 % do total da área do Estado) e os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Alagoas, Bahia, Sergipe e Paraíba, cobrindo uma área de cerca 10,5% (Silva et al., 2001).

Devido à sua ampla distribuição geográfica e importância agrícola, a maioria das pesquisas sobre esta classe de solos concentra-se no Agreste Pernambucano. Essa região, de clima semiárido e chuvas mal distribuídas ao longo do ano, enfrenta escassez hídrica e processos de salinização decorrentes de suas características ambientais (Castro et al., 2021).

A deficiência de drenagem, como resultado da mudança textural abrupta, torna os Planossolos mais suscetíveis à erosão (Jardim et al., 2017), agravando ainda mais a situação de fragilidade desse solo. Silva e Neto Barbosa (2020), ao estudarem a aptidão agrícola de solos do estado do Pernambuco, constataram que para as classes dos Planossolos, as principais limitações do uso agrícola decorrem da baixa disponibilidade de água no período seco, do excesso de umidade e falta de oxigenação no período chuvoso.

Considerando a ampla ocorrência de Planossolos no sudoeste da Bahia (Nascif, 2000), essa região apresenta um contexto histórico marcado por transformações ambientais significativas. De acordo com Maia et al. (2011), a expansão da pecuária extensiva nessa área resultou em impactos ambientais expressivos, incluindo a remoção da vegetação nativa, a degradação dos solos e a consequente redução da capacidade de suporte das pastagens. Por outro lado, a pecuária extensiva desempenha um

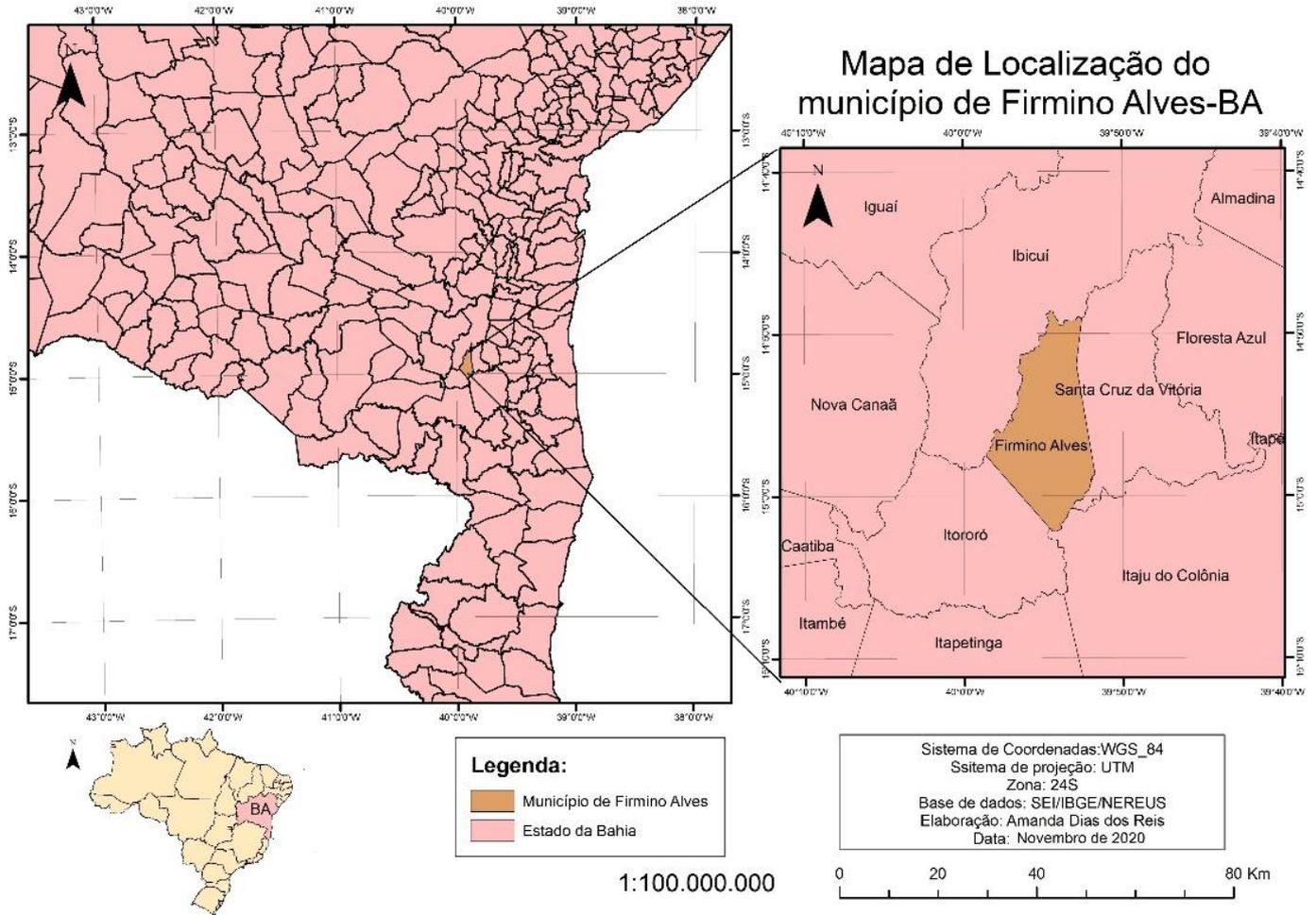
papel fundamental na economia regional. Nesse contexto, a adoção de práticas adequadas de manejo do solo é essencial para assegurar a sustentabilidade dessa atividade. No entanto, a ampla distribuição dos Planossolos na região impõe desafios significativos, devido às suas características intrínsecas, como drenagem imperfeita e elevada suscetibilidade à salinização. Dessa forma, o manejo inadequado desses solos pode intensificar tais limitações naturais, promovendo processos de degradação ambiental e comprometendo a produtividade agropecuária.

Há diversas evidências que descrevem as modificações nos atributos físicos, químicos e degradação de solos sob uso intensivo com pastagens, sob diferentes condições climáticas e geomorfológicas (Assis et al., 2019; Bezerra et al., 2019; Oliveira et al., 2022; Alves et al., 2023). No entanto, trabalhos que descrevam os impactos desta atividade na Depressão Itabuna/Itapetinga, são escassos. Assim, investigar as características morfológicas, físicas e químicas dos Planossolos, bem como, sua aptidão agrícola e capacidade de uso é fundamental na adoção de práticas de manejo sustentável para preservar a qualidade do solo e garantir sua capacidade produtiva na região Sudoeste da Bahia. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo classificar e caracterizar os atributos, físicos, químicos e morfológicos, bem como aptidão agrícola de um Planossolo situado na Depressão Itabuna/Itapetinga no estado da Bahia.

## MATERIAL E MÉTODOS

A amostragem foi realizada no município de Firmino Alves, que está inserido no Sudoeste do Estado da Bahia, entre Latitude 14° 59'07" S e Longitude 39° 55' 25" W, estando a uma altimetria de 323 m acima do nível do mar (Figura 1).

Esta depressão apresenta maiores domínios de Chernossolo e Argissolos desenvolvidos a partir do material de origem ortognaisse e granito-gnaisse, em relevo suave-ondulado. As referidas áreas dissecadas estão associadas aos corpos graníticos, sieníticos e intrusões das rochas básicas e granitos (RadamBrasil, 1981). Com relação a isso, Nacif (2000), acrescenta que, os Chernossolos, Argissolos e Planossolos são os solos de maior abrangência na região de Firmino Alves com uso predominantemente associado à pecuária extensiva.



**Figura 1.** Mapa de localização do município de Firmino Alves-BA.

As condições de relevo, revelam que o compartimento da Depressão Itabuna-Itapetinga é uma faixa rebaixada com altitude de 200 a 400 m, caracterizada por um modelado de aplainamento integrado por um pediplano parcialmente dissecado, onde a drenagem faz incisões fracas, configurando lombadas (Nacif, 2000). O clima da região é o Tropical Subúmido a Seco, com temperaturas médias de 19,4°C a 24,6°C, precipitações anuais que variam entre 1.100 mm a 2.000 mm e tipo climático Af, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger A vegetação predominante é composta por Floresta Estacional Semidecidual e a Floresta Ombrófila (Alvares et al., 2013).

#### Coleta das amostras de solo e metodologia da análise

#### Coleta de amostras e análise morfológica

Em uma trincheira sob pastagem, foram identificados e delimitados os horizontes do solo na seguinte sequência: A (0-35 cm), E (35-65 cm), Bt (65-88 cm), C (88-145 cm) e Cr (a partir de 145 cm). Em seguida, realizou-se a descrição morfológica dos horizontes conforme as diretrizes do Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo (Santos et al., 2015), registrando-se atributos como espessura, estrutura, cor, textura e consistência.

Após a caracterização morfológica, amostras de todos os horizontes foram coletadas, secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm, resultando na fração de terra fina seca ao ar (TFSA). Essa fração foi utilizada para as análises físicas e químicas, conforme descrito a seguir.

#### Análise Física

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta de acordo com Teixeira et al. (2017), visando à determinação dos teores de areia

grossa, areia fina, silte e argila. Para a dispersão das partículas, utilizou-se solução de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> como agente dispersante, seguida de agitação mecânica em agitador tipo Wagner por 16 horas. A separação da fração argila ocorreu por sedimentação, enquanto as frações de areia grossa e areia fina foram isoladas por tamisação. O teor de silte foi determinado por diferença.

Adicionalmente, a argila dispersa em água (ADA) foi quantificada pelo mesmo método. A partir desses dados, o grau de floculação foi calculado conforme a equação 1:

$$GF = \frac{100(a-b)}{a} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: *a* é referente a argila total e *b* argila dispersa em água.

Após isso, foi calculada a relação Silte/Argila em função dos valores totais de argila e silte, utilizando a equação 2:

$$RS/A = Ts / Targ \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde Ts refere-se ao teor de silte e Targ refere-se ao teor de argila.

### Análises Químicas

As análises químicas foram realizadas de acordo com Teixeira et al. (2017) e compreenderam a determinação dos valores de pH, fósforo disponível (P), nitrogênio total (N), carbono orgânico total (C), relação carbono/nitrogênio (C/N), cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), potássio (K<sup>+</sup>), sódio (Na<sup>+</sup>), alumínio (Al<sup>3+</sup>) e hidrogênio (H<sup>+</sup>).

Os cátions Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> foram extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, enquanto K<sup>+</sup> e P disponível foram determinados por meio do extrator Mehlich-1. A partir dos resultados das análises químicas, foram calculadas a soma de bases (SB), a capacidade de troca catiônica (CTC) e os índices de saturação por bases (V%), por alumínio (m%), ΔpH, atividade da fração argila e as relações Ca:Mg.

A determinação do pH foi realizada potenciométricamente, utilizando-se uma relação solo: solução de 1:2,5 em H<sub>2</sub>O e em KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. O carbono orgânico total foi quantificado pelo método

de oxidação via úmida com aquecimento externo, e a matéria orgânica foi estimada com base no teor de carbono orgânico total.

### Ataque Sulfúrico

Os teores de óxidos foram determinados pelo método do ataque sulfúrico, conforme descrito por Teixeira et al. (2017). A digestão com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1:1 foi empregada para a extração de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e TiO<sub>2</sub>, enquanto a determinação de SiO<sub>2</sub> foi realizada no filtrado, após dissolução alcalina com NaOH 0,8 mol L<sup>-1</sup>.

### Classificação, avaliação da aptidão agrícola e capacidade de uso do solo

Os solos foram classificados até o 4º nível categórico com base na descrição morfológica e nos resultados das análises químicas, físicas e de ataque sulfúrico, de acordo com Santos et al. (2018). Essa classificação engloba a Ordem, Subordem, Grande Grupo e Subgrupo dos solos. A avaliação da aptidão agrícola foi feita segundo o Sistema de Avaliação de Aptidão Agrícola das Terras (Ramalho Filho e Beek, 1995). Esse sistema consiste em determinar os desvios para cinco fatores limitantes: fertilidade, deficiência hídrica, oxigenação, suscetibilidade à erosão e mecanização. Os desvios são classificados em cinco graus de limitação, variando de nulo (0), ligeiro (1), moderado (2), forte (3) e muito forte (4).

Além disso, os desvios são utilizados para agrupar os solos em grupos, subgrupos e classes. Os grupos vão de 1 a 6, sendo indicados para lavouras os grupos 1, 2 e 3; para pastagem plantada o grupo 4, para silvicultura e/ou pastagem natural o grupo 5 e, para preservação da fauna e flora o grupo 6. Os subgrupos são divididos em três níveis de manejo: A (baixa tecnologia), B (média tecnologia) e C (alta tecnologia). A classe definida como boa é representada pelas letras em maiúsculo: ABC; regular, pelas letras em minúsculo: abc; e, restrita, pelas letras em minúsculo acompanhadas de parênteses: (a) (b) (c). Essa avaliação foi realizada considerando as condições edafoclimáticas da área de estudo, e as respostas foram transcritas no modelo de quadro guia a seguir (Quadro 1):

**Quadro 1.** Quadro guia de aptidão agrícola da terra utilizado no presente estudo.

Aptidão agrícola			Graus de limitação de condições agrícolas para diferentes níveis de manejo															Tipo de utilização indicado	
G	Sbg	Cla	Δ Fertilidade			Δ Água			Δ Oxigênio			Δ Erosão			Δ Mecanização				
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C		
1	1 ABC	Boa																	Lavoura boa
2	2 abc	Reg																	Lavoura regular
3	3 (abc)	Rest																	Lavoura restrita
4	4P	Boa																	Pastagem plantada boa
	4p	Reg																	Pastagem plantada regular
	4(p)	Rest																	Pastagem plantada restrita
5	5S	Boa																	Silvicultura boa
	5s	Reg																	Silvicultura regular
	5(s)	Rest																	Silvicultura restrita
	5N	Boa																	Pastagem natural boa
	5n	Reg																	Pastagem natural regular
	5(n)	Rest																	Pastagem natural restrita
6	6	Sem apt.																	Preservação da fauna e da flora

G = grupo; sbg = subgrupo; clas = classe; reg = regular; rest = restrito. Adaptado de Ramalho Filho e Beek (1995).

A capacidade de uso dos solos foi determinada utilizando o sistema de capacidade de uso de terra proposto por Lepsch et al. (2015). Esse sistema classifica as terras em classes, subclasses e unidades de capacidade de uso. As classes são representadas por algarismos romanos, variando de I a VIII, onde a classe I apresenta as menores limitações ao uso e a classe VIII as maiores restrições. As classes I a IV são consideradas aptas para lavouras, pastagens e reflorestamento, enquanto as classes V a VII são inadequadas para lavouras, mas podem ser utilizadas para pastagens e áreas de

refúgio. Já a classe VIII é imprópria para usos agrícolas ou pecuários, sendo destinada exclusivamente à preservação da fauna e da flora. As subclasses são representadas por letras maiúsculas acompanhando os algarismos romanos e variam de acordo com a natureza da limitação de uso, podendo ser (E) erosão, (S) solo, (A) água e (C) clima. Posteriormente, as informações foram aplicadas no quadro guia (Quadro 2) para avaliar se a capacidade de uso do solo estudado está em subutilização ou hiperutilização.

Quadro 2 – Quadro guia de interpretação da capacidade de uso do solo.

Classe	Área de preservação	Silvicultura			Cultivo ocasional	Cultivo intensivo		
		Lim.	Mod.	Int.		Problema de Conservação		
						Comp.	Sim.	Não ap.
I		Sub.					UR	
II		Sub.					UR	Hip.
III		Sub.			UR		Hip.	
IV		Sub.			UR		Hip.	
V		Sub.		UR		Hip.		
VI		Sub.		UR		Hip.		
VII		Sub.	UR			Hip.		
VII		UR				Hip.		

Lim. = Limitante; Mod. = Moderado; Int. = intenso; Comp. = Complexo; Sim. = Simples; Não ap. = Não aparente; Sub. = Subutilizado; UR = Uso regular; Hip. = Hiperutilizado. Adaptado de Lepsch et al. (2015)

### Análises estatísticas

Foi realizada a correlação de Pearson para saber a relação entre os atributos físicos ADA e GF e os atributos químicos  $\Delta pH$ , os teores de nutrientes, teor de C e teor e atividade de argila usando o software R.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Relação entre os atributos morfológicos, físicos e químicos do Planossolo

#### Atributos morfológicos

Com base na proposta e nos parâmetros de classificação de solos da Embrapa (2018), este solo foi classificado como Planossolo Háplico Eutrófico solódico. O solo descrito apresenta classe textural, no geral, franco-arenosa ao longo do perfil, com variação para argilosa e franco-argilo-arenosa nos subhorizontes Bt e C, respectivamente. As cores descritas foram em tons cinza escuro no horizonte A, bruno amarelado no horizonte E, bruno claro acinzentado no horizonte Bt e, cinza claro no horizonte Cr (Tabela 1). De acordo com IBGE (2015), a cor mais escura no horizonte A é decorrente do teor mais elevado de carbono ( $6,1 \text{ mg kg}^{-1}$ ), devido ao maior aporte de resíduos orgânicos, principalmente de origem vegetal em diferentes estágios de decomposição. O horizonte B plânico exibe a coloração típica dos Planossolos (10YR 6/3 – cinzento-brunado-claro), o que sugere baixa

permeabilidade e uma condição temporária de redução devido ao excesso de umidade (Santos et al., 2018).

O horizonte diagnóstico apresenta estrutura prismática que se fragmenta em pequenos blocos angulares (Tabela 1). Essas unidades estruturais formam-se devido aos ciclos de umedecimento e secagem, que promovem a contração e expansão dos minerais de argila de alta atividade. Esse fenômeno é influenciado principalmente pelas condições climáticas da região, caracterizadas por baixa precipitação e elevada evapotranspiração, além da drenagem deficiente do perfil estudado (Capeche, 2008). O grau moderado de desenvolvimento dessa estrutura pode ser atribuído à presença de minerais caulínicos e oxídicos, bem como à ação contínua dos ciclos de secagem e umedecimento.

No horizonte A, a estrutura granular e em blocos angulares sugere uma perda de argila para os horizontes subsuperficiais e/ou ocorrência de erosão laminar, o que resulta no predomínio da fração areia na superfície. Esse predomínio contribui para que a consistência do solo seja não plástica e ligeiramente pegajosa (Tabela 1). Em contraste, o horizonte B plânico exibe uma consistência plástica e pegajosa, decorrente do elevado teor de argila e de sua alta atividade ( $T_a = 32,12 \text{ cmolc.kg}^{-1}$ ). Além disso, pode ter ocorrido a translocação de argila do horizonte A para o B plânico, onde se acumula, contribuindo para a formação desse horizonte diagnóstico.

**Tabela 1** - Descrição morfológica de um Planossolo Háplico do município Firmino Alves-BA.

Hz	Prof. cm	Cor Úmida	Estrutura	Úmida	Consistência Molhada	C.T
A	0-35	10YR 4/1	Fra. Méd./Peq. Gra./Bloc. Suban.	Friável	Não Plást./Lig. Pega.	Fran.-aren.
E	35-65	10YR 5/2	Mod.Méd./Peq. Bloc. Suban.	Friável	Plást.e Pega.	Fran.-aren. Argi.
Bt	65-88	10YR 6/3	For.Méd.Pris./Mod.Méd.Bloc.Ang.	Firme	Plást.e Pega.	Fran.-argilo-aren. Fran.-aren.
C	88-145	5YR 6/3	For.Méd./Bloc.Ang./Suban.	Muito firme	Lig. Plást./ Não Pega.	Fran.-aren.
Cr	145+	-	-	Muito firme	Não Plást./Não Pega.	Fran.-aren.

Hz.=Horizonte; Prof.=Profundidade; C.T=Classe textural;; Fra.=Frac; For.=Forte; Méd.=Média; Peq.=Pequena; Gra.=Granular; Bloc.=Bloco; Ang.=Angular; Suban.=Subangular; Pris.= Primática; For.=Forte; Plást.= Plástica; Lig.=Ligeiramente; Pega.=Pegajosa; Fran.=Franco; Aren.=Arenosa; Argi=Argilosa.

Os resultados das análises físicas (Tabela 2) confirmam uma mudança textural abrupta (gradiente textural de 3,4) entre os horizontes A, que apresentam uma classe textural franco-arenosa, e o horizonte Bt, que é argiloso. Como não há descontinuidade no

material de origem, evidenciada pela homogeneidade nos teores de  $TiO_2$ , que variaram de 4,1 a 5,0 g/kg (Tabela 3), pode-se afirmar que o gradiente textural é resultado de um desenvolvimento "in situ".

**Tabela 2** - Atributos físicos de um Planossolo Háplico localizado em Firmino Alves-BA.

Hz.	Prof.	AG	AF	AREIA	SILTE	ARG	ADA	GF	R S/A
	-cm-	g kg <sup>-1</sup>				-%-			
<b>A</b>	0-35	486	229	715	164	121	101	17	1,36
<b>E</b>	35-65	450	195	645	193	162	142	12	1,19
<b>B</b>	65-88	544	112	356	230	414	373	10	0,56
<b>C</b>	88-145	348	148	496	216	288	268	7	0,74
<b>Cr</b>	245+	415	153	568	289	143	123	14	2,02

Hz.=Horizonte; Prof.=Profundidade; AG=Areia Grossa; AF=Areia Fina; ARG=argila total; ADA=Argila Dispersa em Água; GF=Grau de Floculação; R S/A= Relação Silte/Argila

**Tabela 3** – Teores dos óxidos por digestão sulfúrica e relação Ti/ARG em um Planossolo Háplico localizado em Firmino Alves-BA.

Horizonte	g/kg				
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Ti/ARG
A	78	39	13	4.1	0,03
Continuação da tabela 3					
E	97	56	19	5,0	0,03
B	226	157	34	4,6	0,01
C	189	131	40	4,1	0,01
Cr	163	111	38	4,4	-

TiARG = Relação Titânio/Argila.

Segundo Fonseca (1986), o  $TiO_2$  pode ser utilizado como um indicador para a determinação da remoção de elementos móveis do solo. O decréscimo da relação Titânio/Argila (Ti/ARG) em profundidade é uma característica comum em solos com gradiente textural igual ou superior a 1,8. Neste estudo, identificou-se que a relação Ti/ARG variou de 0,03 nos horizontes superficiais para 0,01 no subsuperficial, justificando o gradiente textural de 3,4. Isso evidencia a translocação de argila e a remoção de materiais mais finos por erosão laminar (Macedo et al., 2021) ou ferrólise (Silva, 2018), um processo que envolve a redução bioquímica dos óxidos de ferro, liberação de  $H^+$ , acidificação do meio, bem como promove a degradação dos minerais de argila. Esses processos tornam os horizontes superficiais mais arenosos, ácidos e com coloração mosqueada.

A relação Silte/Argila (S/A) é maior nos horizontes A, E e Cr. Os valores obtidos para os dois primeiros horizontes estão associados aos baixos teores de argila. No horizonte Cr, a maior proximidade ao material de origem explica o elevado teor de silte no perfil, resultando em uma maior relação S/A (Tabela 2). Ferreira (2011), ao estudar Planossolos desenvolvidos em diferentes condições ambientais no estado de Pernambuco, observou essa mesma característica na maioria dos solos analisados.

Devido à sua pedogênese, os Planossolos tendem a formar horizontes superficiais mais

arenosos e subsuperficiais com alto teor de argila, o que os torna solos de baixa permeabilidade e alta suscetibilidade à erosão hídrica. No solo em estudo, essa condição é acentuada pelos resultados obtidos para a argila dispersa em água e o grau de floculação (Tabela 2). Em todo o perfil, mais de 80% da fração argila do sistema coloidal encontra-se dispersa em água, sugerindo que o gradiente textural abrupto resultou da remoção preferencial de argila do horizonte superficial por erosão hídrica, decorrente de precipitações pluviiais concentradas e intensas, sobre um solo com escassa cobertura vegetal.

A dispersão da argila é influenciada por fatores como densidade de carga elétrica, concentração de eletrólitos, mineralogia, textura e matéria orgânica, pois esses elementos podem gerar repulsão entre as cargas elétricas dos colóides, aumentando a espessura da dupla camada difusa (SPERA et al., 2008).

Segundo Theodoro et al. (2003), altas cargas líquidas negativas provocam maior dispersão das argilas, o que leva à desagregação do solo e, conseqüentemente, à perda da qualidade física. Embora os valores de  $\Delta pH$  ( $pH\ KCl - pH\ H_2O$ ) do solo indiquem a predominância de cargas elétricas negativas, não foi observada uma correlação significativa entre  $\Delta pH$  e a dispersão do solo (Tabela 4).

**Tabela 4.** Valores do coeficiente de correlação (r) entre atributos químicos e mineralógicos do solo com o grau de floculação e argila dispersa em água dos horizontes superficiais e subsuperficiais do solo, para 5% de significância.

	$\Delta pH$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$K^+$	$Na^+$	$Al^{3+}$	C	Argila	Atividade de Argila
ADA	-0,5	0,1	0,8	-0,7	0,3	0,3	-0,4	0,7	0,9
GF	0,5	-0,1	-0,8	0,7	-0,3	-0,3	0,4	-0,7	-0,9

$\Delta pH = pH\ KCl - pH\ H_2O$ ; Ca=Cálcio; Mg=Magnésio; K=Potássio; Al= Alumínio; GF=Grau de Floculação; ADA=Argila Dispersa em água.

Neste estudo, os fatores que apresentaram correlação positiva com os valores de argila dispersa em água foram magnésio, atividade de argila e teor de argila, com coeficientes de correlação (r) de 0,8; 0,9 e 0,7, respectivamente. Apesar de o magnésio ser um elemento divalente, seu excesso criou um ambiente de alta repulsão eletrostática. Além disso, a mineralogia 2:1 do solo, que gera altas densidades de cargas negativas, associada à má drenagem, também pode influenciar na dispersão da argila, promovendo maior hidratação dos argilominerais, o que diminui as

forças de adesão e coesão entre as partículas do solo (Santos, 2018), contribuindo também para o aumento da dupla camada difusa. Considerado um elemento dispersante, o sódio não teve efeito significativo na dispersão da argila (Tabela 4).

Elevados teores de argila dispersa em água são uma característica comum dos Planossolos (Santos et al., 2018) e contribuem para a formação do caráter abrupto do horizonte B. Fonseca (1986) já destacou que a argila dispersa em água é um fator essencial na gênese de horizontes argilosos, pois

facilita o movimento da argila ao longo do perfil do solo.

### Atributos químicos

Os valores de atividade de argila foram superiores a 27 cmolc.kg<sup>-1</sup> (32,2 e 39,9 cmolc.kg<sup>-1</sup> nos horizontes B e C, respectivamente), indicando a presença de minerais com alta atividade (Tabela 5). Horizontes com textura franco-arenosa não foram incluídos no cálculo desses valores (Santos et al., 2018).

Os cátions predominantes no complexo de troca foram Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Na<sup>+</sup>, resultando em uma alta saturação por bases, com valores variando de 71% a 85%. Mota et al. (2002), ao estudarem um Planossolo Háptico solódico originado a partir de gnaiss no Sertão Central do Ceará, observou argila de alta atividade e a presença de argilominerais 2:1, como a vermiculita, além de uma alta saturação por bases, com predominância de cálcio e magnésio. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva (2018) em

Planossolos desenvolvidos a partir de diferentes materiais de origem no Rio Grande do Sul.

Neste solo, o complexo de troca é predominantemente composto por Mg<sup>2+</sup>, que representa 41% da CTC a pH 7 (Tabelas 5 e 6), uma situação rara. Normalmente, os solos têm mais Ca<sup>2+</sup> do que Mg<sup>2+</sup> devido à maior solubilidade do cálcio. O maior teor de Mg<sup>2+</sup> está associado, a grande quantidade desse elemento em rochas máficas-ultramáficas, e à sua presença nos argilominerais, substituindo o alumínio isomorficamente nas lâminas octaédricas (Carvalho e Ramos, 2010; Darab, 1980). Segundo Nacif (2000), a presença dominante de vermiculita e esmectita nas rochas da Depressão Itabuna-Itapetinga explica a predominância de magnésio nos solos com argila 2:1. Além disso, Carvalho e Ramos (2010) apontam que o município de Firmino Alves está situado em uma área com rochas máficas-ultramáficas, como o dunito, que possui minerais ferromagnesianos como a olivina.

**Tabela 5.** Atributos químicos de um Planossolo Háptico localizado no município de Firmino Alves-BA.

Hz	Prof. cm	pH		C mg/kg	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	SB	T	ATA	V	PST
		H <sub>2</sub> O	KCl												
A	0 - 35	5,4	4,2	6,1	2,4	1,6	0,04	0,06	0,0	1,7	4,1	5,8	-	71	1
BA	35-65	5,7	4,0	4,8	2,9	1,9	0,03	0,27	0,1	1,4	5,1	6,6	-	77	4
B	65-88	5,6	3,6	4,9	3,9	5,5	0,02	1,03	0,5	2,4	11	13,4	32	78	8
C	88 - 145	5,8	3,7	2,9	1,9	5,5	0,01	2,39	0,2	1,5	9,8	11,5	40	85	21
Cr	145+	5,6	3,2	1,8	1,9	4,0	0,01	3,4	0,5	1,2	9,3	11,0	-	85	31

Hz.=Horizonte; Prof.=Profundidade; SB=Soma de bases (Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>+K<sup>+</sup>+Na<sup>2+</sup>); T= Capacidade de troca catiônica (Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup>+K<sup>+</sup>+Na<sup>2+</sup>+Al<sup>3+</sup>+H<sup>+</sup>); ATA=Atividade da fração argila (CTCx1000/arg g.kg<sup>-1</sup>); PST=Porcentagem de Saturação por Sódio (Na x 100/CTC).

**Tabela 6.** Relação Ca:Mg de um Planossolo Háptico localizado no município de Firmino Alves-BA.

Hz	Relação Ca:Mg	%Ca	%Mg	%K
A	1,5	-	-	-
BA	1,5	-	-	-
B	0,7	41%	29%	0,15%
C	0,3	-	-	-
Cr	0,5	-	-	-

Hz=Horizonte; Ca=Cálcio; Mg=Magnésio.

De acordo com a restituição equilibrada de bases proposta por Albrecht (1975), a saturação ideal dos cátions básicos no solo é de: 50-65% para cálcio; 10-20% para magnésio; e 3-5% para potássio. Os dados da Tabela 5 mostram que o horizonte B apresenta uma saturação de magnésio em torno de 41%, que é o dobro do valor ideal. Em contraste, as

saturações de cálcio e potássio estão abaixo do ideal, com teores de 29% e 0,15%, respectivamente.

O cálcio e o magnésio competem pelos sítios de adsorção no solo, apresentando com o cálcio uma maior preferência no complexo de troca das argilas. Manter um equilíbrio adequado entre esses cátions é essencial para o desenvolvimento das plantas (Moreira, 1999; Salvador et al., 2011). O excesso de

um deles pode comprometer a adsorção do outro (Salvador et al., 2011). Segundo Lange et al. (2021), a maioria dos estudos sugere que uma relação Ca:Mg entre 3 a 5 é ideal para as plantas. Este mesmo autor encontrou que a produção de massa seca radicular e da parte aérea de milho e soja foi favorecida com uma relação Ca:Mg igual a 4. Os resultados apresentados na Tabela 6 mostram que a relação Ca:Mg variou entre 0,3 e 1,5 cmolc/kg, com valores mais baixos em profundidade. Esses dados indicam um desequilíbrio

na relação Ca:Mg no solo estudado, com valores abaixo do ideal para o desenvolvimento das plantas.

Em um solo que não é destinado à agricultura, e considerando a possibilidade de seu uso agrícola, o desequilíbrio na relação Ca:Mg pode reduzir a absorção de cálcio, resultando em uma deficiência desse nutriente. De acordo com os teores ideais propostos por Albrecht (1975), a Tabela 7 mostra os teores necessários para que os elementos atinjam os índices ideais de equilíbrio de saturação.

**Tabela 7.** Teores de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ) para atingir a saturação ideal de bases.

Teores para atingir a saturação por bases ideal (cmolc/dm <sup>3</sup> )				
%Ca <sup>2+</sup>		%K <sup>+</sup>		
50%	65%	3%	5%	
2,82	4,84	0,38	0,64	

A principal vantagem deste solo para a pecuária é que o acúmulo de magnésio pode ajudar a prevenir a tetania da pastagem. De acordo com Amaral (2022), a tetania é um distúrbio que afeta rebanhos alimentados com pastagens provenientes de solos com baixa capacidade de fornecer magnésio para as forrageiras, sendo especialmente comum em vacas leiteiras durante a lactação.

A presença do íon  $\text{Na}^+$  resultou em valores de saturação que variam entre 1% e 31%, conferindo ao solo caráter solódico. Esses valores são consequência do acúmulo de água no lençol freático durante certos períodos do ano, o que é indicado pela cor cinza-brunado-claro do solo. Devido à transição abrupta no solo, o aumento da argila no horizonte B cria muitos microporos, que retêm a água do lençol freático após o período de saturação. Posteriormente, durante o período seco, a água evapora e os sais minerais presentes na água acumulam-se no perfil do solo, resultando nos teores de saturação observados.

#### **Avaliação da aptidão agrícola da terra e capacidade de uso do solo**

De acordo com os requisitos estabelecidos por Ramalho Filho e Beek (1995), o solo em questão foi classificado com aptidão agrícola 4p. Esse solo pertence ao grupo 4, considerado apto para pastagem plantada, com aptidão agrícola regular em todos os níveis de manejo. Quanto a capacidade de uso, os critérios de Lepsch et al. (2015) enquadraram o solo estudado como V E-3, S-4. A classe V refere-se a solos com capacidade produtiva para pastoreio

intensivo. Silva e Barbosa Neto (2020) também classificaram Planossolos em Pernambuco como 4p.

Além disso, considerando que o solo está sob pastagem natural e com base no quadro guia de interpretação (Quadro 2), verifica-se que seu uso atual está em condição de subutilização. Isso se deve ao fato de que o solo apresenta potencial econômico para o cultivo de pastagens e para o pastoreio intensivo, o que torna a área de estudo competitiva. Dessa forma, o solo possui capacidade produtiva para atender às demandas da região de Firmino Alves, cuja principal atividade agrícola é a agropecuária.

Quanto à fertilidade, o fator nutriente apresentou um desvio moderado, com valor igual a 2. Embora o horizonte B plânico apresente uma saturação por bases de 78%, o solo não pode ser classificado com desvio ligeiro (valor igual a 1), devido à saturação por sódio de 7,7%. Esse valor excede o limite estabelecido por Ramalho Filho e Beek (1995), que define a saturação por  $\text{Na}^+$  inferior a 6% como critério para menor restrição. Almeida et al. (2019) também encontraram limitações na fertilidade devido à presença de  $\text{Na}^+$  em Planossolos no estado do Piauí.

Apesar da aptidão do solo para pastagem plantada, a alta concentração de  $\text{Na}^+$  representa um dos principais fatores limitantes. Esse elemento pode causar impactos negativos tanto na produção agrícola quanto na sustentabilidade dos ecossistemas, especialmente em regiões áridas e semiáridas, onde sua presença excessiva pode contribuir para a degradação dos solos (Qadir et al., 2007).

O clima do município caracteriza-se por um período de seca bem definido, tornando a deficiência hídrica um fator limitante para os níveis de manejo A e B, que apresentam menor grau de tecnificação em comparação ao nível de manejo C. Essa limitação resulta em um desvio ligeiro, atribuído com valor 1 para este fator. Nos sistemas mais tecnificados, é possível mitigar essa restrição por meio da adoção de práticas de irrigação para o suprimento hídrico, enquanto os sistemas menos tecnificados não dispõem dessa alternativa.

A disponibilidade de oxigênio e o fator erosão apresentam o maior grau de limitação, sendo classificados como forte (desvio igual a 3). Essa restrição decorre da mudança textural abrupta e da drenagem imperfeita característica dessa classe de solo, que reduzem a infiltração em profundidade, diminuem drasticamente a macroporosidade e favorecem a erodibilidade.

Essa limitação se torna ainda mais relevante no contexto da capacidade de uso do solo. A mudança textural abrupta, evidenciada pelo aumento do teor de argila em profundidade (121 g/kg no horizonte A e 414 g/kg no horizonte B), classifica o solo com o número 3 na subclasse de erosão, resultando na designação E-3. Além disso, a presença de argila expansiva, com uma atividade de 32,69 cmolc/kg no horizonte B, enquadra o solo no número 4 da subclasse de solos (S-4).

Diante dessas condições, o uso desse solo deve ser acompanhado por práticas conservacionistas que minimizem o escoamento superficial, reduzindo a erosão e promovendo a conservação do solo. Resultados semelhantes para esses fatores foram reportados por Silva e Barbosa Neto (2020) ao avaliarem a aptidão agrícola de Planossolos.

Os resultados deste estudo estão alinhados com os de Oliveira et al. (2023), que destacam a importância de compreender as classes de aptidão agrícola e a capacidade de uso do solo para explorar seu potencial e limitações, e para planejar um manejo sustentável que minimize os riscos de erosão. Além disso, é crucial monitorar a erodibilidade dos solos na região sudoeste da Bahia e mapear a fragilidade ambiental, identificando os fatores que influenciam a vulnerabilidade.

## CONCLUSÃO

O solo coletado em Firmino Alves, no estado da Bahia, foi classificado como Planossolo Háplico

Eutrófico solódico pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, a partir de dados morfológicos e analíticos dos horizontes do perfil do solo. As análises físicas e químicas revelaram várias limitações para o desenvolvimento das plantas.

Do ponto de vista físico, os horizontes superficiais são altamente arenosos, o que reduz a disponibilidade de água para as plantas e aumenta a suscetibilidade à erosão. O gradiente textural abrupto dificulta a infiltração da água no horizonte B, resultando em condições de má drenagem e em um ambiente propenso à redução. Além disso, os altos valores de argila dispersa em água intensificam a erosão laminar.

Quimicamente, apesar do solo ser classificado como ácido devido aos valores de pH, o complexo de troca do sistema coloidal está saturado com cátions básicos. No entanto, a relação Ca:Mg diminuiu com a profundidade, o que pode impactar a disponibilidade desses nutrientes para as plantas.

O solo possui uma aptidão 4p, adequado para pastagem plantada, e sua capacidade de uso está classificada na classe V E-3, S-4. O principal fator limitante identificado é a permeabilidade, que é diretamente afetada pela mudança textural abrupta e pela presença de argilas expansivas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albrecht W.A. (1975). **Soil fertility and animal health**. 2 ed. Acres USA. 192p.

Almeida K.N.S. (2019). Aptidão agrícola dos solos do Piauí. **Nativa** 7: 233- 238.

<http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i3.7119>

Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M. & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 22(6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

Alves, M.A.B.; Araújo, F.S.; Maia, E.P.V.; Souza, W.S.; Cunha, J.G. & Almeida, A.P.S. (2023). Geoestatística, krigagem e multivariada de atributos físicos de um Latossolo sob pastagem. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais** 13: 1-11. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.006.0001>

- Amaral, J.B. (2022). “Doenças da produção” como evidências nas perícias de bem-estar em bovinos leiteiros: Revisão. **PubVet** 16: 1- 14. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n03a1067.1-14>
- Assis, P.C.R.; Stone, L.F.; Oliveira, J.M.; Wruck, F.J.; Madari, B.E. & Heinemann, A.B. (2019). Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista agrarian** 12: 57- 70. <http://dx.doi.org/10.30612/agrarian.v12i43.8520>
- Bezerra, C.B.; Souza Junior, A.J.; Corrêa, M.M.; Lima, J.R.S.; Santoro, K.R.; Souza, E.S. & Oliveira, C.L. (2019). Latossolo húmico sob pastagem com diferentes intensidades de usos: atributos químicos e físico-hídricos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 14: 1- 9. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v14i1a5603>
- Capeche, C.L. (2008). **Noções sobre tipos de estruturas do solo e sua importância para o manejo conservacionista**. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 6p. (Comunicado técnico 51).
- Carvalho, L.M & Ramos M.A.B. (2010). **Geodiversidade do estado da Bahia**. Salvador: CPRM, 184p.
- Castro, F.C.; Santos, A.M. & Araújo, J.F. (2021). Salinização dos solos e práticas agrícolas na comunidade quilombola de Curupira em Santa Maria de Boa Vista, Pernambuco – Nordeste do Brasil. **Revista do departamento de Geografia** 41: 1- 12. <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/174478/173187>
- Coelho, M.R.; Santos, H.G.; Silva, E.F. & Aglio, M.L.D. O recurso natural solo. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JR., E. & PERES, J.R.R. (2002). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, p.1-11.
- Darab, K. (1980). **Magnesium in solonetz soils**. International Symposium on salt affected soils. 92-101.
- Ferreira J.T.P. (2011). **Caracterização de Palossolos desenvolvidos em diferentes condições geoambientais do estado de Pernambuco** (Dissertação de mestrado). Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife, PE, Brasil p.103.
- Fonseca, O.O.M. (1986). **Caracterização e classificação de solos latossólicos e podzólicos desenvolvidos nos sedimentos do terciário no Litoral Brasileiro** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, RJ, Brasil p. 205.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2015). **Manual Técnico de Pedologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE.
- Jardim, A.M.R.F.; Araújo Júnior, G.N.; Silva, M.J.; Moraes, J.E.F. & Silva, T.G.F. (2017). Estimativas de perda de solo por erosão hídrica para o município de Serra Telhada, PE. **Journal of environmental analysis progress** 2: 186- 193. <https://doi.org/10.24221/jeap.2.3.2017.1416.186-193>
- Lange, A.; Cavalli, E.; Pereira, C.S.; Chapla, M.V. & Freddi, O.S. (2021). Relações cálcio:magnésio e características químicas do solo sob cultivo de soja e milho. **Nativa Sinop** 9: 294- 301. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v9i3.11526>
- Lepsch, I.F.; Espíndola, C.R.; Vischi Filho, O.J.; Hernani, L.C. & Siqueira, D.S. (2015). **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Viçosa, MG: SBCS. 170 p.
- Macedo, R.S.; Beirigo, R.M.; Medeiros, B.M.; Felix, V.J.L.; Souza, R.F.S. & Bakker, A.P. (2021). Processos pedogenéticos e susceptibilidade dos solos à degradação no semiárido brasileiro. **Revista Caminhos da Geografia** 22: 176- 195. <https://doi.org/10.14393/RCG228155397>
- Maia, M.R.; Oliveira, E. & Lima, E.M. (2011). O uso do solo e a questão Ambiental do sudoeste da Bahia-Brasil. **Revista Geográfica de América Central** 1-13. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/2451/2347>
- Moreira, A.; Carvalho, J.G. & Evangelista, A.R. (1999). Influência da relação cálcio:magnésio do corretivo na nodulação, produção e composição mineral de alfafa. **Pesquisa Agropecuária**

- Brasileira** 34: 249- 255. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999000200014>
- Mota, F.O.B.; Oliveira, J.B. & Gebhardt, H. (2002). Mineralogia de um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico e de um Planossolo Háptico eutrófico solódico numa topossequência de gnaisses no sertão central do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 26: 607- 618. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000300005>
- Nacif P.G.S. (2000). **Ambientes naturais da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, com ênfase aos domínios pedológicos** (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil p. 119 p.
- Oliveira, R.S.; Moreau, A.M.S.S.; Reis, A.D. & Tomaz, A.R. (2023). Caracterização, aptidão agrícola e capacidade de uso de um Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico abrupto: Estudo de caso em Itapetinga-BA. **Revista de Ciências Agroveterinárias** 22: 329- 338. <https://doi.org/10.5965/223811712222023329>
- Oliveira, T.G.; Gomes, M.B.; Carratore, R.R.D.; Tarsitano, R.A. & Silva, V.L. (2022). Produção de forrageira e atributos físicos e químicos de solo em áreas de pastagens degradadas de Barra do Garças-MT. **Scientific electronic archives** 15: 50- 56. <https://doi.org/10.36560/151120221623>
- Projeto Radambrasil. (1981). **Folhas SD.24 – Salvador: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Ministério das Minas e Energia: Rio de Janeiro.
- Qadir, M.; Oster, J.D.; Schubert, S.; Noble, A.D. & Sahrawat, K.L. (2007). Phytoremediation of Sodic and Saline-Sodic Soils. **Advances in Agronomy**, 96: 197-247. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(07\)96006-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(07)96006-X)
- Ramalho Filho A. & Beek K.J. (1995). **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS.
- Salvador, J.T.; Carvalho, T.C. & Lucchesi, L.A.C. (2011). Relação cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais** 9: 27- 32. <https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/download/11060/10445>
- Santos, H.G.; Carvalho Junior, W.; Dart, R.O.; Aglio, M.L.D.; Souza, J.S.; Pares, J.G.; Fontana, A.; Martins, A.L.S. & Oliveira, A.P. (2011). **O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 67p.
- Santos, H.G.; Jacomine, P.K.T.; Anjos, L.H.C.; Oliveira, V.A.; Lumberras, 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. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI.
- Santos, R.D.; Santos, H.G.; Ker, J.C.; Anjos, L.H.C. & Shimizu, S.H. (2015). **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 7 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- Silva, F.B.R.; Santos, J.C.P.; Silva, A.B.; Cavalcanti, A.C.V.; Silva, F.H.B.B.; Burgos, N.; Parahyba, R.B.V.; Oliveira Neto, M.B.; Souza Neto, N.C.; Araújo Filho, J.C.; Lopes, O.F.; Luz, L.R.Q.P.; Leite, A.P.; Souza, L.G.M.C.; Silva, C.P.; Varejão Silva, M.A. & Barros, A.H.C. (2001). **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco - ZAPE**. Embrapa Solos/Governo do Estado de Pernambuco - Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária. Recife, CD-ROM. (Embrapa Solos. Documentos, 35).
- Silva L.F. (2018). Pedogênese e classificação de Planossolos em diferentes regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Brasil p. 150.
- Silva I.P. & Barbosa neto, M.V. (2020). Aptidão agrícola dos solos da área da Bacia Hidrográfica do Rio Goiana no estado de Pernambuco. **ACTA Geográfica** 14 (36): 78- 99.
- Spera, S.T.; Denardin, J.E.; Escosteguy, P.A.V.; Santos, H.P. & Figueroa, E.A. (2008). Dispersão de argila em microagregados de solo incubado com calcário. **Revista Brasileira de ciência do solo** 32: 2613- 2620. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000700002>

Theodoro, V.C.A.; Alvarenga, M.I.N.; Guimarães, R.J. & Souza, C.A.S. (2003). Alterações químicas em solos submetidos a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 27:

1039- 1047. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000600008>

Teixeira, P.C.; Donagemma, G.K.; Fontana, A. & Teixeira, W.G. (2017). **Manual de Métodos de Análises de Solos**. 3 ed. Brasília: EMBRAPA.