



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

MARTA PINTO DE MORAES

ATRIBUTOS DOS HORIZONTES DIAGNÓSTICOS SUPERFICIAIS EM SOLOS
SOB INFLUÊNCIA DE REFLORESTAMENTO EM REGIÃO DE CLIMA
SEMIÁRIDO

FORTALEZA

2024

MARTA PINTO DE MORAES

ATRIBUTOS DOS HORIZONTES DIAGNÓSTICOS SUPERFICIAIS EM SOLOS SOB
INFLUÊNCIA DE REFLORESTAMENTO EM REGIÃO DE CLIMA SEMIÁRIDO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Pedologia.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Espíndola Romero.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M822a Moraes, Marta Pinto de.

Atributos dos horizontes diagnósticos superficiais em solos sob influência de reflorestamento em região de clima semiárido / Marta Pinto de Moraes. – 2024.
87 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Ricardo Espíndola Romero.

1. Morfopedologia. 2. Serapilheira. 3. Tabuleiros costeiros. I. Título.

CDD 631.4

MARTA PINTO DE MORAES

ATRIBUTOS DOS HORIZONTES DIAGNÓSTICOS SUPERFICIAIS EM SOLOS SOB
INFLUÊNCIA DE REFLORESTAMENTO EM REGIÃO DE CLIMA SEMIÁRIDO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo. Área de concentração: Pedologia.

Aprovada em: 27/02/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Espíndola Romero (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a. Dr.^a. Mirian Cristina Gomes Costa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Adervan Fernandes Sousa
Universidade Estadual do Ceará - UECE/FEAC

A Deus.

À Sagrada Família de Nazaré.

Aos Meus Pais.

AGRADECIMENTOS

A Deus Pai, Deus Filho e Deus Espírito Santo, à Santíssima Trindade por todos os dons que me concedeu, por me ensinar a usá-los e multiplicar nas áreas do meu ser. Por ser meu amigo de todas as horas e com Ele conseguir desbravar tantos mares e semear em tantos campos.

À Virgem Maria, no seu título de Nossa Senhora de Fátima, minha Mãe que tanto me escuta e intercede por primeiro em cada pensamento, decisão e desejos de meu coração junto ao seu e meu Jesus. Gratidão pelas virtudes, graças e aconchegos que trazes a minha vida. E ao seu digníssimo esposo São José que tem colaborado tanto com as bênçãos de Deus sobre a minha vida na sua divina providência, e muito me ajudou a ordenar meus pensamentos para conclusão deste trabalho.

Aos meus pais Maria da Conceição e Raimundo Valmir que investem e apoiam tanto em cada decisão minha, “perrengues” e alegrias que passo diariamente, sempre dizendo “calma, vai dar certo, confia em Deus... pede a Maria que passe na frente”, com sorrisos, broncas, abraços e o Deus te abençoe em cada saída e chegada. E aos meus irmãozinhos Rafael e Paulina. A essa minha irmã que quando pode tem tanta paciência para me escutar e me ajudar nas minhas dúvidas, beijinhos.

À minha prima Ana Carolina por toda amizade, apoio, confidências e desabafos que nos uniram ainda mais em nossos trabalhos de dissertação.

Aos meus irmãos da Comunidade Católica Shalom, em especial do grupo de oração Maranata, Philia e mistério, pela intercessão, amparo, sorrisos, catequese e fortaleza.

Aos amigos Ana Paula, Josiane, Cláudia, Aglailson, Karla Larissa, Jader, Pe. Augusto do Vale, Pe. Mário Sartori, Ana Mônica, Rivad’avila, minha madrinha Socorro.

À Universidade Federal do Ceará (UFC) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS) pela oportunidade de conhecimento concebida, no âmbito profissional e pessoal.

Ao meu orientador Ricardo Espíndola Romero desde a primeira reunião ter sido tão aberto às minhas ideias e me ajudar a construí-las, com seus ensinamentos, confiança, por ter sido tão paciente diante das minhas ansiedades e cobranças nesta caminhada de mestrado e por ter se tornado um bom amigo nesta jornada.

Ao professor Dr. Adervan Fernandes Sousa pelo sim desde o primeiro contato para formação da parceria com a Embrapa, pelos ensinamentos, reflexões, críticas e contribuição para execução do trabalho.

À professora Dr. Mirian Cristina Gomes Costa, Carlos Tadeu dos Santos Dias pelo aprendizado, reflexões, críticas e contribuição para execução do trabalho.

À prof. Dr. Elzânia Sales Pereira pela parceria e ensinamentos, junto ao Laboratório de Nutrição Animal (LANA). E pela acolhida e ajuda dos técnicos do LANA, Keila, Danilo e em especial à Roseane Maria pela amizade e instruções que sempre lembrarei.

Aos meus amigos de Turma de mestrado Débora, Gleiciane, Evelice Wanderleyson, e em especial ao célebre pernambucano Lucas de Maria, por suas amizades, parcerias, apoio, ensinamentos e alegrias.

Aos funcionários do departamento, Edilson, Marilene, Fátima, Crisanto, Antônio José, Deyse e em especial à Vitória Emilly, Kaio Gráculo e Franzé por toda amizade, paciência, ajuda e ensinamentos que me ofertaram.

Aos bolsistas Emanuelle, Mário, Luiza e Geisiele pela amizade, disponibilidade e dedicação em ajudar-me na execução das atividades laboratoriais.

Aos professores do Departamento de Ciências do Solo e do programa Pós-graduação em Ciência do Solo.

Aos familiares, amigos e irmãos de caminhada que de alguma forma contribuíram com meu crescimento e realização deste trabalho.

À Embrapa Agroindústria Tropical, pela parceria na concessão da área experimental vinculada ao projeto “Seleção de espécies e definição de parâmetros técnicos para plantios de espécies florestais nativas para produção de madeira para móveis e energia no Ceará”.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Gratidão!

RESUMO

As espécies florestais no decorrer do tempo são capazes de modificar os atributos edáficos e pedogenéticos dos horizontes superficiais devido ao acúmulo de matéria orgânica. Portanto, o presente estudo, verificando a importância do uso do solo para florestas madeireiras pela indústria moveleira, investigou os efeitos de diferentes coberturas florestais sobre a dinâmica pedológica dos horizontes superficiais de um Argissolo Acinzentado nos Tabuleiros Costeiros do polo moveleiro do Baixo Acaraú (CE), avaliando se onze anos de aporte diferenciado de matéria orgânica por espécies nativas e exóticas seriam suficientes para alterar a classificação dos horizontes diagnósticos superficiais. O experimento, conduzido em delineamento de blocos casualizados com duas repetições, comparou áreas plantadas com ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*) e sobrasil (*Colubrina glandulosa*) - espécies nativas - e acácia (*Acacia mangium*) e eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) - espécies exóticas -, além de uma área em pousio como controle. Foram realizadas análises morfológicas, físicas, químicas e microbiológicas dos horizontes superficiais A1, A2 e EA, assim como análises químicas e quantitativas de matéria seca da serapilheira e da vegetação espontânea. Os dados foram submetidos à análise de variância, potência ótima de BOX e COX e métodos multivariados. Os resultados demonstraram que, embora todas as coberturas vegetais tenham promovido alterações nos atributos do solo, as espécies nativas, particularmente o ipê-roxo, destacaram-se por induzir as condições edáficas mais favoráveis. Esse tratamento proporcionou maior desenvolvimento estrutural dos agregados, com grau moderado de agregação no horizonte A1, e intensificou o escurecimento do solo. Quimicamente, o ipê-roxo elevou a fertilidade do solo, com aumento nas bases trocáveis (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), saturação por bases (V% acima de 50%) e relação C/N mais equilibrada (11,15), que favoreceu a mineralização da matéria orgânica. Em contraste, o eucalipto apresentou os menores teores de K^+ ($0,06 \text{ cmolc dm}^{-3}$) e maior acidez, enquanto a acácia mostrou elevada saturação por alumínio (m%). A atividade biológica, avaliada pela respiração microbiana, foi mais intensa no ipê-roxo ($33 \text{ mg C-CO}_2 \text{ 50 cm}^{-3}$), refletindo a qualidade superior de sua serapilheira. A análise da dinâmica de deposição de resíduos vegetais revelou padrões sazonais distintos: no período seco, não houve diferença significativa na quantidade total de material orgânico entre tratamentos, mas no período chuvoso, o ipê-roxo e sobrasil apresentaram menor aporte de serapilheira em comparação ao eucalipto, que se destacou pela maior contribuição foliar. O pousio apresentou comportamento intermediário, equiparando-se às espécies nativas em alguns parâmetros químicos, mas sem promover melhorias significativas na estrutura do solo. Apesar dessas modificações, os

horizontes superficiais mantiveram-se classificados como A moderado em todos os tratamentos, indicando que o período de onze anos foi insuficiente para alterações pedogenéticas profundas. Contudo, os resultados destacam o potencial das espécies nativas, especialmente o ipê-roxo, em melhorar a qualidade do solo, com implicações relevantes para o planejamento de sistemas florestais sustentáveis na região. O estudo reforça a importância do tempo prolongado e de práticas de manejo adaptadas para transformações mais significativas nos horizontes diagnósticos superficiais de solos arenosos costeiros.

Palavras-chave: morfopedologia; serapilheira; tabuleiros costeiros.

ABSTRACT

Forest species can progressively modify edaphic and pedogenetic attributes of surface horizons through organic matter accumulation. Recognizing the importance of forest soils for timber production in the furniture industry, this study examined the effects of different forest covers on pedological dynamics in surface horizons of a Gray Argisol within the Coastal Tablelands furniture production hub of Baixo Acaraú, Ceará State. The research specifically evaluated whether eleven years of differentiated organic matter input from native and exotic species could alter surface diagnostic horizon classification. The experimental design employed randomized blocks with two replicates, comparing areas planted with native species - pink trumpet tree (*Tabebuia impetiginosa*) and sobrasil (*Colubrina glandulosa*) - against exotic species - acacia (*Acacia mangium*) and eucalyptus (*Eucalyptus urophylla*) - with a fallow control area. Comprehensive analyses included morphological, physical, chemical, and microbiological assessments of A1, A2, and EA surface horizons, along with quantitative and chemical characterization of litter and spontaneous vegetation. Data underwent variance analysis, Box-Cox power transformation, and multivariate methods. Results indicated that while all vegetation covers modified soil attributes, native species - particularly pink trumpet tree - created the most favorable edaphic conditions. This treatment enhanced structural aggregate development (moderate aggregation in A1 horizon) and intensified soil darkening (10YR 4/1 moist color). Chemically, it improved fertility through increased exchangeable bases (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), base saturation ($\leq 50\%$), and optimal C/N ratio (11.15) promoting organic matter mineralization. Contrastingly, eucalyptus showed minimal K^+ ($0.06 \text{ cmolc dm}^{-3}$) with higher acidity, while acacia exhibited elevated aluminum saturation. Microbial activity ($33 \text{ mg C-CO}_2 \text{ 50 cm}^{-3}$ basal respiration) confirmed superior litter quality under pink trumpet tree. Litter deposition patterns revealed seasonal variation: dry periods showed no significant organic input differences, but rainy seasons demonstrated reduced litterfall in native species versus eucalyptus's dominant foliar contribution. The fallow system displayed intermediate chemical characteristics without structural improvements. Despite these modifications, all treatments maintained A moderate horizon classification, suggesting eleven years insufficient for profound pedogenetic changes. However, results emphasize native species' potential - particularly pink trumpet tree - for soil quality improvement, with important implications for sustainable forest management in coastal sandy soils. The study underscores the necessity of extended timeframes and adaptive practices for significant diagnostic horizon transformations.

Keywords: Morphopedology; Litter; Coastal boards.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de pesquisa	31
Figura 2 - Precipitação e temperatura média nos meses de janeiro de 2020 a dezembro de 2021, em Acaraú-CE.	32
Figura 3 - Distribuição dos tratamentos na área experimental da Embrapa Agroindústria tropical, Acaraú-CE.....	33
Figura 4 - Fotos dos tratamentos distribuídos na área experimental da Embrapa Agroindústria tropical, Acaraú-CE.....	34
Figura 5 - Perfis das minitrincheiras utilizadas para caracterização morfológica dos horizontes superficiais do solo nos tratamentos.	34
Figura 6 - Parâmetros utilizados na caracterização dos atributos morfológicos do solo	35
Figura 7 - Imagem com a localização dos pontos de coleta das amostras de solo na área experimental do município de Acaraú-CE.	35
Figura 8 - Coletor de serapilheira.....	38
Figura 9 - Molde para limitação da coleta das plantas espontâneas.	40
Figura 10 - Resultado da interação do tipo de estrutura entre tratamentos (Tr) e horizontes (Hz).....	48
Figura 11 - Resultado da interação dos tratamentos (Tr) e horizontes (Hz) para variável de valor da cor do solo seco.	50
Figura 12 - Triângulo textural do solo ilustrando os resultados das análises granulométricas dos horizontes estudados.	52
Figura 13 - Resultado da interação dos tratamentos (Tr) e horizontes (Hz) para variável Al+H.....	57
Figura 14 - Distribuição média dos teores de N (A) e C (B) em profundidade nos horizontes do solo.	59
Figura 15 - Média e erros padrões médios da Respiração Basal do Solo (RBS) durante o período de 10 dias nos tratamentos (I) e horizontes (II).....	60
Figura 16 - Desdobramento da interação da matéria seca das folhas entre os tratamentos e períodos chuvoso (I) e seco (II).....	63
Figura 17 - Interação da matéria seca total entre os tratamentos e períodos.....	63

Figura 18 - Análises de Componentes Principais (PCA) dos nutrientes P, N, K, Ca e C, e da celulose da serapilheira na interação dos tratamentos com os períodos seco e chuvoso de 2020 a 2021.	64
Figura 19 - Análises de agrupamento dos nutrientes P, N, K, Ca e C, e da celulose da serapilheira na interação dos tratamentos com os períodos seco e chuvoso de 2020 a 2021.	65
Figura 20 - Análises de Componentes Principais (PCA) dos macronutrientes P, K, N, Ca e C, e da celulose da vegetação espontânea nas parcelas dos tratamentos.	67
Figura 21 - Análises de agrupamento dos macronutrientes P, K, N, Ca e C, e da celulose da vegetação espontânea nas parcelas dos tratamentos.....	68

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Pesos dos atributos de textura e transição entre os horizontes adotados para análises estatísticas dos fatores.....	40
Quadro 2 - Pesos dos atributos de consistência seca e molhado do solo adotados para análises estatísticas dos fatores.....	41
Quadro 3 - Pesos do atributo de estrutura do solo adotados para análises estatísticas dos fatores.....	41
Quadro 4 - Pesos dos atributos de matiz, cor do solo seco e úmido adotados para análises estatísticas dos fatores.....	42
Quadro 5 – Caracterização morfológica do solo segundo os tratamentos: AC (acácia), EU (eucalipto), IP (ipê-roxo), SB (sobrasil) e PO (pousio).	46
Quadro 6 – Caracterização morfológica do solo segundo os horizontes A1, A2 e EA.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias e erros padrões médios para as variáveis morfológicas do solo segundo os tratamentos: AC (acácia), EU (eucalipto), IP (ipê-roxo), SB (sobrasil) e PO (pousio), obtidos a partir dos pesos atribuídos às variáveis e pela Carta de Munsell.....	44
Tabela 2 - Médias e erros padrões médios para as variáveis morfológicas do solo segundo os horizontes do solo A1, A2 e EA, obtidos a partir dos pesos atribuídos às variáveis e pela Carta de Munsell.	45
Tabela 3 - Médias e erros padrões médios para as variáveis dos atributos físicos do solo segundo os tratamentos do solo.....	52
Tabela 4 - Médias e erros padrões médios para as variáveis dos atributos físicos do solo segundo os horizontes do solo.....	53
Tabela 5 - Médias e erros padrões médios para as variáveis físicas do solo ds (densidade do solo) e porosidade, e matéria seca das raízes, segundo os horizontes do solo.....	54
Tabela 6 - Médias e erros padrões médios para as variáveis químicas do solo segundo os tratamentos AC (acácia), EU (eucalipto), IP (ipê-roxo), SB (sobrasil) e PO (pousio).	56
Tabela 7 - Médias e erros padrões médios para as variáveis químicas do solo segundo os horizontes do solo.	57
Tabela 8 - Médias e erros padrões médios da produção mensal de serapilheira dos períodos chuvoso e seco de janeiro/2020 a dezembro/2021 nos tratamentos.	61
Tabela 9 - Médias e erros padrões médios da produção mensal de serapilheira dos períodos chuvoso e seco de janeiro/2020 a dezembro/2021 nos regimes hídricos.....	62
Tabela 10 - Matéria seca da vegetação espontânea nos tratamentos.....	66

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	OBJETIVO.....	19
2.1	Objetivo geral.....	19
2.2	Objetivos específicos.....	19
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
3.1	Os atributos do solo.....	21
3.1.1	<i>Cor</i>	21
3.1.2	<i>Textura</i>	22
3.1.3	<i>Estrutura</i>	22
3.1.4	<i>Porosidade</i>	23
3.1.5	<i>Consistência</i>	23
3.2	Matéria orgânica do solo.....	24
3.3	Espécies Florestais.....	24
3.3.1	<i>Colubrina glandulosa Perkins var. reitzii (sobrasil)</i>	25
3.3.2	<i>Tabebuia impetiginosa (ipê-roxo ou pau d'arco- roxo)</i>	26
3.3.3	<i>Acacia mangium Willd (acácia)</i>	26
3.3.4	<i>Eucalyptus urophylla S.T. Blake (eucalipto)</i>	27
3.4	Os horizontes diagnósticos superficiais.....	28
3.4.1	<i>Horizonte A Chernozêmico</i>	28
3.4.2	<i>Horizonte A Húmico</i>	29
3.4.3	<i>Horizonte A Proeminente</i>	29
3.4.4	<i>Horizonte A antrópico</i>	29
3.4.5	<i>Horizonte A fraco</i>	29
3.4.6	<i>Horizonte A Moderado</i>	30
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4.1	Caracterização da área de estudo.....	31
4.1.1	<i>Descritivo dos tratamentos na área de estudo</i>	32
4.2	Caracterização morfológica e coletas de amostras de solo.....	34
4.3	Análises do solo.....	36
4.3.1	<i>Análises físicas</i>	36

4.3.2	<i>Análises químicas</i>	36
4.3.3	<i>Análises microbiológicas</i>	37
4.4	Análises do material radicular	37
4.5	Análises do material vegetal da serapilheira e plantas espontâneas ...	38
4.6	Análises Estatísticas	40
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1	Atributos morfológicos	43
5.2	Atributos físicos do solo	51
5.3	Atributos químicos do solo e classificação do horizonte diagnóstico ..	54
5.4	Respiração basal do solo	60
5.5	Caracterização da vegetação	61
5.5.1	<i>Aporte de serapilheira e nutrientes</i>	61
5.5.2	<i>Vegetação espontânea</i>	65
6	CONCLUSÃO	69
	REFERÊNCIAS	71
	APÊNDICE A - INFORMAÇÕES DAS MINITRICHEIRAS NAS PARCELAS DO TRATAMENTO COM ACÁCIA	79
	APÊNDICE B - INFORMAÇÕES DAS MINITRICHEIRAS NAS PARCELAS DO TRATAMENTO COM EUCALIPTO.	80
	APÊNDICE C - INFORMAÇÕES DAS MINITRICHEIRAS NAS PARCELAS DO TRATAMENTO COM IPÊ-ROXO.	81
	APÊNDICE D - INFORMAÇÕES DAS MINITRICHEIRAS NAS PARCELAS DO TRATAMENTO SOBRASIL.	82
	APÊNDICE E - INFORMAÇÕES DAS MINITRICHEIRAS NAS PARCELAS DO TRATAMENTO EM ESTADO DE POUSIO.	83
	APÊNDICE F - DESCRITIVO DA VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA NA ÁREA EXPERIMENTAL (ACARAÚ-CE).	84
	APÊNDICE G - FOTOS DA VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA CARACTERIZADA NA ÁREA EXPERIMENTAL (ACARAÚ-CE).	85
	ANEXO A- RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA OS ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DO SOLO, NOS	

FATORES TRATAMENTOS, HORIZONTES E NA INTERAÇÃO DE AMBOS.	86
ANEXO B- RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA OS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E MATÉRIA SECA DAS RAÍZES PARA OS FATORES TRATAMENTOS, HORIZONTES E NA INTERAÇÃO DE AMBOS.....	86
ANEXO C - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA OS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO PARA OS FATORES TRATAMENTOS, HORIZONTES E NA INTERAÇÃO DE AMBOS.	87
ANEXO D - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA AS VARIÁVEIS DE MATÉRIA SECA DA SERAPILHEIRA PARA OS FATORES TRATAMENTOS, PERÍODOS E NA INTERAÇÃO DE AMBOS.....	87

1 INTRODUÇÃO

No Ceará, o cultivo de florestas madeireiras tem experimentado significativa expansão, impulsionado principalmente pelas demandas do setor moveleiro. Essa indústria busca essencialmente espécies que ofereçam características desejáveis como maleabilidade, rigidez, durabilidade e resistência contra infiltração ou ataques de insetos. Contudo, na seleção dessas espécies, os critérios ambientais e ecológicos frequentemente recebem menor atenção, apesar de seu impacto crucial nos ecossistemas locais.

As plantas desempenham um papel fundamental nos sistemas terrestres, não apenas como matéria-prima, mas como agentes ativos na dinâmica do carbono. Através da fotossíntese, convertem CO_2 em diversos compostos orgânicos - desde celulose, de decomposição relativamente rápida, até lignina, um polissacarídeo estrutural mais resistente à degradação. Esse processo faz da vegetação a principal fonte de matéria orgânica nos solos, influenciando tanto a quantidade quanto a qualidade dos resíduos depositados.

A matéria orgânica do solo, resultante da mineralização desses resíduos e da atividade microbiana, exerce influência complexa no ecossistema edáfico. Sua presença é capaz de promover mudanças: (i) na coloração do solo, conferindo tons escuros; (ii) consistência sensorial macia; (iii) no estoque de CO_2 , que em alta concentração na atmosfera tem agravado o aquecimento global e efeito estufa aumentando a temperatura global principalmente em ambientes áridos e semiáridos; (iv) na estruturação do solo pela formação de agregados estáveis; melhorando a porosidade, diminuindo a resistência a penetração de raízes e aumentando a capacidade de retenção de água no solo; (v) na fonte de alimento para os organismos; (vi) na fonte lábil de nutrientes para as plantas, entre outros.

Do ponto de vista ambiental, atua como importante reservatório de carbono, mitigando as concentrações atmosféricas de CO_2 e, conseqüentemente, o aquecimento global - particularmente relevante em regiões áridas e semiáridas como o Nordeste brasileiro.

Estruturalmente, a matéria orgânica promove a formação de agregados estáveis, melhorando a porosidade do solo, reduzindo a resistência à penetração radicular e aumentando a capacidade de retenção hídrica. Funcionalmente, serve como substrato energético para organismos edáficos e como fonte de nutrientes para as plantas. Esses efeitos se acumulam temporalmente, acelerando as transformações nos atributos morfológicos do solo e, por extensão, na formação dos horizontes diagnósticos superficiais - elementos críticos para o equilíbrio do sistema solo-planta-atmosfera e para a sustentabilidade das atividades humanas.

Considerando essa importância e tendo como base uma área experimental com espécies florestais nativas e exóticas estabelecidas há onze anos, esta pesquisa partiu de duas premissas fundamentais: (1) que o aporte contínuo de matéria orgânica por espécies florestais poderia, em uma década, modificar significativamente os horizontes diagnósticos superficiais; e (2) que as espécies nativas, por sua melhor adaptação às condições locais, promoveriam alterações mais intensas e benéficas nas propriedades do solo. Essas hipóteses orientaram todo o desenvolvimento do estudo, desde o arranjo experimental até as análises realizadas.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar a capacidade de espécies florestais nativas e exóticas, após onze anos de plantio, com ênfase no papel da matéria orgânica do solo (MOS), em modificar os horizontes diagnósticos superficiais de um Argissolo Acinzentado sob reflorestamento, visando subsidiar a seleção de espécies para sistemas florestais sustentáveis na indústria moveleira.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar e avaliar as alterações morfoedológicas e edáficas nos horizontes diagnósticos superficiais induzidas por diferentes espécies florestais,
- Estimar a deposição e contribuição sazonal das espécies florestais no aporte de material orgânico;
- Verificar se espécies nativas, por sua adaptação ecológica, promovem maior acúmulo de MOS e transformações mais intensas nos horizontes superficiais;
- Avaliar o papel da vegetação espontânea na dinâmica da matéria orgânica nos atributos dos horizontes diagnósticos superficiais;
- Verificar se após onze anos de plantio houve diferença significativa nos horizontes superficiais em comparação com a área em pousio.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A gênese dos solos resulta da ação combinada e desuniforme de fatores formadores como clima, relevo e diversidade dos organismos, que atuam ao longo do tempo, promovendo transformações graduais na rocha matriz. Esses processos intempéricos e pedogenéticos, manifestando-se em diferentes intensidades e combinações, conduzem a fenômenos complexos de adição, remoção, translocação ou transformação do material no perfil do solo, desenvolvendo os horizontes superficiais e subsuperficiais do solo (IBGE, 2015; Lepsch, 2021).

O horizonte é uma seção de constituição mineral ou orgânica, dotada de propriedades qualitativas geradas pelos processos atuantes da pedogênese que diferem, pelo grau de alteração, entre as seções subjacentes no perfil do solo até chegar à rocha de origem (IBGE, 2015; Lepsch, 2021). No entanto, o horizonte diagnóstico possui um grau expressivo de processos pedogenéticos, podendo envolver parte ou todo processo pedogenético, e sua distinção possui finalidade taxonômica e de delimitação das classes do solo (IBGE, 2015).

Na organização vertical do perfil, os horizontes superficiais são identificados pela proximidade da superfície e pelo acúmulo de matéria orgânica, enquanto os subsuperficiais são mais profundos e próximos do material de origem (Lepsch, 2021). Enquanto os horizontes O e H apresentam predominância de material orgânico, o horizonte A mineral combina componentes inorgânicos com teores significativos de matéria orgânica (inferiores a 80 g kg^{-1} de carbono orgânico).

Conforme Lepsch (2021), o teor de matéria orgânica é um parâmetro determinante na distinção do horizonte superficial A, sendo essencial tanto para classificação do solo no Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos – SiBCS (Santos, H. G. dos *et al.*, 2018), quanto na classificação dos Estados Unidos, pela *Soil Taxonomy* (USDA, 2014).

A matéria orgânica do solo (MOS), portanto, atua como elemento central na caracterização dos horizontes superficiais, não apenas como critério quantitativo de classificação, mas como agente modificador de diversas propriedades edáficas e morfopedogenéticas. Essas influências da MOS demandam uma abordagem integrativa que considere: (i) suas características dos atributos morfológicos, particularmente no que tange à cor, textura, estrutura, porosidade e consistência; (ii) a dinâmica qualitativa da matéria orgânica; (iii) o conhecimento das espécies florestais, de modo a entender as possíveis deposições e alterações advindas das espécies em estudos e, então (iv) a formação dos horizontes superficiais.

3.1 Os atributos do solo

O estudo dos atributos (cor, textura, estrutura, porosidade e consistência) que definem e diferenciam os horizontes diagnósticos superficiais é essencial para compreender sua dinâmica, especialmente em relação aos processos pedogenéticos e ao acúmulo de matéria orgânica no solo. Essa correlação é fundamental para entender a formação e a evolução dos solos, destacando-se tanto em análises teóricas quanto em aplicações práticas.

3.1.1 Cor

A cor é um atributo visual e de rápida identificação dos solos, sendo influenciada pelo conteúdo e tipo de minerais e material orgânico (MO) que podem atuar como agentes pigmentantes. Os minerais, por sua vez, possuem superfícies específicas variadas, sendo as frações de areia, com menor superfície específica, mais facilmente pigmentadas, em relação às frações de argila que possuem maior superfície específica (Santos, H. G. dos *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2015).

A coloração dos horizontes do solo varia de acordo com o material de origem, por exemplo, as rochas intemperizadas que liberam ferro de seus minerais para a formação de óxidos de ferro, como a hematita, que atribui a cor avermelhada, e a goethita com a cor amarelada (Lepsch, 2021). Enquanto a matéria orgânica confere pigmentação escura, desde o acinzentado ao preto, devido ao processo de melanização, que ocorre nas primeiras camadas do solo pela deposição do material orgânico, diminuindo em profundidade pelo menor aporte nesta localização e por meio dos processos de eluviação ou leucenização (Brandoni; Santos, 2016; Santos *et al.*, 2015). Processos pedogenéticos como pedopertubação e de iluviação, associados à translocação, possibilitam que parte da MO seja encontrada em horizontes subsuperficiais, provocando escurecimento em horizontes mais profundos (Amaro Filho; Assis Júnior; Mota, 2008; Brandoni; Santos, 2016; Lepsch, 2021).

Como observado, os materiais minerais e orgânicos estão submetidos a diversos processos que atribuem diferentes colorações ao solo, assim, visando padronizar a nomenclatura das cores, a pedologia adotou a Carta de Munsell, o que conferiu a diminuição da subjetividade na avaliação e identificação (Santos, H. G. dos *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2015). Cada página da carta é identificada pelo matiz que é o espectro dominante da cor, variando de vermelho-R a amarelo-Y para a maioria dos solos; e apresenta ainda os componentes do valor

e do croma, em que o valor é observado nas linhas, identificando a tonalidade, variando de 0-10, e o croma nas colunas, caracterizando a intensidade de saturação de 0-20 (Lepsch, 2021; Santo *et al.*, 2015).

Ressalta-se que para a identificação da cor nos horizontes diagnósticos superficiais é essencial determinar a cor da amostra quando seca e úmida, devido variações perceptíveis nesses estados, que são características chave na classificação, como observado anteriormente (Santos, H. G. dos *et al.*, 2018).

3.1.2 Textura

A textura diz respeito às proporções de areia, silte e argila do solo, frações granulométricas que podem ser estimadas pelo tato com a amostra umedecida, de modo a serem caracterizadas sensorialmente pela aspereza, sedosidade e pegajosidade, respectivamente (Lepsch, 2021).

Em laboratório, a textura, do ponto de vista edáfico e estudado pela física do solo, é determinada pelo método granulométrico, expresso em g kg^{-1} , que, em seguida, é convertido em porcentagem das frações areia, silte e argila, sendo, posteriormente, observada no triângulo textural para definição da classe textural da amostra (Lepsch, 2021; Schaetzl, R; Anderson, 2005).

As partículas granulométricas quando em contato com a matéria orgânica, formam a fração de MOAM - Matéria Orgânica Associada aos Minerais (Dick *et al.*, 2019), cuja interação entre a MO e a agregação das partículas aumenta, promovendo a formação de agregados e melhorando a estabilidade dos agregados do solo (Amaro Filho; Assis Júnior; Mota, 2008).

3.1.3 Estrutura

A estrutura está relacionada ao arranjo das partículas e dos espaços porosos no solo, ou seja, o modo como os minerais primários e secundários, a matéria orgânica, a água e o ar estão organizados (Amaro Filho; Assis Júnior; Mota, 2008). Dessa forma, é necessário compreender que, ao realizar o manejo do solo, não se modifica a textura, mas a estrutura, sendo esse um atributo de elevada dinâmica e modificação (IBGE, 2015; Lepsch, 2021; Teixeira *et al.*, 2017).

O arranjo das partículas pode formar unidades estruturais, conhecidas como agregados, de modo que a estrutura pode ser classificada quanto ao tamanho; grau em: fraca, moderada e forte; e pelo tipo em: laminar, prismática, colunar, em blocos e granular, entretanto, quando não forma agregados, também pode ser dos tipos grão simples e maciça (IBGE, 2015; Lepsch, 2021; Santos *et al.*, 2015).

A estrutura do solo é dinâmica, sofrendo e gerando impactos significativos sob influências do sistema radicular das plantas, dos organismos e das ações antrópicas, que contribuem para diminuição ou aumento dos processos de fluxos de água e trocas gasosas, bem como na perda ou fixação de carbono orgânico nos espaços porosos e na fração coloidal (Alef, 1995; Amaro Filho; Assis Júnior; Mota, 2008; Borma; Gitirana; Luiz, 2015; Brandoni; Santos, 2016; Lepsch, 2021).

3.1.4 Porosidade

A porosidade está diretamente ligada à estrutura, especialmente em horizontes superficiais, onde fatores bióticos e abióticos alteram a circulação de água e ar (Borma; Gitirana; Luiz, 2015; Brandoni; Santos, 2016; Lepsch, 2021). Solos mais porosos favorecem a atividade microbiana e a decomposição da MO, acelerando sua translocação no perfil do solo (Alef, 1995; Brandoni; Santos, 2016).

3.1.5 Consistência

Esse atributo é reflexo das forças de adesão (força de atração dos minerais com a solução do solo) e coesão (forças de atração entre partículas), variando com os teores de água no solo, mineralogia, textura e matéria orgânica (Lepsch, 2021). Dessa forma, a distinção dessa característica no campo é realizada quanto ao torrão seco, úmido e molhado. Quando seco é classificado quanto a dureza e úmido pela friabilidade; molhado é classificado quanto a plasticidade e pegajosidade (IBGE, 2015; Lepsch, 2021; Santos *et al.*, 2015).

Portanto, verificou-se que dentre os fatores de formação os organismos têm realizado interferências mais dinâmicas e em menor espaço de tempo na alteração dos atributos morfológicos do solo, principalmente, a material orgânica do solo.

3.2 Matéria orgânica do solo

A matéria orgânica do solo (MOS) é uma complexa mistura formada por organismos vivos ou mortos, de origem animal ou vegetal, como animais parcialmente decompostos, resíduos vegetais em diferentes estágios, que ao final do processo de decomposição liberam substâncias químicas orgânicas, formando compostos orgânicos solúveis e a matéria orgânica estabilizada no solo (Dick *et al.*, 2019).

Dentre os componentes vivos, a biomassa microbiana (BMS) se destaca por sua atuação fundamental nos processos edáficos. Composta por bactérias, protozoários, fungos e outros microrganismos, que além de atuar na decomposição de resíduos orgânicos promovem a liberação de nutrientes, formação de húmus, síntese de novos compostos, fixação biológica de nitrogênio e do C-CO₂ atmosférico, degradação de pesticidas, estabilização de agregados no solo, melhorando sua estrutura e facilitando o fluxo de água e gases (Brandoni; Santos, 2016; Dick *et al.*, 2019).

Os principais contribuintes para a MOS são os resíduos vegetais, como folhas e galhos (serapilheira), e as raízes das plantas. Esses materiais, ricos em carboidratos, celulose, lignina e proteínas, sofrem decomposição através da ação microbiana. Durante esse processo, ocorre a oxidação desses compostos, com liberação de CO₂ e transformação da matéria orgânica em formas mais estáveis (Brandoni; Santos, 2016; Dick *et al.*, 2019)

Portanto, o acúmulo de MOS no solo é influenciado por diversos fatores, como o aporte contínuo de serapilheira e a atividade microbiana, que atua na decomposição e mineralização da matéria orgânica. Esses processos estão intimamente ligados à ciclagem do carbono no sistema solo-planta-atmosfera, destacando o papel crucial da MOS na manutenção da fertilidade e da sustentabilidade dos ecossistemas terrestres (Borma; Gitirana; Luiz, 2015; Brandoni; Santos, 2016).

3.3 Espécies Florestais

As florestas desempenham papel fundamental na manutenção dos ecossistemas terrestres, armazenando aproximadamente 73% do carbono orgânico do solo (COS) global (Li *et al.*, 2015). As árvores são essenciais para manutenção do sistema solo-planta-atmosfera, de modo que, práticas inadequadas como extração madeireira, podem levar à degradação do solo, afetando sua estrutura, diversidade microbiana e disponibilidade de nutrientes (Lepsch, 2021).

Pesquisas relacionam as respostas de espécies arbóreas aos manejos do solo, com o objetivo de melhorar as propriedades da qualidade do solo e das culturas, por meio do aumento da fixação de nitrogênio (Bachega *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2014; Paula *et al.*, 2015), de fósforo (Bachega *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2014), da disponibilidade de micronutrientes (Castellanos-Barliza; Leon Pelaez, 2011; Vieira *et al.*, 2018), pelo acúmulo de carbono (Glaser; Birk, 2012), aumento da diversidade microbiana e da fauna (Brandoni; Santos, 2016; Garcia *et al.*, 2020), na produção e acúmulo de serapilheira (Cunha Neto *et al.*, 2013; Pimentel *et al.*, 2021; Pinto *et al.*, 2016; Santos, H. G. dos *et al.*, 2018) e a associações entre plantas fixadoras e não fixadoras (Epron *et al.*, 2016). Todavia, essas melhorias são, mais ou menos, intensificadas de acordo com a espécie plantadas ou espontâneas do ambiente (Bachega *et al.*, 2016).

Entretanto, algumas espécies arbóreas podem causar efeitos negativos no microbioma local, por meio da competição intensa por recursos (água, luz, nutrientes), liberação de aleloquímicos que inibem outras plantas, diminuindo o surgimento da vegetação espontânea e cobertura do solo, reduzindo a diversidade da biomassa microbiana, o que pode promover outros danos como a erosão do solo e lixiviação dos nutrientes (Castellanos-Barliza; Leon Pelaez, 2011; Chiti *et al.*, 2018; Guarda; Campos, 2014; Iqbal *et al.*, 2017).

O clima local também influencia nas adaptações das plantas. Regiões semiáridas e subúmidas secas, predominantes no Nordeste brasileiro, são demarcadas por irregularidades nas estações, fazendo que as plantas percam suas folhas ou adaptem, como as *cactáceas*, no período seco, para assim evitar a perda excessiva de água, bem como promovem o crescimento de suas raízes em busca de água nas camadas mais profundas do solo (Araújo *et al.*, 2019).

Portanto, o conhecimento das espécies florestais a serem cultivadas é essencial para estabelecer relações harmônicas e sustentáveis no sistema solo-planta-atmosfera. Para esse estudo foram selecionadas quatro espécies: *sobrasil* e *ipê-roxo*, nativas do complexo vegetacional da zona litorânea do Ceará e, as árvores *acácia* e *eucalipto*, exóticas à essa região (IPECE, 2023).

3.3.1 *Colubrina glandulosa* Perkins var. *reitzii* (sobrasil)

A espécie *Colubrina glandulosa* Perkins var. *reitzii* é uma árvore nativa do complexo vegetacional da zona litorânea do território cearense, sendo conhecida popularmente como *sobrasil*, *sabiá-tiúba*, *sabiaguaba* ou *sabiá-da-terra* (CNCFlora, 2012a; MMA, 2016).

Essa espécie semicaducifólia, da Família *Rhamnaceae*, possui grande porte, podendo atingir 5 a 20 m de altura, exige solos com boa drenagem, desenvolvendo-se bem em solos arenosos, de modo que, pode ser encontrada em outras regiões como em áreas de Mata de Galeria e na Mata Atlântica (Carvalho, 2003; CNCFlora, 2012a).

A madeira da sobrasil, é considerada altamente nobre, possuindo alto valor econômico devido suas características de boa duração e resistência à água, sendo assim, muito utilizada no setor madeireiro, de construção civil, apícola, na produção de energia, celulose e papel (Carvalho, 2003; CNCFlora, 2012a).

Essa espécie tem sido empregada, com êxito, nas técnicas de recuperação ambiental e restauração florestal, por apresentar boa adaptabilidade a diferentes solos, principalmente arenosos, fornecendo o melhor crescimento radicular, em mudas com substrato arenoso, quando comparado com a vermiculita (Lopes *et al.*, 2021).

3.3.2 *Tabebuia impetiginosa* (ipê-roxo ou pau d'arco- roxo)

A espécie *Tabebuia impetiginosa*. é natural do complexo vegetacional da zona litorânea do território cearense, sendo popularmente conhecida como ipê- roxo ou pau-d'arco (CNCFlora, 2012b). Pertencente à família *Bignoniaceae*, suporta ambientes secos (clima semiárido-BSw e BSh), com precipitações de 400 mm, a clima mais úmidos, com 2.500 mm (climas tropicais- Am, Aw, Af e As; a subtropicais de altitude- Cwa) e temperaturas variando desde -1,2°C a 28,7°C (Carvalho, 2003).

Essa espécie pode alcançar até 30 m de altura e uma madeira altamente resistente ao ataque de cupins e organismos xilófagos (Carvalho, 2003; CNCFlora, 2012b). Essas características têm proporcionado valoração comercial do ipê-roxo nos setores da construção civil, madeireiro, na produção de celulose, papel, carvão e energia, possuindo também, importante uso medicinal, por meio da extração atóxica dos seus compostos na casca (Jin *et al.*, 2018; Ryan *et al.*, 2021). Contudo, solos com baixa disponibilidade de nutrientes podem afetar sua fisiologia e o porte (Silva Junior *et al.*, 2018).

3.3.3 *Acacia mangium* Willd (acácia)

A *Acacia mangium* Willd é uma espécie arbórea perenifólia, da família *Mimosaceae*, originária da Austrália, sendo uma das espécies do gênero Acácia que ocupa a

maior área do território brasileiro. Essa espécie de leguminosa foi introduzida no Brasil devido seu potencial agropecuário e ambiental, na recuperação de áreas degradadas (Balieiro; Tonini; Lima, 2018). Essa espécie, também, foi utilizada como forrageira, como matéria-prima para a fabricação de celulose e no setor madeireiro, na produção de biomassa para combustível, uma vez que seus resíduos possuem lignocelulose, e tem sido empregada na produção de bio-óleo, técnica promissora que mitiga os índices de poluição atmosférica (Charusiri; Numcharoenpinij, 2017; Moraes, 2022; Wang *et al.*, 2021).

Essas empregabilidades da *Acacia mangium* se devem ao seu rápido crescimento e propriedades físicas e químicas. Entre suas características, observam-se os benefícios aos solos agrícolas, principalmente solos arenosos e com baixa fertilidade, promovendo a fixação biológica de N₂, ciclagem de nutrientes, melhorando a qualidade e a diversidade além do aumento do estoque de C (Balieiro; Tonini; Lima, 2018; Griffin *et al.*, 2015; Pegoraro *et al.*, 2014).

Pesquisas realizadas em solos de regiões tropicais, observam que o consórcio da acácia com eucalipto tem promovido maior disponibilidade de N ao solo por meio da deposição da serapilheira, e conseqüente, melhoramento no crescimento e produtividade em árvores de eucalipto (Bachega *et al.*, 2016; Paula *et al.*, 2015; Pegoraro *et al.*, 2014; Santos, H. G. dos *et al.*, 2018).

Essa característica tem evidenciado o uso da acácia em solos arenosos, melhorando a fertilidade, manutenção e estabilização do C na matéria orgânica do solo (C-MOS), a humificação e formação de compostos orgânicos estáveis no solo, e o aumento da diversidade microbiana (Balieiro; Tonini; Lima, 2018; Griffin *et al.*, 2015). Contudo, essa espécie pode tornar-se uma erva, visto que suas sementes de boa resistência às intempéries e boa germinação, pode aumentar a competitividade no meio, impedindo o desenvolvimento de outras espécies, principalmente, nativas (Griffin *et al.*, 2015).

3.3.4 *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake (eucalipto)

O eucalipto advém do gênero *Eucalyptus*, da família *Myrtaceae*, desenvolve-se em áreas tropicais e subtropicais, sendo originária da Tailândia (Diloksumpun *et al.*, 2022; Tordin, 2021). Essa árvore possui diversos benefícios e aplicações devido sua alta adaptabilidade climática e genética, podendo ser cultivada em climas secos ou úmidos, sob solos rasos ou

férteis, conferindo valoração econômica, dada a viabilidade de clonagem entre espécies em laboratório (Tordin, 2021; Yang *et al.*, 2018).

A espécie *Eucalyptus urophylla* possui crescimento rápido e produtivo durante todo o ano, com altura média entre 25 e 35 m, apresentando tolerância a ambientes secos, possui alto ponto de murcha, ou seja, boa tolerância a ambientes secos, alta resistência ao ataque de pragas, boa capacidade de rebrota, além da alta quantidade de serapilheira produzida que auxilia na manutenção do solo pelo acréscimo de MOS e disposição de nutrientes (Diloksumpun *et al.*, 2022; Pupin *et al.*, 2017; Tordin, 2021; Vieira *et al.*, 2018).

Tais características têm sido, cada vez mais, valorizadas economicamente pelas indústrias madeireiras e na produção de celulose, papel e carvão, pela construção civil (Tordin, 2021). As folhas, outro produto de valor, estão sendo utilizadas na produção de óleos essenciais (Tordin, 2021), entretanto, tem-se observado que essa fração advinda da serapilheira, promove alelopatia, diminuindo assim, o crescimento de plantas espontâneas na área (Iqbal *et al.*, 2017).

3.4 Os horizontes diagnósticos superficiais

Os horizontes superficiais do solo representam camadas distintas e singulares formadas por processos pedogenéticos e antrópicos, apresentando características morfológicas, físicas e químicas específicas que permitem sua classificação e diferenciação pelos estudiosos e nos diferentes sistemas de classificação do solo global.

3.4.1 Horizonte A Chernozêmico

Santos *et al.* (2018) relatam que o horizonte A chernozêmico apresenta elevado teor de carbono orgânico, maior que 6 g kg^{-1} de solo e inferior a 80 g kg^{-1} de solo. Dessa forma, a matéria orgânica interfere na coloração mais escura nesse horizonte mineral, possuindo croma ≤ 3 e valor ≤ 3 quando úmido e ≤ 5 quando seco, também promove estrutura mais desenvolvida com maior agregação e grau de desenvolvimento. No aspecto químico, este horizonte deve apresentar alta saturação por bases ($V \geq 65\%$). A espessura varia quanto ao contato lítico (espessuras $\geq 10\text{cm}$), na ausência de horizonte B ($\geq 18\text{cm}$) entre outros (IBGE, 2015).

Este é o único dos horizontes A base da classificação do Chernossolo, e pode ser encontrado como critério de nomenclatura na classe dos Neossolos em 3º nível, Cambissolos, Nitossolos, Vertissolos e Gleissolos no 4º nível (Santos, H. G. dos *et al.*, 2018).

3.4.2 *Horizonte A Húmico*

O horizonte A húmico também possui elevado teor de carbono orgânico, porém deve apresentar valor e croma ≤ 4 , saturação por base $< 65\%$, como características básicas, havendo mais distinções no SiBCS (Santos, H. G. dos *et al.*, 2018) e o carbono orgânico total (COT) deve atender à seguinte equação: $COT \geq 60 + 0,1 \times$ média ponderada da argila no horizonte A.

Este horizonte tem influência na classificação no 4º nível categórico dos Neossolos, Gleissolos, Plintossolos, Latossolos, enquanto nos Cambissolos encontra-se na nomenclatura do 2º nível categórico (Santos, H. G. dos *et al.*, 2018).

3.4.3 *Horizonte A Proeminente*

Santos *et al.* (2018) explicam que o horizonte A proeminente possui as mesmas características do A chernozêmico, contudo, diferindo em saturação por base $< 65\%$. Quando comparado ao A húmico diverge quanto ao carbono orgânico total (COT) associado ao teor de argila e espessura, conforme equação que o define ($COT \geq 60 + 0,1 \times$ média ponderada da argila no horizonte A). O horizonte A proeminente pode ser encontrado, por exemplo, na classe dos Neossolos e Gleissolos.

3.4.4 *Horizonte A antrópico*

No A antrópico observa-se a presença de um ou mais constituintes, tais como, cerâmica, osso, cinza, carvão entre outras adições de material orgânico, por ter sido formado ou modificado pelo homem. Este horizonte possui espessura mínima de 20 cm e o conteúdo de P extraível com solução Mehlich 1 deve ser igual ou maior que 30 mg kg^{-1} de solo. O antrópico é usado na classificação dos solos no 4º nível categórico da classe dos Argissolos e Latossolos (Santos, H. G. dos *et al.*, 2018).

3.4.5 *Horizonte A fraco*

O horizonte A fraco é pouco desenvolvido pela redução da atuação de processos pedogenéticos ou teor de material orgânico, sendo encontrado recorrentemente na zona

semiárida. Entre suas características está a presença de carbono orgânico inferior a 6 g kg^{-1} de solo e cor com valor ≥ 4 quando úmido e ≥ 6 seco, podendo apresentar estrutura em grãos simples, maciça ou grau fraco. Entretanto, independente desses atributos, o horizonte superficial será a fraco se apresentar espessura $< 5 \text{ cm}$ (Santos, H. G. dos *et al.*, 2018).

3.4.6 Horizonte A Moderado

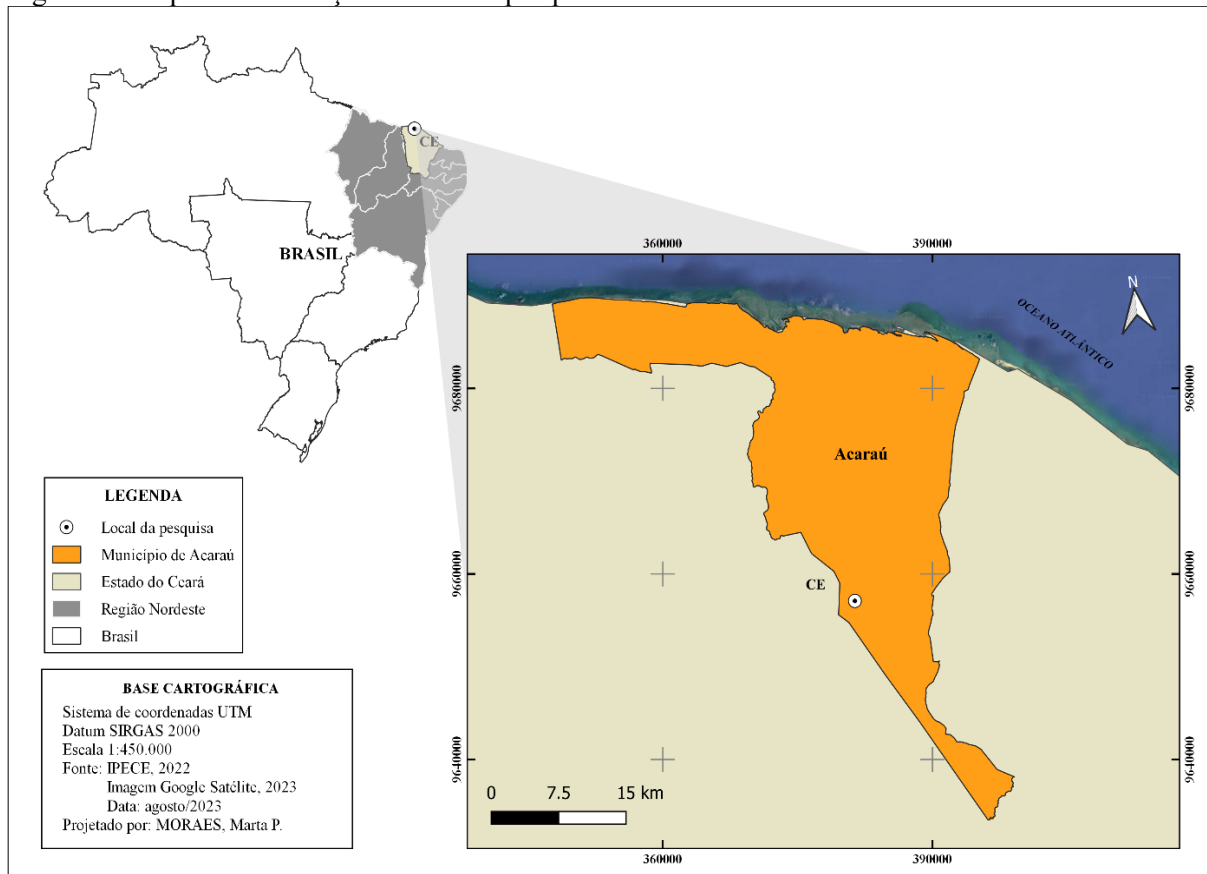
A classificação do horizonte A moderado depende principalmente da observação do conteúdo de CO, cor, estrutura e espessura em comparação com os horizontes A chernozêmico, proeminente, húmico e fraco. Ou seja, este horizonte ocorre nos solos que não tiveram suas características enquadradas nos requisitos base dos demais horizontes diagnósticos superficiais, bem como não é usado para designar a nomenclatura dos quatro primeiros níveis categóricos das classes dos solos (Santos, H. G. dos *et al.*, 2018).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida em consonância ao projeto “Seleção de espécies e definição de parâmetros técnicos para plantios de espécies florestais nativas para produção de madeira para móveis e energia no Ceará”, liderado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Agroindústria Tropical. A área experimental estava localizada no perímetro irrigado do Baixo Acaraú/CE, nas coordenadas geográficas de entrada 3°6’3,03’’S e 40°4’6,22’’O (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização da área de pesquisa

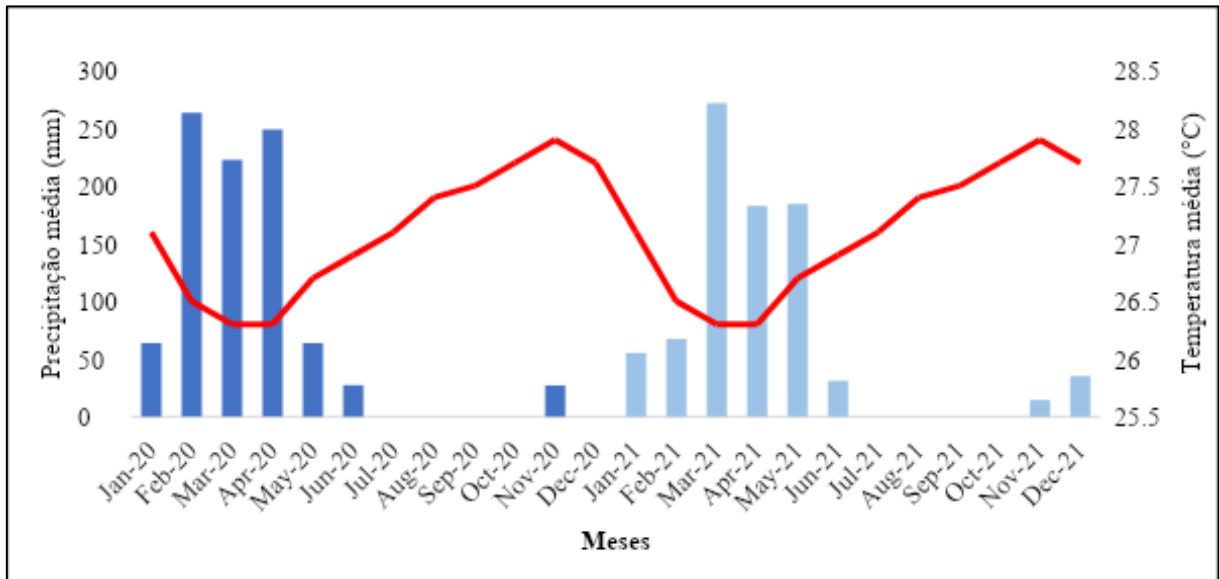


Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com Weber *et al.* (2020), o solo em estudo foi classificado como Argissolo Acinzentado Distrocoeso Arênico, correspondente à classe *Ultissols* pela USDA. A região que se localiza o experimento está inserida no clima tropical (Aw), segundo classificação

de Köppen e Geiger, com pluviosidade média de 1.009 mm. Durante os anos de 2020 e 2021 (Figura 2), a região apresentou quadras chuvosas e secas compreendidas entre os meses de janeiro a junho e de julho a dezembro, respectivamente, e temperatura média de 27,1°C (CLIMATE-DATA.ORG, 2022; Funceme, 2022).

Figura 2 - Precipitação e temperatura média nos meses de janeiro de 2020 a dezembro de 2021, em Acaraú-CE.



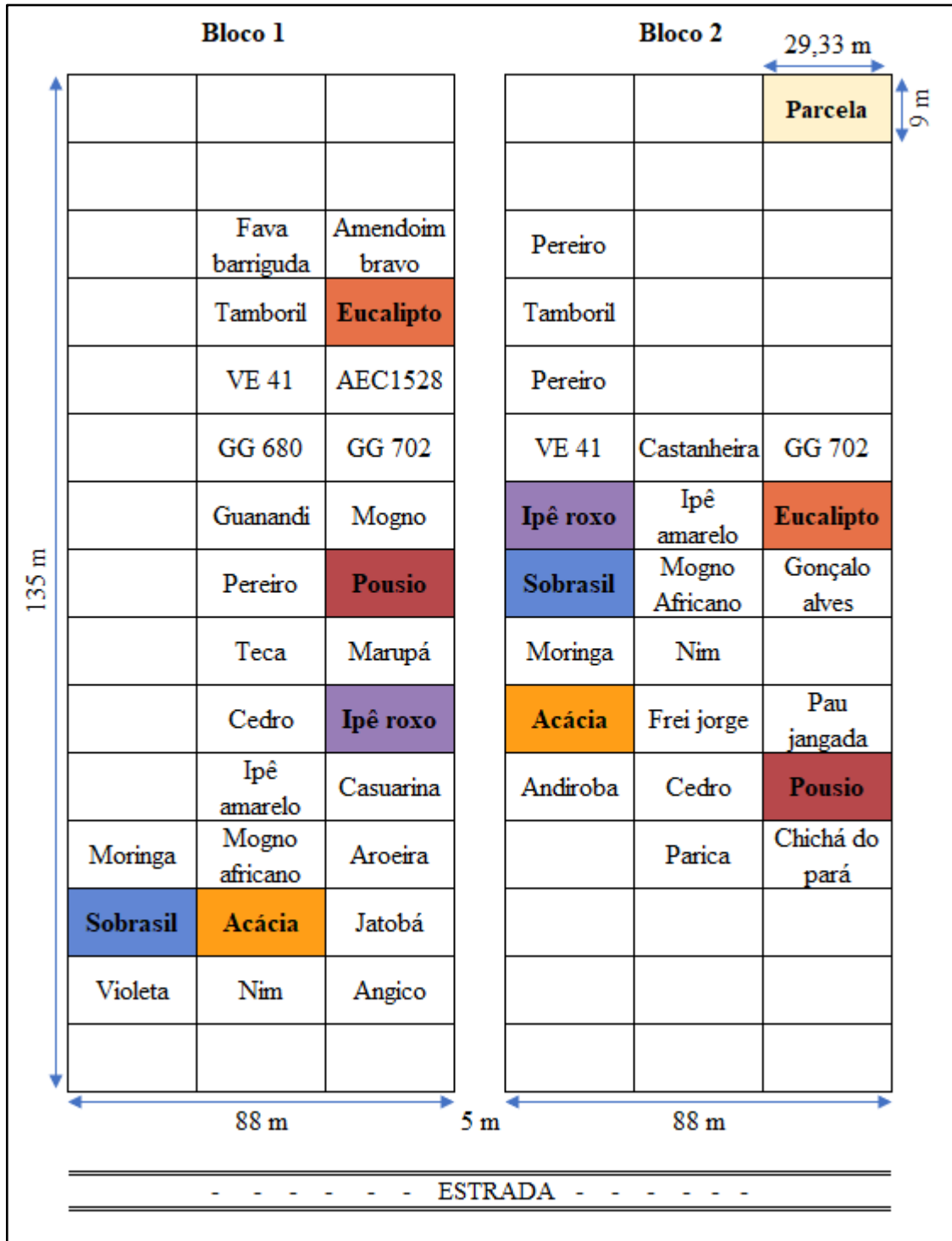
Fonte: Elaborado pela autora, com base nos dados CLIMATE-DATA.ORG (2022) e Funceme (2022).

4.1.1 *Descritivo dos tratamentos na área de estudo*

Durante o período de outubro de 2010 a março de 2011 foram plantadas 29 espécies florestais nativas brasileiras e exóticas na área experimental, utilizando-se delineamento em blocos casualizados (DBC). No qual, cada parcela possuía dimensões de 9,00 x 29,33 m, com disposição de 30 plantas, em espaçamento retangular de 3 m entre fileiras e 2 m entre árvores da mesma linha (Figura 3).

Em junho de 2022 foram escolhidos cinco tratamentos (Figuras 3 e 4) sendo duas de espécies florestais exóticas: Acácia - AC (*Acacia mangium Willd*) e Eucalipto - EU (*Eucalyptus urophylla S.T. Blake*), duas nativas da região litorânea: Sobrasil - SB (*Colubrina glandulosa Perkins*) e Ipê-roxo - IP (*Tabebuia impetiginosa*) e um tratamento em Pousio - PO, com a presença de vegetação espontânea, constituída principalmente de gramíneas da família *Poaceae*, sendo dominante a espécie capim mombaça (*Panicum maximum*), e da família *Commelinaceae*, a trapoeraba (*Commelina communis*).

Figura 3 - Distribuição dos tratamentos na área experimental da Embrapa Agroindústria tropical, Acaraú-CE.



Fonte: Adaptação do esquema da área experimental (2022).

Figura 4 - Fotos dos tratamentos distribuídos na área experimental da Embrapa Agroindústria tropical, Acaraú-CE



Fonte: Registrado pela autora (2022).

4.2 Caracterização morfológica e coletas de amostras de solo

Na área útil das parcelas, de cada tratamento, foram abertas duas minitrincheiras ao acaso, distando no mínimo, 0,5 m das árvores, com dimensões de 0,5 x 0,5 m de largura e comprimento e, profundidade almejando chegar até o horizonte E (Figura 5).

Figura 5 - Perfis das minitrincheiras utilizadas para caracterização morfológica dos horizontes superficiais do solo nos tratamentos.



Fonte: Elaborado pela autora.

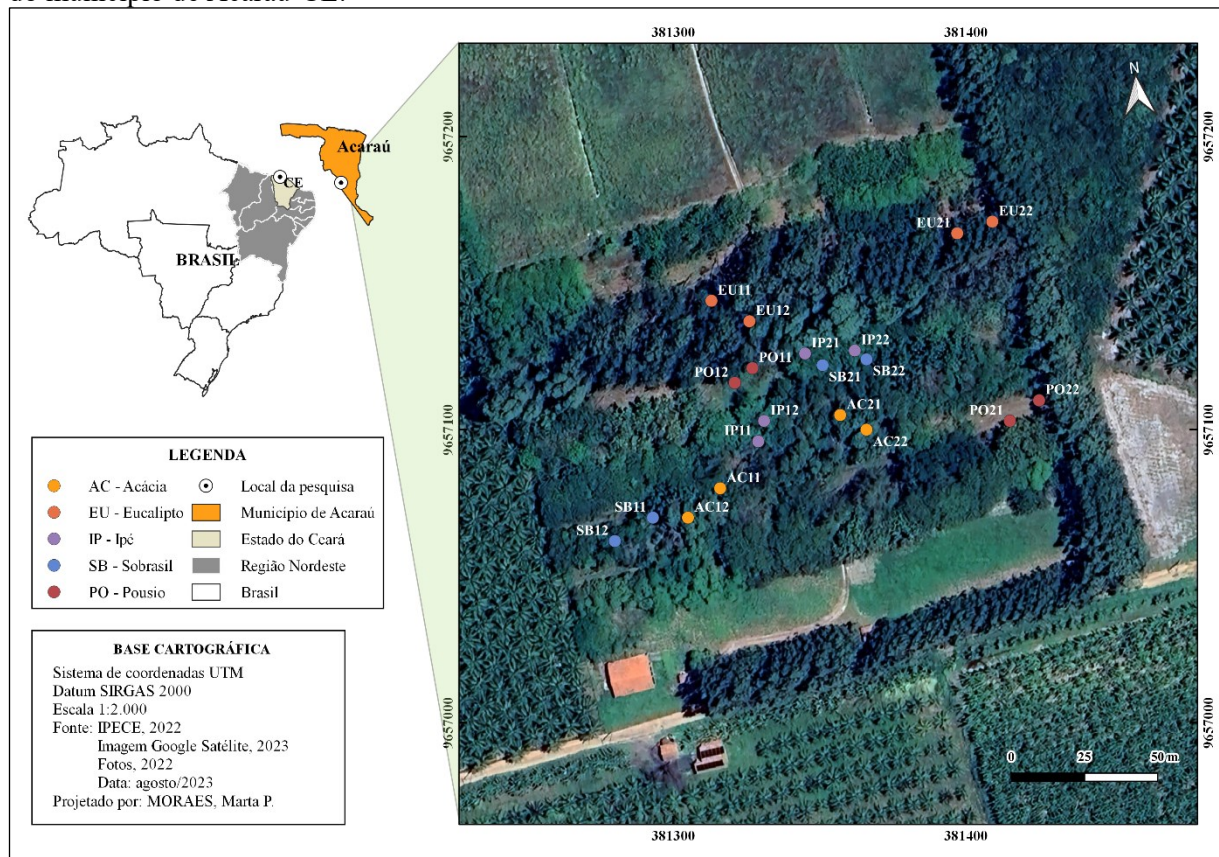
Em cada minitrincheira foram analisados os atributos morfológicos para cada horizonte superficial (Figura 6): profundidade, transição, cor, textura, estrutura, consistência (seca, úmida e molhada), bem como foram anotadas as coordenadas dos pontos de coleta (Figuras 7). Posteriormente, foram coletadas e identificadas amostras deformadas e indeformadas (com uso de anel volumétrico) de cada horizonte do solo.

Figura 6 - Parâmetros utilizados na caracterização dos atributos morfológicos do solo

PERFIL	Símbolo	Horizonte	Profundidade (cm)	Transição	Estrutura			Cor do solo		consistência		consistência molhada		textura	obs	coordenadas		
					forma	tamanho	grau	seco	úmido	seco	úmido	Plasticidade	Pegajosidade			S	O	Altitude (m)

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 7 - Imagem com a localização dos pontos de coleta das amostras de solo na área experimental do município de Acaraú-CE.



Fonte: Elaborado pela autora.

*O primeiro número após a sigla especifica o bloco e o segundo a repetição da coleta.

4.3 Análises do solo

Foram obtidas as frações de terra fina seca ao ar (TFSA), das amostras deformadas dos horizontes A, por meio do processo de secagem ao ar, destorroamento, tamisação em peneira de abertura de malha de 2 mm, segundo Amaro Filho, Assis Júnior e Mota (2008) e Teixeira et al., 2017, para posterior análises físicas, químicas e microbiológicas.

4.3.1 Análises físicas

Realizou-se a determinação da densidade do solo, pelo método do anel volumétrico (a partir das amostras indeformadas); densidade das partículas pela metodologia do balão volumétrico; e, porosidade pelo processo indireto, aplicando a equação 1.

$$\text{Porosidade}(\%) = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_p}\right) \cdot 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde,

- Porosidade (%);
- ρ_s = densidade do solo (g cm^{-3});
- ρ_p = densidade de partículas (g cm^{-3}).

As determinações das frações granulométricas foram realizadas por tamisação (areia) e pelo método da pipeta, conforme protocolos do Manual de Métodos de Análise de solo (Teixeira *et al.*, 2017).

4.3.2 Análises químicas

Foram determinados os teores de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), sódio (Na^+), fósforo (P), nitrogênio (N), carbono orgânico total (COT) e pH em água em solução de 1:2,5, por potenciometria (Teixeira *et al.*, 2017).

Foram extraídos por solução de acetato de amônio ($\text{C}_2\text{H}_7\text{NO}_2$) 1 mol L^{-1} a pH 7, os cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ . Na qual, determinou-se por complexometria Ca^{2+} e Mg^{2+} e por espectrofotometria de chama K^+ e Na^+ (Teixeira *et al.*, 2017).

O fósforo assimilável foi extraído por meio da solução de Mehlich 1 (0,05 N de HCl + 0,0125 N de H₂SO₄) e quantificado por espectrofotometria (Teixeira *et al.*, 2017).

O Al³⁺ foi extraído com KCl 1 N e titulado com NaOH 0,025 N. Extraiu-se a acidez trocável (H⁺+Al³⁺) com acetato de cálcio tamponado a pH 7,0 e determinado volumetricamente por titulação com hidróxido de sódio 0,025 N em presença de fenolftaleína como indicador (Teixeira *et al.*, 2017).

O COT foi quantificado por via úmida, a partir da oxidação com solução de dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) 0,4N em meio sulfúrico 0,1N e titulado com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1 N (Teixeira *et al.*, 2017).

Determinou-se o N total pelo método de Kjeldahl, por meio da digestão da amostra em ácido sulfúrico, posterior destilação a vapor com solução de hidróxido de sódio 10 mol L⁻¹ e titulação com ácido sulfúrico 0,0025 mol L⁻¹ (Raij *et al.*, 2001).

Os valores de capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m), porcentagem de saturação por sódio (PST) e relação C/N foram obtidos por meio indireto (Teixeira *et al.*, 2017).

4.3.3 Análises microbiológicas

Foram coletadas amostras deformadas de solo dos horizontes de cada minitrincheira e, em laboratório, o material foi peneirado (2 mm), armazenado em saco plástico e refrigerado a 4°C, com umidade de campo, até o momento da realização das análises (Alef, 1995; Dionisio *et al.*, 2016).

Para determinação do CO₂, liberado na atividade respiratória, foi utilizado o método da respirometria, no qual, na primeira etapa, observou-se a capacidade de retenção de água no solo, em seguida o solo foi colocado em frascos de incubação juntamente com dois copos, um com água para manter a umidade no meio e outro com solução de 20 mL de NaOH 0,5N para captura do CO₂. Diariamente, durante 10 dias, o copo com solução de NaOH foi trocado e, foram retirados 10 mL de NaOH, adicionado 1 mL da solução de BaCl₂ 50%, indicador fenolftaleína e titulado com HCl 0,5N (Alef, 1995; Dionisio *et al.*, 2016).

4.4 Análises do material radicular

Foram coletadas amostras do material radicular dos dois horizontes superficiais de cada minitrincheira, nas parcelas dos tratamentos, totalizando 40 amostras. A coleta de raiz,

para determinação da massa seca e avaliação do diâmetro, foi realizada utilizando cilindros de PVC de aproximadamente 0,10 m de diâmetro e 0,05 m de altura.

O material radicular coletado foi peneirado em peneira de abertura de malha de 2 mm. As raízes retidas na malha foram lavadas com água corrente e destilada, secas em estufa com aeração forçada a 65°C até peso constante, obtendo, assim, a biomassa seca de raízes. Posteriormente, determinou-se a relação biomassa de raízes (g) por volume de solo (dm^{-3}) (Galeriani; Cosmo; Beneton, 2020; Laclau *et al.*, 2013).

4.5 Análises do material vegetal da serapilheira e plantas espontâneas

Para estimar a contribuição das espécies avaliadas, foram coletadas amostras dos materiais vegetais produzidos durante o período de fevereiro de 2020 a dezembro de 2021. Para tanto, foram dispostos em cada parcela dos tratamentos de acácia, sobrasil, pau d'arco roxo e eucalipto, dois coletores de náilon (Figura 8) de dimensões 0,53 x 0,72 m, a 0,65m de altura, totalizando 16 coletores.

Figura 8 - Coletor de serapilheira.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os resíduos vegetais, coletados mensalmente, foram armazenados em sacos de papel para posterior triagem de folhas, galhos, estruturas reprodutivas (flores, frutos e sementes)

e miscelâneas (outros resíduos orgânicos e inorgânicos). Em seguida, secos em estufa de circulação de ar forçada a 65°C até peso constante, visando a determinação da biomassa seca das frações e total da serapilheira.

Para as análises químicas foi avaliado o material foliar produzido nos regimes hídricos de fevereiro a maio, referente ao período chuvoso, e de julho a outubro, período seco, dos anos de 2020 e 2021, totalizando oito amostras compostas (dois períodos x quatro tratamentos).

Dessa forma, a fração foliar de cada mês selecionado foi moída em moinho tipo Willey e peneirada em peneira com abertura de malha de 1 mm. Para obter as amostras compostas de cada período, calculou-se a proporção equivalente de contribuição, do material foliar, de cada mês no período e, posteriormente, foram acondicionadas em depósitos plásticos e identificados para as avaliações (Pinto *et al.*, 2016; SILVA, 2009).

Ademais, foram coletadas amostras das plantas espontâneas das parcelas dos cinco tratamentos, por meio de um molde 0,5 x 0,5 m que foi lançado duas vezes ao acaso dentro da área útil da parcela (Figura 9). As amostras de plantas espontâneas coletadas foram levadas ao laboratório para identificação das espécies, em seguida, lavadas em água corrente e destilada, secas ao ar e em estufa de aeração forçada a 65°C. Em seguida, pesadas para determinação biomassa seca, moídas em moinhos tipo Willey, peneiradas em peneira de abertura de malha de 1 mm e acondicionadas em depósitos plásticos, totalizando assim, cinco amostras compostas dos tratamentos para análises químicas (Pinto *et al.*, 2016; SILVA, 2009).

Tomando as 13 amostras de material vegetal, foram extraídos P, K, Ca e Mg por meio da extração com ácido nítrico e peróxido de hidrogênio (SILVA, 2009). Posteriormente, determinando-se os teores de K por fotometria de chama, P por colorimetria, Ca e Mg por espectrometria de absorção atômica.

O teor de N total foi quantificado por meio do extrato de digestão com ácido sulfúrico, pelo método de Kjeldahl (Raij *et al.*, 2001).

O C orgânico foi determinado por via úmida, a partir da oxidação com solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) 0,4N em meio sulfúrico 0,1N e titulado com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1 N (Teixeira *et al.*, 2017).

Figura 9 - Molde para limitação da coleta das plantas espontâneas.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para quantificação de lignina e celulose utilizou-se o método de Van Soest (1968), por meio da determinação da Fibra de Detergente Ácida (FDA), e posterior, oxidação em permanganato, do resíduo da análise de FDA para obtenção da fração de lignina. Por diferença entre as frações de FDA e lignina, foi obtida a fração de celulose aproximada (Silva; Queiroz, 2002).

4.6 Análises Estatísticas

Para analisar estatisticamente os atributos morfológicos do solo foi utilizado o método de pesos, com base na sequência da subclasse de cada atributo e os dados coletados em campo, conforme apresentado nos quadros de 1 a 4. Contudo, para os componentes da cor do solo valor (tonalidade) e croma (pureza), como ambos são identificados por números, adotou-se o algarismo correspondente a cada um dos componentes.

Quadro 1 - Pesos dos atributos de textura e transição entre os horizontes adotados para análises estatísticas dos fatores.

TEXTURA	TRANSIÇÃO	PESO
areia	Plana e Clara	1
areia franca	Plana e Gradual	2
-	Plana e abrupta	3

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 2 - Pesos dos atributos de consistência seca e molhado do solo adotados para análises estatísticas dos fatores.

CONSISTÊNCIA		CONSISTÊNCIA MOLHADO		PESO
SECO	ÚMIDO	PLÁSTICO	PEGAJOSO	
macia	Muito friável	Não	Não	1
macia a ligeiramente dura		-		2
ligeiramente dura				3
macia com torrões de consistência dura				4

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 3 - Pesos do atributo de estrutura do solo adotados para análises estatísticas dos fatores.

ESTRUTURA			PESO
FORMA	TAMANHO	GRAU	
Granular / Blocos Subangulares	Pequeno	Fraco	1
Blocos Subangulares	Pequeno a Médio	Fraco a Moderado	2
Granular	Pequeno a Grande	-	3
Grãos soltos com alguns blocos subangulares	Médio		4
-	Médio / Pequeno a Médio		5
	Pequenos com alguns grânulos médios		6

Fonte: Elaborado pela autora.

Dessa forma, a caracterização morfológica e as análises químicas, físicas e biológicas do solo foram avaliadas com base em dois fatores: (i) de vegetação com quatro espécies florestais e pousio (totalizando 5 tratamentos) e (ii) dos horizontes superficiais A1, A2 e EA (totalizando 3). Ressalta-se que a análise de densidade do solo, porosidade do solo e da matéria-seca das raízes foi realizada para os tratamentos e, somente, nos horizontes A1 e A2.

Para as análises do material da serapilheira foram avaliados os fatores: (i) tratamentos florestais (quatro) e (ii) períodos chuvosos e seco (dois). Quanto à vegetação espontânea, foram considerados somente os tratamentos florestais e o pousio.

Assim, verificou-se as pressuposições da análise de variância (ANOVA), para homogeneidade da variância, normalidade dos resíduos, pontos discrepantes (*outliers*), aditividade do modelo, sendo utilizado o programa livre SAS. As pressuposições para solo e matéria seca das plantas que não apresentaram distribuição normal, foram submetidas ao método da potência ótima de (Box; Cox, 1964).

Quadro 4 - Pesos dos atributos de matiz, cor do solo seco e úmido adotados para análises estatísticas dos fatores.

COR DO SOLO*			
MATIZ	SECO	ÚMIDO	PESO
2,5YR	7,5YR 4/1	7,5YR 2,5/1	1
7,5YR	7,5YR 5/1	7,5YR 3/1	2
10YR	7,5YR 5/2	7,5YR 3/2	3
2,5Y	7,5YR 6/1	7,5YR 4/1	4
-	7,5YR 6/2	7,5YR 4/2	5
	7,5YR 6/3	10YR 2,5/1	6
	10YR 4/1	10YR 2/1	7
	10YR 4/2	10YR 3/1	8
	10YR 5/1	10YR 3/2	9
	10YR 5/2	10YR 4/1	10
	10YR 5/3	10YR 4/2	11
	10YR 5,5/2	10YR 4/3	12
	10YR 6/1	10YR 5/2	13
	10YR 6/2	10YR 2,5/1 mosqueado 10YR 4/2	14
	10YR 5/1 mosqueado 10YR 6/2	2,5Y 2,5/1	15
	2,5Y 3/1	2,5Y 3/1	16
	2,5Y 4/1	2,5Y 3/2	17
	2,5Y 5/1	2,5Y 4/1	18
	2,5Y 5/2	2,5Y 4/2	19
	2,5Y 6/1	-	20
	2,5Y 6/2		21
2,5YR 6/3	22		

Fonte: Elaborado pela autora.

*Cor do solo obtida pela carta Munsell.

O teste de Tukey foi utilizado para comparações múltiplas de médias, ao nível de 5% de significância para as variáveis do solo e matéria seca das plantas, determinando significância entre os fatores.

A partir dos programas SAS livre e Origin 2023b, versão estudante, foram realizados os métodos multivariados, como análise discriminante para separar os tratamentos, componentes principais para caracterizar os tratamentos e dendrograma para similaridade dos tratamentos, para caracterizar, por meio dos atributos químicos, os materiais vegetais da serapilheira e da vegetação espontânea.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Atributos morfológicos

A análise de variância (ANOVA) indicou duas interações significativas nas variáveis morfológicas estudadas, para tamanho da estrutura e o valor da cor do solo quando seco (Tabela 1). As demais variáveis responderam isoladamente aos fatores de tratamento ou horizonte, com exceção das variáveis: transição entre horizontes, cor do solo quando úmido, consistência úmida, consistência molhada (plasticidade e pegajosidade) que não variaram entre os fatores (Anexo A). Os resultados obtidos foram compilados nas Tabelas 2 e 3, que retratam os dados experimentais, enquanto os Quadros 5 e 6 fornecem uma descrição detalhada da caracterização morfológica dos horizontes avaliados.

No que se refere ao desenvolvimento dos horizontes superficiais, observou-se que o horizonte transicional EA apresentou a maior espessura média (16,03 cm), contrastando com o horizonte A1, que exibiu a menor espessura (8,38 cm), independentemente do tratamento aplicado, conforme registrado na Tabela 2 e no Anexo A. Com isso, verifica-se a importância do estabelecimento florestal na preservação dos horizontes superficiais, sendo essencial para a manutenção dos horizontes superficiais, principalmente, pela presença da vegetação espontânea. Essa vegetação desempenha um papel protetor ao amortecer o impacto das chuvas, reduzindo assim a erosão, e contribui para a estabilização do solo por meio do sistema radicular, que favorece a agregação das partículas (Bertolani; Vieira, 2001; Taiz *et al.*, 2017). Além disso, esses dados são fundamentais para o cálculo subsequente da quantidade COT em relação à argila, bem como para a aplicação dos critérios de diferenciação entre horizontes diagnósticos superficiais, conforme estabelecido pelo IBGE (IBGE, 2015; Santos, H. G. dos *et al.*, 2018).

Quanto ao grau de desenvolvimento da estrutura, observou-se que nos horizontes A1 e A2 variou de fraco a moderado, sendo que o EA, no tratamento com pousio (Apêndice E), apresentou poucos agregados em relação a terra solta (Anexo A e Quadro 6). Entre os tratamentos, eucalipto, sobrasil e pousio apresentaram estrutura com grau fraco, indicando menor coesão dos agregados, bem como o tamanho dos agregados terem variado de pequenos a médio (Tabela 2 e Quadro 5).

Tabela 1 - Médias e erros padrões médios para as variáveis morfológicas do solo segundo os tratamentos: AC (acácia), EU (eucalipto), IP (ipê-roxo), SB (sobrasil) e PO (pousio), obtidos a partir dos pesos atribuídos às variáveis e pela Carta de Munsell.

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS									
	AC		EU		IP		SB		PO	
Espessura dos horizontes superficiais ⁽²⁾	12,00	± 1,14	11,42	± 3,30	11,83	± 3,42	12,67	± 3,66	11,83	± 3,42
Transição entre horizontes ⁽¹⁾	1,67	± 0,22	1,58	± 0,46	2,00	± 0,58	1,83	± 0,53	1,83	± 0,53
Estrutura Tamanho ⁽¹⁾	1,67	± 0,14	1,92	± 0,55	2,67	± 0,77	1,50	± 0,43	2,42	± 0,70
Estrutura Grau ⁽¹⁾	1,17	± 0,11	1,00	± 0,29	1,42	± 0,41	1,00	± 0,29	1,08	± 0,31
Cor Seco ⁽¹⁾	7,42	± 1,38	12,92	± 3,73	12,08	± 3,49	10,50	± 3,03	16,50	± 4,76
Matiz Seco	2,50	± 0,15	2,75	± 0,79	3,17	± 0,91	2,83	± 0,82	3,58	± 1,03
Croma Seco ⁽²⁾	1,50	± 0,15	1,92	± 0,55	1,50	± 0,43	1,83	± 0,53	1,58	± 0,46
Cor Úmido ⁽¹⁾	7,75	± 0,94	10,42	± 3,01	9,83	± 2,84	9,08	± 2,62	13,25	± 3,82
Matiz Úmido	2,67	± 0,14	3,00	± 0,87	3,08	± 0,89	2,83	± 0,82	3,50	± 1,01
Valor Úmido ⁽²⁾	3,50	± 0,26	3,58	± 1,03	2,96	± 0,85	3,38	± 0,97	3,33	± 0,96
Croma Úmido ⁽²⁾	1,58	± 0,15	1,75	± 0,51	1,42	± 0,41	2,00	± 0,58	1,58	± 0,46
Consistência Seca ⁽¹⁾	1,75	± 0,28	1,25	± 0,36	2,17	± 0,63	1,08	± 0,31	2,00	± 0,58
Consistência Úmida ⁽¹⁾	1,00	± 0,00	1,00	± 0,29	1,00	± 0,29	1,00	± 0,29	1,00	± 0,29
Consistência: Plasticidade ⁽¹⁾	1,00	± 0,00	1,00	± 0,29	1,00	± 0,29	1,00	± 0,29	1,00	± 0,29
Consistência: Pegajosidade ⁽¹⁾	1,00	± 0,00	1,00	± 0,29	1,00	± 0,29	1,00	± 0,29	1,00	± 0,29

Fonte: Elaborado pela autora.

Letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

⁽¹⁾ Valores numéricos das variáveis obtidos conforme quadros 01 a 04;

⁽²⁾ Valores numéricos obtidos diretamente pela fita métrica (espessura) e pela Carta de Munsell (matiz, valor e croma).

Tabela 2 - Médias e erros padrões médios para as variáveis morfológicas do solo segundo os horizontes do solo A1, A2 e EA, obtidos a partir dos pesos atribuídos às variáveis e pela Carta de Munsell.

VARIÁVEIS	HORIZONTES		
	A1	A2	EA
Espessura dos horizontes superficiais ⁽²⁾	8,38 ± 0,49 c	11,45 ± 0,70 b	16,03 ± 0,51 a
Transição entre horizontes ⁽¹⁾	1,70 ± 0,16	1,65 ± 0,18	2,00 ± 0,07
Estrutura Tamanho ⁽¹⁾	2,45 ± 0,31	1,95 ± 0,23	1,70 ± 0,16
Estrutura Grau ⁽¹⁾	1,30 ± 0,11 a	1,10 ± 0,07 ab	1,00 ± 0,00 b
Cor Seco	11,95 ± 1,57	12,45 ± 1,00	11,25 ± 1,37
Matiz Seco	3,10 ± 0,19 ab	3,15 ± 0,11 a	2,65 ± 0,17 b
Croma Seco ⁽²⁾	1,30 ± 0,11 b	1,60 ± 0,11 b	2,10 ± 0,10 a
Cor Úmido ⁽¹⁾	10,20 ± 1,26	9,50 ± 0,82	10,50 ± 0,88
Matiz Úmido	3,10 ± 0,18	3,05 ± 0,11	2,90 ± 0,12
Valor Úmido ⁽²⁾	3,05 ± 0,16 b	3,10 ± 0,12 b	3,90 ± 0,12 a
Croma Úmido ⁽²⁾	1,30 ± 0,13 c	1,65 ± 0,11 b	2,05 ± 0,09 a
Consistência Seca ⁽¹⁾	1,70 ± 0,19	1,70 ± 0,23	1,55 ± 0,15
Consistência Úmida ⁽¹⁾	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00
Consistência: Plasticidade ⁽¹⁾	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00
Consistência: Pegajosidade ⁽¹⁾	1,01 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00

Fonte: Elaborado pela autora.

Letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

⁽¹⁾ Valores numéricos das variáveis obtidos conforme quadros 01 a 04;

⁽²⁾ Valores numéricos obtidos diretamente pela fita métrica (espessura) e pela Carta de Munsell (matiz, valor e croma).

Quadro 5 – Caracterização morfológica do solo segundo os tratamentos: AC (acácia), EU (eucalipto), IP (ipê-roxo), SB (sobrasil) e PO (pousio).

VARIÁVEIS	TRATAMENTO				
	AC	EU	IP	SB	PO
Espessura média dos horizontes superficiais (cm)	12,00	11,45	12,18	12,86	12,45
Transição entre horizontes	Plana e Gradual	Plana e Gradual	Plana e Gradual	Plana e Gradual	Plana e Gradual
Estrutura – tipo	Blocos subangulares	Blocos subangulares	Blocos subangulares	Blocos subangulares	Grãos simples com alguns blocos subangulares
Estrutura – tamanho	Pequeno a Médio	Pequeno a Médio	Pequeno a Médio	Pequeno	Pequeno a Médio
Estrutura – grau	Fraco a Moderado	Fraco	Fraco a Moderado	Fraco	Fraco
Cor seco ⁽¹⁾	10YR 4/1 (cinzento-escuro)	10YR 6/2 (cinzento-brunado-escuro)	10YR 6/1 (cinzento)	10YR 5/3 (bruno)	2,5Y 4/1 (cinzento-escuro)
Cor úmido ⁽¹⁾	10YR 3/1 (cinzento muito escuro)	10YR 4/2 (bruno-acinzentado escuro)	10YR 4/1 (cinzento-escuro)	10YR 3/2 (bruno-acinzentado muito escuro)	10YR 2,5/1 (entre o preto e cinzento-escuro e mosqueados bruno-acinzentado-escuro)
Consistência seca	macia a ligeiramente dura	macia	macia a ligeiramente dura	macia	macia a ligeiramente dura
Consistência úmido	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável
Consistência molhada – Plástica	Não	Não	Não	Não	Não
Consistência molhada – Pegajosa	Não	Não	Não	Não	Não
Textura	Arenosa a Areia-franca	Arenosa	Arenosa a Areia-franca	Arenosa a Areia-franca	Arenosa a Areia-franca

Fonte: Elaborado pela autora.

(1) Nomenclatura das cores obtidos diretamente da Carta de Munsell.

Quadro 6 – Caracterização morfológica do solo segundo os horizontes A1, A2 e EA.

VARIÁVEIS	HORIZONTE		
	A1	A2	EA
Espessura média dos horizontes superficiais (cm)	8,44	11,50	16,03
Transição entre horizontes	Plana e Gradual	Plana e Gradual	Plana e Gradual
Estrutura – tipo	Blocos subangulares	Blocos subangulares	Blocos subangulares e grãos simples com alguns blocos subangulares
Estrutura – tamanho	Pequeno a Médio	Pequeno a Médio	Pequeno a Médio
Estrutura – grau	Fraco a Moderado	Fraco a Moderado	Fraco
Cor seco ⁽¹⁾	10YR 6/1 (cinzento)	10YR 6/1 (cinzento)	10YR 5/3 (bruno)
Cor úmido ⁽¹⁾	10YR 4/2 (bruno-acinzentado escuro)	10YR 4/1 (cinzento-escuro)	10YR 4/2 (bruno-acinzentado-escuro)
Consistência seca	macia a ligeiramente dura	macia a ligeiramente dura	macia a ligeiramente dura
Consistência úmido	Muito friável	Muito friável	Muito friável
Consistência molhada – Plástica	Não	Não	Não
Consistência molhada – Pegajosa	Não	Não	Não
Textura	Arenosa	Arenosa	Arenosa

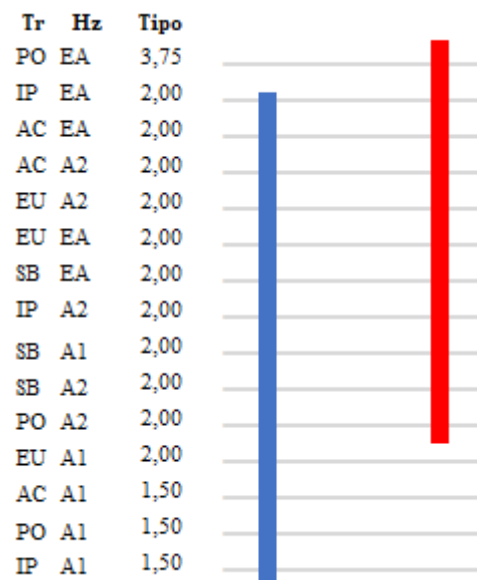
Fonte: Elaborado pela autora.

(1) Nomenclatura das cores obtidos diretamente da Carta de Munsell.

A divergência observada entre os tratamentos pode ser associada aos baixos teores de argila e da matéria orgânica adicionada por essa vegetação, os quais influenciam de forma expressiva o desenvolvimento dos agregados (Dortzbach *et al.*, 2016; Tormena *et al.*, 2023). Em relação à menor proporção de agregados no EA, deve-se por este ser um horizonte transicional com mais características do horizonte E (Santos *et al.*, 2015), portanto sofreu menor aporte de matéria orgânica e eluviações mais intensas e, assim, passa por processos de leucinização com menores teores de MO (IBGE, 2015; Lepsch, 2021),.

Quanto à tipologia estrutural, constatou-se interação significativa entre os tratamentos e os horizontes, na qual o horizonte EA do pousio (PO-EA) diferiu pela presença de grãos simples com alguns blocos subangulares, contrastando com os demais tratamentos que exibiram predominância de blocos subangulares (Figura 10). Esta diferenciação deve estar associada à área de pousio apresentar somente vegetação de pequeno porte, com menor adição de matéria orgânica em profundidade e, ainda, com a textura arenosa, não houve o favorecimento para a formação de agregados (Dortzbach *et al.*, 2016; Lepsch; Silva; Espironelo, 1982; Tormena *et al.*, 2023).

Figura 10 - Resultado da interação do tipo de estrutura entre tratamentos (Tr) e horizontes (Hz).



Fonte: Elaborado pela autora.

Médias abrangidas pela mesma barra não são diferentes significativamente.

Tr: AC (acácia), EU (eucalipto), IP (ipê-roxo), SB (sobrasil) e PO (pousio).

A análise comparativa da cor do solo nos estados úmido e seco revelou diferenças significativas entre tratamentos e horizontes. Quando úmido apresentou tons mais escuros,

particularmente tratamento com ipê-roxo e nos horizontes A2 que foram do 10YR 6/1 - cinzento para 10YR 4/1 – cinzento-escuro (Quadro 5 e 6). reforça a relevância metodológica de avaliar a cor dos horizontes superficiais em ambos os estados de umidade, conforme recomendado por Amaro Filho; Assis Júnior; Mota (2008); IBGE (2015) e Lepsch (2021).

A análise isolada dos atributos cromáticos demonstrou variação estatística significativa no matiz entre os tratamentos. O sistema em pousio (PO) destacou-se por apresentar coloração amarelada - 2,5Y, quando seco, alterando-se para vermelho-amarelado – 10YR, quando úmido (Quadro 5 e 6). Estas cores mais amareladas podem ser associadas à combinação de dois fatores pedogenéticos característicos dos Tabuleiros Costeiros: ao baixo teor de ferro nos solos dos Tabuleiros Costeiros (Corrêa *et al.*, 2015), e à concentração de MO nos horizontes superficiais, o que pode favorecer a formação de goethita (Ker *et al.*, 2012).

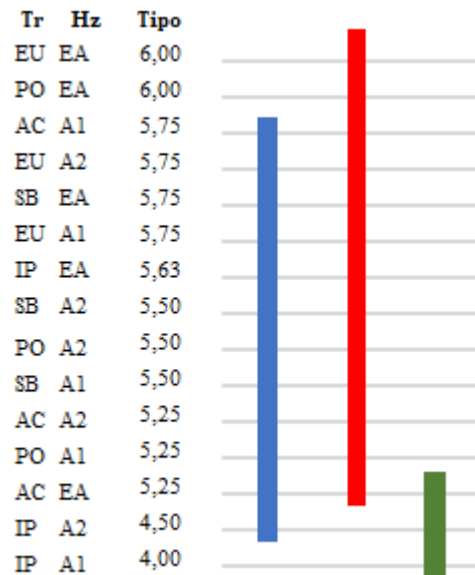
Quanto a variável valor dos agregados secos apresentou interação entre os tratamentos e horizontes (Figura 11). Os horizontes A1 e A2 do tratamento com ipê-roxo (IP-A1 e IP-A2) apresentaram valores médios inferiores a 5,0, destacando-se que o A1 (IP-A1) diferiu dos horizontes EA do eucalipto e pousio (EU-EA e PO-EA), mostrando que a adição de matéria orgânica do ipê favoreceu o escurecimento dos horizontes superficiais, representado por cores com valores mais baixos (Santos *et al.*, 2015; Tormena *et al.*, 2023). Complementarmente, a análise das amostras úmidas (Anexo A) revelou que o valor médio do horizonte EA foi sistematicamente mais elevado que dos horizontes A1 e A2, refletindo o processo de empalidecimento característico da zona de eluviação mais intensa (IBGE, 2015; Ker *et al.*, 2012; Santos *et al.*, 2015). Entre os tratamentos, o ipê-roxo apresentou menor valor, corroborando com a discussão da maior contribuição da matéria orgânica.

A análise do croma em condições de umidade evidenciou que o tratamento com ipê-roxo (IP) apresentou valor médio significativamente menor (1,42), diferindo significativamente do sobrasil (2,00), conforme apresentado na Tabela 2. Esta diferença corrobora a hipótese de que o maior aporte de matéria orgânica proporcionado pelo ipê-roxo favoreceu o escurecimento do solo, expresso por valores de croma mais baixos, conforme descrito na literatura técnica (IBGE, 2015; Ker *et al.*, 2012; Santos *et al.*, 2015; Tormena *et al.*, 2023).

Os dados de croma dos agregados secos revelaram gradiente decrescente do horizonte EA (2,1) para os horizontes A1 (1,3) e A2 (1,6) (Anexo A). Quando úmido, o croma apresentou a seguinte ordem decrescente: horizonte EA > A2 > A1 (Anexo A). Esses dados de croma (amostras secas e úmidas) fornecem evidências consistentes de que a maior adição de

matéria orgânica na superfície favorece o escurecimento dos horizontes superficiais, representado por cores com cromas mais baixos (IBGE, 2015; Ker *et al.*, 2012; Santos *et al.*, 2015; Tormena *et al.*, 2023).

Figura 11 - Resultado da interação dos tratamentos (Tr) e horizontes (Hz) para variável de valor da cor do solo seco.



Fonte: Elaborado pela autora.

Médias abrangidas pela mesma barra não são diferentes significativamente.

Tr: AC (acácia), EU (eucalipto), IP (ipê-roxo), SB (sobrasil) e PO (pousio); Valores obtidos diretamente da Carta de Munsell.

A consistência úmida não apresentou variação significativa entre os tratamentos (Tabela 1). Contudo, quando seca apresentou diferença marcante para ipê-roxo e sobrasil, que variou de macia a ligeiramente dura, e consistência macia, respectivamente.

Esta divergência nas características sensoriais pode ser explicada por diferenças na composição granulométrica e química do solo. A consistência mais firme observada no tratamento ipê-roxo sugere maior conteúdo de frações finas (silte e argila) e/ou maior teor de matéria orgânica, fatores conhecidos por influenciar as propriedades físicas do solo. Tal interpretação encontra respaldo na literatura técnica, sendo consistentes com as observações (IBGE (2015), Ker *et al.* (2012); Santos *et al.* (2015), Tormena *et al.* (2023).

Estes resultados reforçam a importância de se considerar tanto a granulometria quanto a matéria orgânica na avaliação das propriedades físicas do solo, particularmente em estudos comparativos entre diferentes coberturas vegetais. A consistência mais firme observada no tratamento com ipê-roxo pode refletir processos pedogenéticos distintos ou diferentes

dinâmicas de acúmulo de matéria orgânica, merecendo investigações mais aprofundadas para elucidar os mecanismos específicos envolvidos.

5.2 Atributos físicos do solo

Com base na ANOVA, a análise dos atributos físicos revelou que os tratamentos responderam de forma isolada aos fatores, exceto as variáveis densidades das partículas e porosidade (Anexo B).

A caracterização granulométrica demonstrou predominância marcante da fração areia, com teores superiores a 900 g kg^{-1} na maioria dos tratamentos (EU, PO, IP e AC). O tratamento sobrasil constituiu exceção, apresentando redução de aproximadamente 6% no teor de areia em relação aos demais (Tabela 3).

Esta composição granulométrica resultou em classificação textural que variou de arenosa a franco-arenosa nas áreas estudadas (Figura 12), padrão condizente com os solos típicos dos Tabuleiros Costeiros em estudos realizados no Ceará, embora com proporções ligeiramente menores em alguns casos. (Bezerra *et al.*, 2015; Lima *et al.*, 2004; Marques *et al.*, 2021; Weber *et al.*, 2020). A gênese destes solos explica sua característica textural marcante nos solos dos Tabuleiros Costeiros, formados a partir de sedimentos detríticos siliciclásticos, apresentam predominância de areia fina a grossa de natureza mineralógica quartzosa (Nunes *et al.*, 2011).

Os resultados demonstraram proporções extremamente reduzidas de silte, com valores inferiores a 30 g kg^{-1} nos tratamentos eucalipto e acácia (Tabela 3). Estes baixos teores resultam em relações silte/argila mínimas, indicativas de solos com elevado grau de intemperismo, conforme estabelecido por Oliveira (2011). Esta característica é típica dos solos dos Tabuleiros Costeiros, cujo material de origem já se apresenta intensamente intemperizado (Nunes *et al.*, 2011). Outros estudos confirmam a existência desse padrão nessa unidade geomorfológica do Ceará (Bezerra *et al.*, 2015; Marques *et al.*, 2021) e em outros estados do Brasil (Giarola *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2020).

Tabela 3 - Médias e erros padrões médios para as variáveis dos atributos físicos do solo segundo os tratamentos do solo.

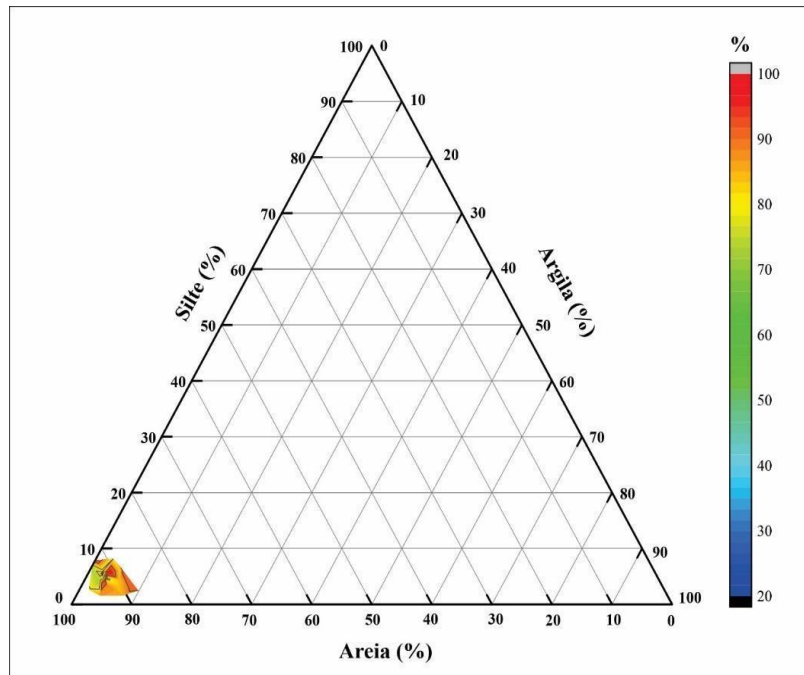
TR	VARIÁVEIS			
	dp	Areia	Silte	Argila
	(g cm ⁻³)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹)
AC	2,66 ± 0,10	909,49 ± 2,85 ^{ab}	28,77 ± 1,48 ^{ab}	61,75 ± 2,99
EU	2,61 ± 0,75	921,58 ± 3,30 ^a	27,44 ± 4,96 ^b	50,98 ± 3,49
IP	2,67 ± 0,77	901,04 ± 5,40 ^{ab}	50,45 ± 7,02 ^a	48,51 ± 4,89
SB	2,65 ± 0,77	870,48 ± 21,11 ^b	67,70 ± 18,80 ^a	61,82 ± 8,37
PO	2,64 ± 0,76	917,80 ± 5,80 ^a	32,79 ± 5,24 ^{ab}	49,40 ± 6,82

Fonte: Elaborado pela autora.

TR = Tratamentos: AC (acácia), EU (eucalipto), IP (ipê-roxo), SB (sobrasil) e PO (pousio).

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figura 12 - Triângulo textural do solo ilustrando os resultados das análises granulométricas dos horizontes estudados.



Fonte: Elaborado pela autora.

Em contraste com a fração silte, a distribuição da argila apresentou variação significativa entre os horizontes, variando entre 42,73 e 69 g kg⁻¹ aproximadamente (Tabela 4). Este gradiente vertical evidencia processos ativos de lessivagem, caracterizados pela translocação preferencial de argila dos horizontes superficiais para camadas mais profundas do perfil (Ker *et al.*, 2012). Resultado similar foi documentado por Weber *et al.* (2020), que observaram acúmulo característico de argila no horizonte B. A sequência crescente de teores

de argila com a profundidade ($A1 < A2 < EA$), mesmo nos horizontes superficiais (Tabela 4), sugere que estes processos pedogenéticos permanecem ativos no ambiente estudado.

Tabela 4 - Médias e erros padrões médios para as variáveis dos atributos físicos do solo segundo os horizontes do solo.

VARIÁVEIS	HORIZONTES								
	A1			A2			EA		
dp (g cm⁻³)	2,62	±	0,02	2,71	±	0,06	2,62	±	0,02
Areia (g kg⁻¹)	913,63	±	4,45	902,87	±	11,56	895,74	±	8,59
Silte (g kg⁻¹)	43,64	±	5,31	45,39	±	11,62	35,26	±	5,51
Argila (g kg⁻¹)	42,73	±	3,77 ^c	51,75	±	2,65 ^b	69,00	±	4,67 ^a
Textura	1,25	±	0,10	1,35	±	0,13	1,35	±	0,13

Fonte: Elaborado pela autora.

Letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A análise da densidade do solo (ds) dos horizontes superficiais indicou que a densidade do solo em A1 foi inferior a A2 (Tabela 5). Essa diminuição da densidade do solo em A1 pode ser atribuída ao acréscimo de matéria orgânica, nesse horizonte mais próximo da superfície (Tormena *et al.*, 2023). O incremento de material orgânico promove a formação de uma estrutura mais porosa e menos compacta, característica típica dos horizontes superficiais sob influência da atividade biológica.

O aumento da densidade é uma das características encontradas nos solos com horizontes coesos dos Tabuleiros Costeiros, contudo, essa coesão ocorre nos horizontes B e, ou, nos transicionais para o B (Corrêa *et al.*, 2015; Giarola *et al.*, 2009; Lima *et al.*, 2004).

Este comportamento densimétrico apresenta importantes implicações agrônômicas e ecológicas na dinâmica hídrica e de aeração do solo, por reduzir a porosidade total, restringindo a circulação de ar e água no perfil, bem como limitando a disponibilidade de nutrientes; outra implicação está nos impactos do desenvolvimento radicular, restringindo o crescimento vertical devido o aumento da resistência a penetração e redução da produtividade vegetal (Marques *et al.*, 2021; Tormena *et al.*, 2023). A presença de coesão nos horizontes subsuperficiais configura um desafio particular para o manejo sustentável destes solos, exigindo práticas que preservem a qualidade física do horizonte superficial, por meio de manejos que priorizem a manutenção da cobertura vegetal e minimização de tráfego de máquinas.

Tabela 5 - Médias e erros padrões médios para as variáveis físicas do solo d_s (densidade do solo) e porosidade, e matéria seca das raízes, segundo os horizontes do solo.

VARIÁVEIS	HORIZONTES				
	A1		A2		
d_s (g cm ⁻³)	1,39	± 0,00 ^b	1,49	± 0,02 ^a	
porosidade (%)	46,56	± 1,00	44,38	± 1,34	
Biomassa das raízes (g cm ⁻³)	63,59	± 1,51	65,32	± 1,82	

Fonte: Elaborado pela autora.

Letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

5.3 Atributos químicos do solo e classificação do horizonte diagnóstico

A avaliação dos atributos químicos revelou que apenas o parâmetro $Al^{3+}+H^+$ apresentou interação a 5% de significância entre os fatores analisados e as demais variáveis responderam separadamente aos tratamentos e horizontes a 5% de significância (Anexo C). Os valores médios e respectivos erros padrão encontram-se sistematizados nas Tabelas 6 e 7.

O pH demonstrou variação entre 4,96 e 5,82 nos diferentes tratamentos, com os menores valores registrados nas áreas de AC e EU, indicando maior acidez, enquanto IP, SB e PO apresentaram condições menos ácidas (Tabela 6). Dentre esses solos ácidos, somente o tratamento com acácia apresentou incremento significativo no Al trocável e na saturação por alumínio (m%) (Tabela 6). Entretanto, essas condições não satisfazem os critérios para enquadrar no caráter alumínico (Santos, H. G. dos *et al.*, 2018).

A influência da vegetação na dinâmica da acidez do solo foi claramente evidenciada, concordando com as observações de Oliveira (2011). Esse fenômeno pode ser atribuído a múltiplos fatores inter-relacionados, incluindo a quantidade e qualidade da matéria orgânica depositada, os processos de hidrólise e a absorção seletiva cátions pelas plantas, mecanismos que promovem a liberação de H^+ no sistema solo, podendo ocasionar diminuição do potencial hidrogeniônico (Brady; Weil, 2013; Tormena *et al.*, 2023).

Na avaliação da acidez potencial ($Al^{3+}+H^+$) observou-se a interação entre tratamentos e horizontes, no qual o horizonte A1 no sobrasil (SB-A1) apresentou-se mais ácido do que no A2 do eucalipto (EU-A2), conforme Figura 13. Essa acidificação pode ser explicada pela combinação de processos pedogenéticos, incluindo a mineralização do material sedimentar dos Tabuleiros Costeiros, pela qualidade da matéria orgânica em cada tratamento, e a possível influência de compostos ácidos depositados pela precipitação pluviométrica, fator particularmente relevante considerando que a coleta foi realizada no período chuvoso (Corrêa

et al., 2015; Giarola *et al.*, 2009; Kampf; Curi; Marques, 2019), ressaltando que o período de coleta foi realizado no período chuvoso.

Os resultados evidenciaram teores reduzidos de bases trocáveis em todos os tratamentos (Tabela 6), apresentando estreita relação com a textura arenosa destes horizontes (Tabela 4). Esta característica textural favorece significativamente os processos de lixiviação, conforme documentado por Avalos *et al.* (2012), que destacam o papel intensificador da precipitação pluviométrica na perda dos cátions básicos. Neste contexto, a manutenção de cobertura vegetal permanente surge como estratégia fundamental, não apenas para minimizar as perdas por lixiviação, mas também para reduzir os riscos de erosão, criando condições mais favoráveis para a ciclagem de nutrientes.

Também se verificou diferenciação entre os tratamentos com sobrasil e ipê-roxo, apresentando teores mais elevados de bases trocáveis quando comparados a EU e AC, enquanto o PO mostrou uma tendência de não se diferenciar desses dois grupos (Tabela 6).

Este padrão distinto, obtido em condições de solo arenoso, ressalta a capacidade adaptativa das espécies nativas e corrobora seu potencial estratégico para programas de recuperação de áreas degradadas e restauração ecológica, conforme demonstrado por (Lopes *et al.*, 2021). O melhor desempenho químico observado nos tratamentos com espécies nativas sugere a existência de mecanismos eficientes de ciclagem biogeoquímica e possível efeito "bomba de nutrientes", onde o sistema radicular mais profundo e adaptado dessas espécies seria capaz de acessar e redistribuir nutrientes das camadas subsuperficiais para os horizontes superficiais.

Entre os tratamentos, o solo da área com eucalipto apresentou menor teor K^+ com $0,06 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, enquanto o teor de Na^+ foi maior, em $0,06 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. De acordo Schaetzl L. R e Anderson (2005), esses menores conteúdos de K^+ e Na^+ (Tabela 6), devem-se por estes elementos serem lixiviados mais facilmente, devido ao seu baixo potencial iônico. Em relação aos cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} , notou-se que o tratamento com acácia teve menor teor do que o ipê-roxo (Tabela 6), com os horizontes superficiais (A1) apresentando maiores conteúdos (Tabela 7).

Padrão similar foi verificado para o fósforo, cujos teores decresceram significativamente do horizonte A1 para o EA (Tabela 7), refletindo o processo de ciclagem biogeoquímica superficial, onde aproximadamente 75% do P se encontra na forma orgânica segundo Dick *et al.* (2019).

Tabela 6 - Médias e erros padrões médios para as variáveis químicas do solo segundo os tratamentos AC (acácia), EU (eucalipto), IP (ipê-roxo), SB (sobrasil) e PO (pousio).

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS																			
	AC			EU			IP			SB			PO							
pH	4,96	±	0,15	^b	5,12	±	0,07	^b	5,70	±	0,10	^a	5,59	±	0,09	^a	5,82	±	0,13	^a
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,18	±	0,03	^a	0,10	±	0,01	^b	0,07	±	0,01	^b	0	±	0,01	^b	0,08	±	0,01	^b
C ⁴⁺ (g kg ⁻¹)	4,75	±	0,95		3,53	±	0,53		5,60	±	1,52		5,2	±	1,30		4,23	±	0,87	
N ⁻ (g kg ⁻¹)	0,17	±	0,03	^b	0,17	±	0,03	^b	0,48	±	0,11	^a	0,24	±	0,08	^b	0,12	±	0,03	^b
P ³⁻ (mg kg ⁻¹)	9,06	±	1,70		9,46	±	1,73		7,14	±	0,98		5,1	±	0,95		9,07	±	1,82	
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,10	±	0,01	^b	0,06	±	0,00	^{ab}	0,10	±	0,02	^{ab}	0,2	±	0,02	^a	0,11	±	0,03	^{ab}
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,05	±	0,00	^{ab}	0,06	±	0,01	^a	0,03	±	0,00	^b	0,1	±	0,01	^{ab}	0,03	±	0,00	^b
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,45	±	0,09	^b	0,34	±	0,06	^b	1,06	±	0,22	^a	0,8	±	0,17	^a	0,73	±	0,13	^a
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,28	±	0,05	^b	0,33	±	0,02	^{ab}	0,67	±	0,16	^a	0,5	±	0,09	^a	0,49	±	0,10	^{ab}
SB* (cmol _c dm ⁻³)	0,88	±	0,14	^b	0,79	±	0,08	^b	1,86	±	0,40	^a	1,5	±	0,26	^a	1,36	±	0,25	^{ab}
CTC efetiva* (cmol _c dm ⁻³)	1,01	±	0,13	^{bc}	0,85	±	0,08	^c	1,88	±	0,40	^a	1,5	±	0,27	^{ab}	1,39	±	0,25	^{abc}
CTC total* (cmol _c dm ⁻³)	3,39	±	0,32	^a	2,02	±	0,26	^b	3,13	±	0,63	^{ab}	3,9	±	0,54	^a	3,72	±	0,33	^a
V%*	27,30	±	3,97	^c	46,42	±	6,63	^{ab}	59,51	±	3,03	^a	36,04	±	2,06	^{bc}	34,68	±	4,00	^{bc}
m%*	16,63	±	4,89	^a	6,81	±	0,75	^b	1,26	±	0,62	^b	1,82	±	0,51		2,35	±	0,71	^b
Relação C/N	36,51	±	7,88	^a	25,26	±	3,82	^{ab}	11,15	±	1,03	^b	39,25	±	11,35	^a	44,63	±	11,75	^a

Fonte: Elaborado pela autora.

Letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância; SB* = Soma de Bases.

*SB = Soma de Bases; CTC = Capacidade de Troca de Cátions; V% = percentual de saturação por bases; m% = percentual de saturação por alumínio.

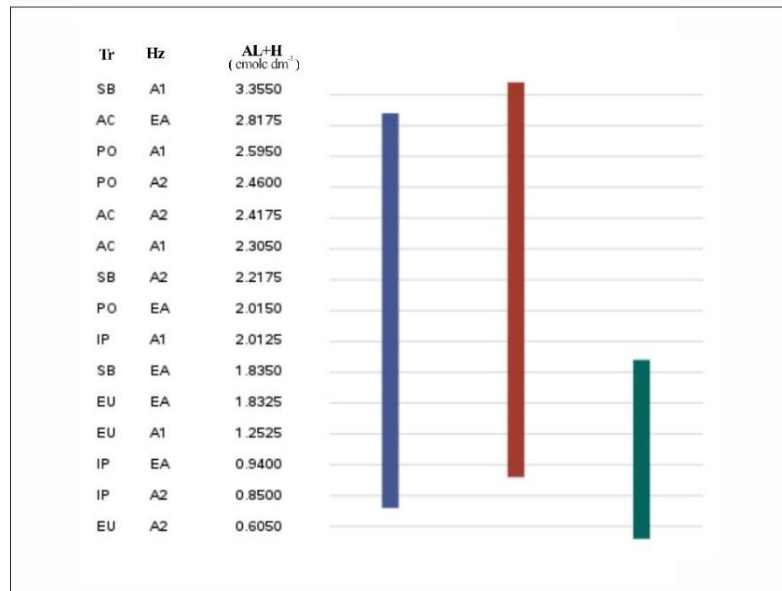
Tabela 7 - Médias e erros padrões médios para as variáveis químicas do solo segundo os horizontes do solo.

VARIÁVEIS	Horizontes					
	A1		A2		EA	
pH	5,36	± 0,14	5,41	± 0,10	5,54	± 0,08
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,12	± 0,02	0,10	± 0,02	0,08	± 0,01
C ⁴⁻ (g kg ⁻¹)	0,03	± 0,01	0,03	± 0,00	0,02	± 0,00
N ⁻ (g kg ⁻¹)	0,13	± 0,02	0,09	± 0,01	0,09	± 0,01
P ³⁻ (mg kg ⁻¹)	0,05	± 0,00	0,04	± 0,00	0,05	± 0,01
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,05	± 0,15	0,50	± 0,06	0,48	± 0,10
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,69	± 0,10	0,31	± 0,02	0,35	± 0,06
SB* (cmol _c dm ⁻³)	1,92	± 0,26	0,94	± 0,08	0,96	± 0,17
CTC efetiva* (cmol _c dm ⁻³)	2,04	± 0,26	1,04	± 0,07	1,05	± 0,17
CTC total* (cmol _c dm ⁻³)	4,22	± 0,43	2,65	± 0,22	2,85	± 0,31
V%*	45,74	± 0,04	40,78	± 0,04	35,85	± 0,04
m%*	11,44	± 0,02	11,66	± 0,03	9,22	± 0,01
Relação C/N	44,41	± 10,07	29,53	± 4,83	22,15	± 2,51

Fonte: Elaborado pela autora.

Letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância; *SB = Soma de Bases; CTC = Capacidade de Troca de Cátions; V% = percentual de saturação por bases; m% = percentual de saturação por alumínio.

Figura 13 - Resultado da interação dos tratamentos (Tr) e horizontes (Hz) para variável Al+H.



Fonte: Elaborado pela autora.

Médias abrangidas pela mesma barra não são diferentes significativamente.

Tr: AC (acácia), EU (eucalipto), IP (ipê-roxo), SB (sobrasil) e PO (pousio).

Ao analisar as relações SB (soma de bases), CTC efetiva e CTC total entre os horizontes, verificou-se que o horizonte A1 apresentou maiores valores entre os horizontes nos

parâmetros (Tabela 7). Mas entre os tratamentos, a soma de bases foi menor em AC e EU, contudo o eucalipto apresentou reduções na capacidade de trocas de cátions efetiva e total em relação aos demais (Tabela 6).

Na saturação por bases (V%), observa-se menor valor no tratamento com AC, a qual apresentou maior saturação por alumínio – m% (Tabela 6). Contudo, mesmo no tratamento IP, onde se observou eutrofismo (V%>50%), os baixos teores absolutos de bases trocáveis não caracterizam condição de alta fertilidade, conforme critérios estabelecidos por Oliveira (2011).

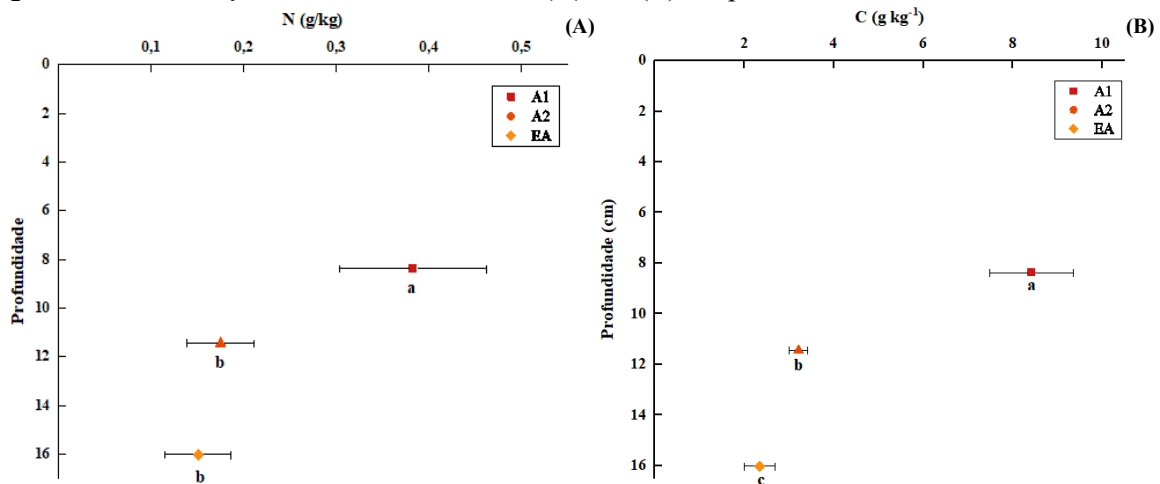
Os teores de nitrogênio no ipê-roxo foram maiores em relação aos demais (Tabelas 6). Este resultado pode ser associado ao menor valor da relação C:N observado no IP (11,15), visto que maiores valores de N e outros nutrientes (Tabela 6), quando associados a relações (C:N) inferiores a 20, favorecem a mineralização, o estímulo da atividade microbiana e, conseqüentemente, aumentam a disponibilidade de N para as plantas. Contudo, valores maiores (>30), como observados nos tratamentos com AC, SBe PO, tenderam a ocasionar uma imobilização do N (Dick *et al.*, 2019; Dionisio *et al.*, 2016; Tormena *et al.*, 2023). Epron *et al.* (2016) corroboram esses achados, demonstrando resultados similares para AC e EU, indicando preferências pela fixação de N₂ atmosférico ao N mineral.

Ao passo que o teor de N entre os horizontes apresentou uma diferença significativa, sendo o A1 com maior valor (0,38 g kg⁻¹) do que os observados em A2 (0,17 g kg⁻¹) e EA de 0,15 g kg⁻¹ (Figura 14-A). Esse acréscimo de N no A1 é esperado visto que é onde se encontra o depósito inicial do material orgânico. Entretanto, esse incremento de N não foi significativo para influenciar a relação C/N entre os horizontes (Tabela 7).

Para o teor de C orgânico, observou-se entre os horizontes que A1 foi mais expressivo, mostrando assim, um decaimento significativo de 5 g kg⁻¹ para A2, e posterior de mais 0,9 g kg⁻¹ para o EA, em médias aproximadas (Figura 14-B). Estes resultados de C estão associados ao maior incremento de matéria orgânica na superfície do solo (Brandoni; Santos, 2016; Jílková *et al.*, 2021; Tormena *et al.*, 2023).

Os horizontes superficiais apresentaram teores de C orgânico inferiores a 6 g kg⁻¹ (Tabela 6), não podendo ser enquadrados como A chernozêmico, húmico e proeminente (C orgânico ≥ 6 g kg⁻¹), conforme Santos *et al.* (2018). Além disso, não se enquadraram como A antrópico, pois não foram encontrados vestígios de material antrópico significativo no local (Apêndice A ao E) e o teor de P foi inferior a 30 mg kg⁻¹ (Tabela 6), dessa forma, não atendendo o que está estabelecido em Santos *et al.* (2018).

Figura 14 - Distribuição média dos teores de N (A) e C (B) em profundidade nos horizontes do solo.



Fonte: Elaborado pela autora.

Letras minúsculas iguais nos gráficos não diferem entre si estatisticamente.

Ao se analisar os resultados dos valores médios nos horizontes (A1, A2 e EA), observa-se que A1 apresentou teor de C $\geq 6 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 14-B), que acompanhado de outros atributos (Tabela 3), tais como estruturas com grau fraco a moderado, valor e croma ≤ 4 , V $\leq 65\%$ e, ainda, o conteúdo de C orgânico $\geq 60 + (0,1 \times \text{média ponderada de argila, em } \text{g kg}^{-1})$, poderia indicar os horizontes A1 da área experimental como horizonte diagnóstico A húmico, independente do tratamento, entretanto, não satisfaz o critério de espessura, a qual teria que ser no mínimo de 25 cm (Santos *et al.*, 2018), pois estes solos são muito profundos (Weber *et al.*, 2020).

A Figura 11 mostra que a média do valor seco foi igual a 6 nos horizontes EA dos tratamentos EU e PO. Entretanto, as médias do valor úmido foram inferiores a 4 (Tabela 2), portanto, não atendendo as especificações para enquadramento como horizonte A fraco (Santos *et al.*, 2018). A estrutura dos horizontes também não atenderia os parâmetros para o enquadramento como A fraco (Santos *et al.*, 2018), pois foram observadas estruturas em blocos subangulares nos horizontes desses tratamentos (Quadro 5), embora o PO tenha apresentado estruturas em grãos simples (com alguns blocos subangulares), isso só ocorreu no horizonte EA (Apêndice E).

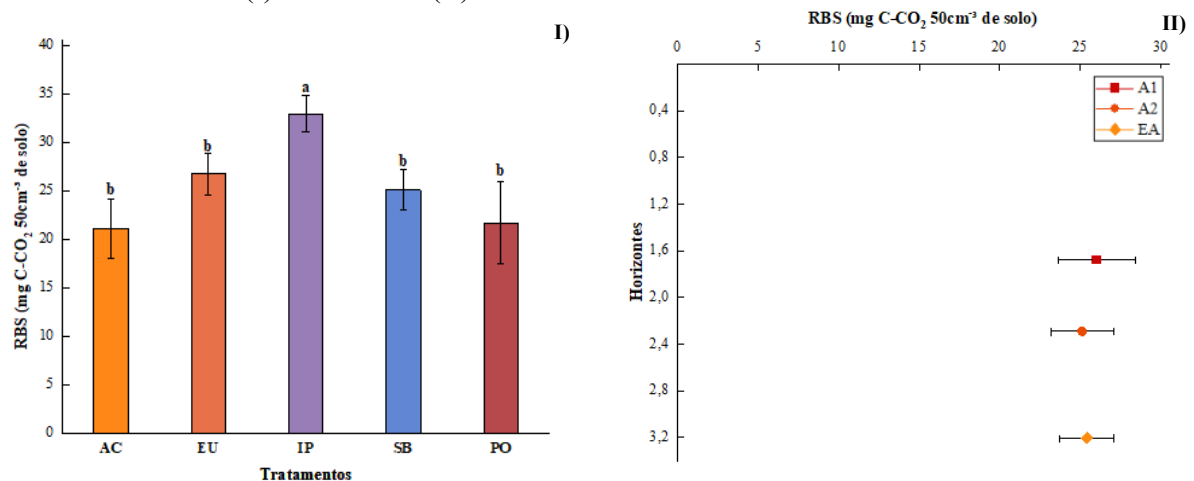
Para os demais tratamentos (AC, IP, SB), a análise das cores dos horizontes mostra (Figura 11 e Tabela 2) que as médias do valor quando solo seco foram inferiores a 6 e as do valor quando solo úmido foram inferiores a 4, não permitindo, assim, o enquadramento como horizonte A fraco (Santos *et al.*, 2018).

Dessa forma, as áreas sob os diferentes tratamentos apresentam como horizonte diagnóstico de superfície o A moderado que, segundo Santos *et al.* (2018), inclui aqueles horizontes que não atendem as especificações para os demais horizontes diagnósticos superficiais. Portanto, após aproximadamente 11 anos do plantio das espécies florestais, as alterações encontradas no solo, em função de alguns tratamentos, não foram suficientes para ocasionar uma diferenciação do horizonte diagnóstico de superfície.

5.4 Respiração basal do solo

A média da respiração basal do solo entre os horizontes não foi significativa ($p < 5\%$; Figura 15-II). Contudo o ipê-roxo apresentou a maior taxa de respiração basal do solo, aproximadamente 33 mg C-CO₂ 50 cm⁻³ de solo (Figura 15-I). O aumento da atividade microbiológica com uso de espécies nativas também foi observado, ressaltando que esta resposta depende da qualidade da matéria orgânica aportada (Gauthier *et al.*, 2010), bem como da dinâmica entre o aumento de N e da relação C/N do solo que promove uma maior taxa de decomposição (Brandoni; Santos, 2016). Essas dinâmicas bioquímicas podem estar contribuindo nas alterações dos atributos morfológicos, principalmente a cor (valor e croma), a consistência úmida e melhorando a agregação estrutural.

Figura 15 – Média e erros padrões médios da Respiração Basal do Solo (RBS) durante o período de 10 dias nos tratamentos (I) e horizontes (II).



Fonte: Elaborado pela autora.

AC (acácia), EU (eucalipto), IP (ipê-roxo), SB (sobrasil) e PO (pousio).

Letras minúsculas iguais nas barras não diferem estatisticamente.

Teste $f = 9,28$ (I) e $0,09$ (II), sendo não significativos a 5% no teste Tukey e $CV\% = 2.23$.

Ressalta-se a importância da adoção do pouso para a restauração da qualidade do solo, os resultados mostram que houve equivalência nos diferentes atributos do solo sob os tratamentos com as plantas nativas, e com ambas as exóticas estudadas. Os dados apontam que, o plantio de espécies exóticas não prejudicou a qualidade do solo, nesse período de cerca de 11 anos, sendo uma alternativa viável para a indústria moveleira.

Contudo, evidencia-se a importância do acompanhamento das análises químicas e medidas de correção e fertilização do solo, visto que o plantio com AC e EU estão acidificando o solo, e por se tratar de um solo arenoso a franco a arenoso, as perdas nutricionais são mais acentuadas (Kampf; Curi; Marques, 2019; Sousa *et al.*, 2017).

5.5 Caracterização da vegetação

5.5.1 Aporte de serapilheira e nutrientes

A análise de variância (Anexo D) revelou uma interação significativa entre os tratamentos para a matéria seca total (MSt) e a fração foliar (MSf), enquanto os galhos (MSg) e estruturas reprodutivas (MSm) apresentaram variações independentes entre os fatores analisados. As miscelâneas não demonstraram deposição significativa.

Observou-se que o tratamento com ipê apresentou uma deposição de MSg de 110,09 kg ha mês⁻¹, valor inferior ao registrado para o eucalipto (Tabela 8). Esse padrão condiz com estudos realizados em Além Paraíba-MG, que indicam uma tendência de aumento progressivo na deposição de galhos pelo eucalipto ao longo dos anos (Cunha Neto *et al.*, 2013).

Tabela 8 - Médias e erros padrões médios da produção mensal de serapilheira dos períodos chuvoso e seco de janeiro/2020 a dezembro/2021 nos tratamentos.

TRATAMENTOS	Variáveis		
	kg ha mês ⁻¹		
	MSg	MSe	MSm
Acácia	196,10 ± 55,06 ^{ab}	552,90 ± 161,94 ^a	43,10 ± 16,67
Eucalipto	373,85 ± 68,89 ^a	2,49 ± 22,17 ^c	62,00 ± 23,84
Ipê-roxo	110,09 ± 27,61 ^b	80,33 ± 29,42 ^b	36,96 ± 9,63
Sobrasil	107,88 ± 37,49 ^{ab}	372,88 ± 104,13 ^{ab}	35,61 ± 11,63

Fonte: Elaborado pela autora.

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância. MSg: matéria seca dos galhos; MSe: matéria seca das estruturas reprodutivas; MSm: matéria seca das miscelâneas.

A contribuição da matéria seca das estruturas reprodutivas variou significativamente entre os tratamentos, com acácia e sobrasil apresentando valores maiores que 200 kg ha mês⁻¹, e o eucalipto apresentou menor aporte, com aproximadamente 2,49 kg ha mês⁻¹, sem influência dos períodos climáticos (Tabela 8 e 9). De acordo com Cunha Neto *et al.* (2013), a perda de estruturas reprodutivas é mais acentuada na acácia do que no eucalipto.

Tabela 9 - Médias e erros padrões médios da produção mensal de serapilheira dos períodos chuvoso e seco de janeiro/2020 a dezembro/2021 nos regimes hídricos.

Variáveis	PERÍODOS			
	kg ha mês ⁻¹			
	seco		chuvoso	
MSg	213,76 ± 95,67 ^a	147,33 ± 74,47 ^b		
MSe	179,28 ± 151,00	255,27 ± 253,23		
MSm	42,49 ± 18,63	51,89 ± 29,00		

Fonte: Elaborado pela autora.

Letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância. MSg: matéria seca dos galhos; MSe: matéria seca das estruturas reprodutivas; MSm: matéria seca das miscelâneas.

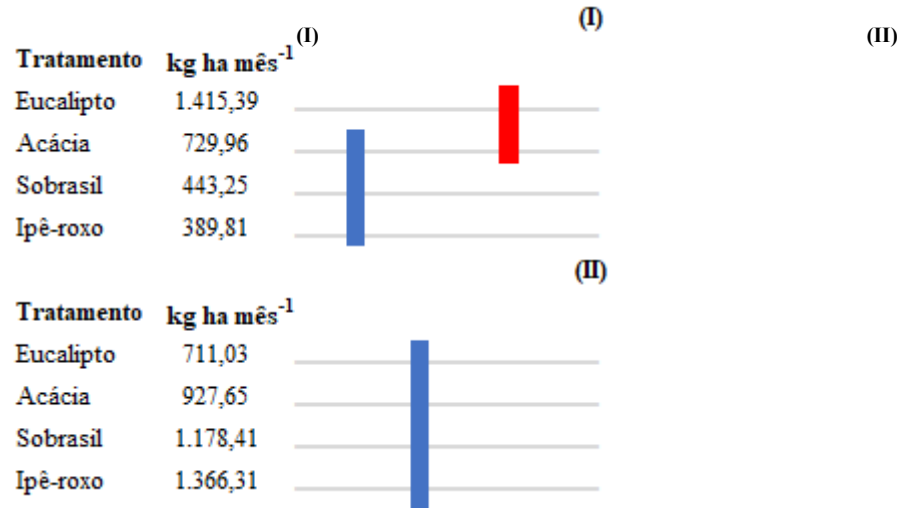
Quanto à matéria seca foliar, observaram-se maiores contribuições na interação entre tratamentos e regime hídrico. Durante o período chuvoso, o eucalipto apresentou maior deposição foliar comparado ao ipê e sobrasil (Figura 16-I), enquanto no período seco não houve diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 16-II). A acácia manteve padrões de deposição similares em ambos os períodos (Figura 16), destacando a importância do período chuvoso para a mineralização da matéria orgânica durante a estação seca (Tormena *et al.*, 2023).

A matéria seca total apresentou o mesmo comportamento observado para as folhas, resultado esperado dado o predomínio da fração foliar. O ipê e o sobrasil apresentaram as menores deposições no período chuvoso (Figura 17). As árvores por apresentarem maior abundância foliar, estão sujeitas a perdas por senescência, ação da fauna e fatores climáticos (Bachega *et al.*, 2016), sendo comum observar maior perda foliar no período seco em diversas espécies florestais (CNCFlora, 2012a, 2012b; Griffin *et al.*, 2015; Lopes, 2012).

A análise de componentes principais (PCA) dos atributos químicos foliares explicou 82,04% da variância, excluindo Mg e lignina devido à falta de correlação significativa (Figura 18). O material foliar do sobrasil mostrou dependência significativa com K e Ca, especialmente no período seco (ACse). Em contraste, eucalipto e ipê no período chuvoso (EUch e IPch) apresentaram menores teores desses nutrientes, mas maiores concentrações de P e C (Figura 18). Esses dados corroboram com a relação C/N (Tabela 6) e a alta atividade

microbiológica, evidenciando o efeito significativo do material depositado pelo ipê-roxo (Bachega *et al.*, 2016).

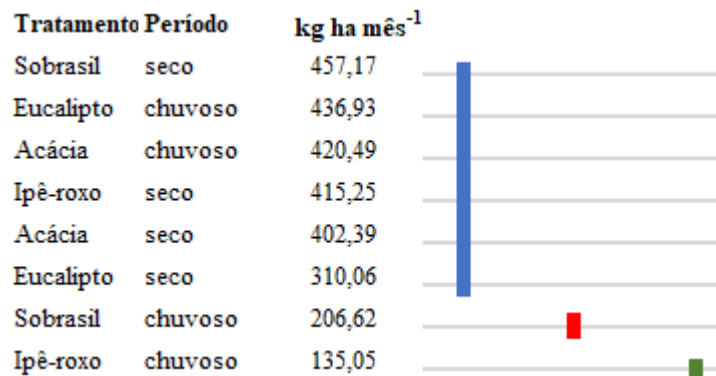
Figura 16 – Desdobramento da interação da matéria seca das folhas entre os tratamentos e períodos chuvoso (I) e seco (II).



Fonte: Elaborado pela autora.

Médias abrangidas pela mesma barra não são diferentes significativamente.

Figura 17 – Interação da matéria seca total entre os tratamentos e períodos.

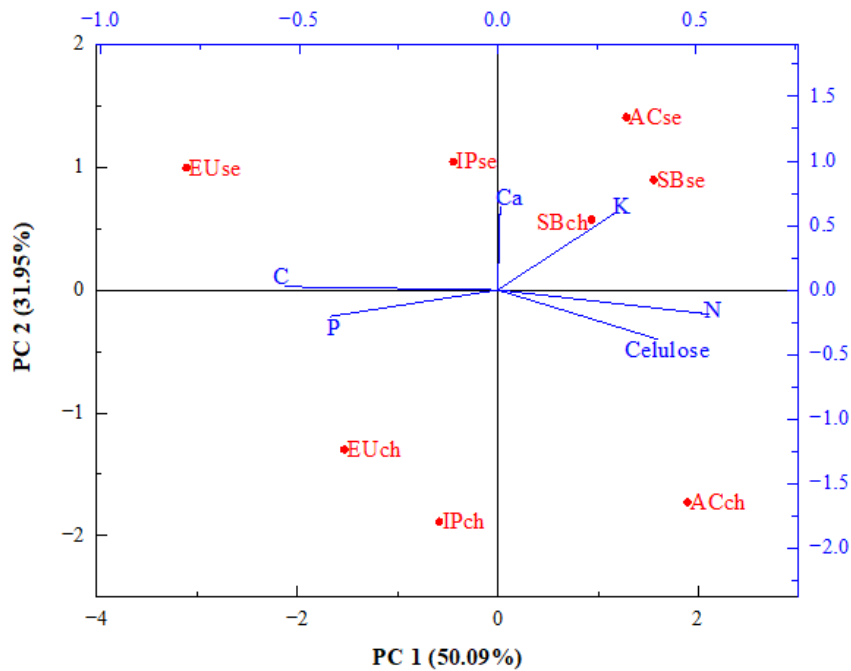


Fonte: Elaborado pela autora.

Médias abrangidas pela mesma barra não são diferentes significativamente.

Os teores de C foram mais elevados nos tratamentos com eucalipto e ipê, que por sua vez apresentaram menores valores de N e celulose. A acácia no período chuvoso (ACch) destacou-se pelas maiores concentrações de N e celulose (Figura 18). Bachega *et al.* (2016) observaram diferenças entre os resultados de acácia e eucalipto, constatando que a taxa de decomposição dependeu da qualidade do C, disponibilidade de P e baixos teores de lignina e celulose, padrão também verificado neste estudo, particularmente para o ipê.

Figura 18 - Análises de Componentes Principais (PCA) dos nutrientes P, N, K, Ca e C, e da celulose da serapilheira na interação dos tratamentos com os períodos seco e chuvoso de 2020 a 2021.



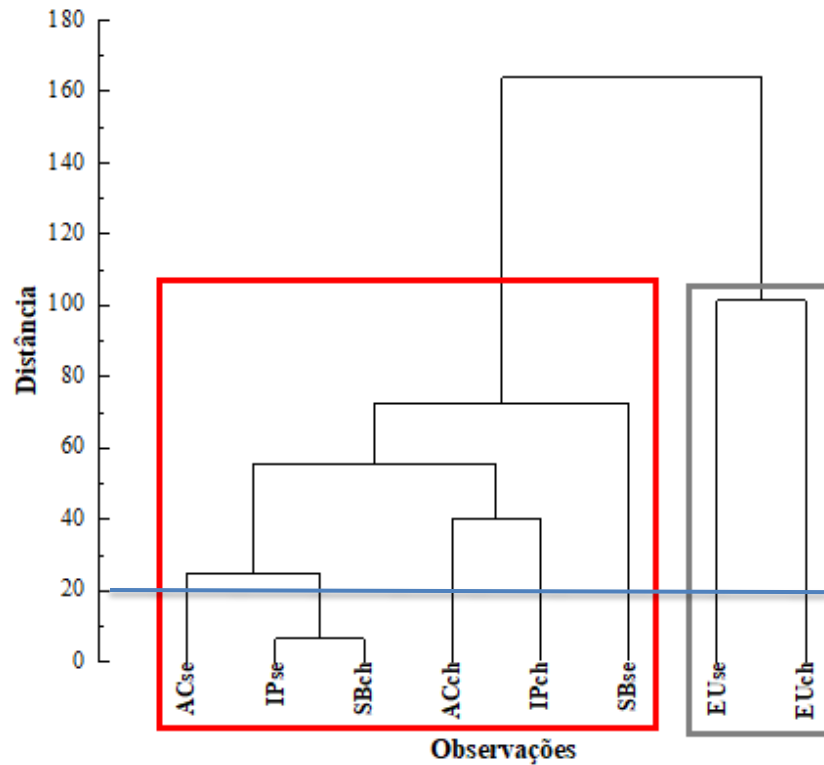
Fonte: Elaborado pela autora.

Siglas maiúsculas dos tratamentos AC-Acácia, EU-Eucalipto, IP-Ipê-roxo, SB-Sobrasil, acompanhadas pelas siglas minúsculas dos períodos se-seco e ch-chuvoso, representa as interações entre os fatores.

A análise do PCA revelou relações diretamente proporcionais entre C e P, Ca e K, N e celulose, e inversas entre K e P, C com N e celulose. Embora não apresentado graficamente (Figura 18), o teor de Mg seguiu o padrão do Ca, enquanto a lignina apresentou concentrações muito baixas. A estrutura aromática da celulose dificulta o processo de decomposição, e mesmo com alta disponibilidade de N, observa-se que este nutriente pode estar sendo imobilizado, o que ajuda a explicar os baixos teores de N no solo, alta relação C:N e atividade microbológica no tratamento com acácia (Bachega *et al.*, 2016; Freitas *et al.*, 2013; Griffin *et al.*, 2015).

Na análise de agrupamentos, observaram-se dois grupos principais, nos quais o regime hídrico não interferiu, sendo o eucalipto o tratamento menos similar aos demais (Figura 19). Esse resultado corrobora com o PCA, demonstrando que as concentrações de C e o P foram determinantes para distingui-los. Os tratamentos IPse e SBch apresentaram maior similaridade, evidenciando a influência oposta do regime hídrico sobre essas espécies (Figura 19), padrão associado aos maiores teores de Ca e K no material foliar (Figura 18).

Figura 19 - Análises de agrupamento dos nutrientes P, N, K, Ca e C, e da celulose da serapilheira na interação dos tratamentos com os períodos seco e chuvoso de 2020 a 2021.



Fonte: Elaborado pela autora.

Siglas maiúsculas dos tratamentos AC-Acácia, EU-Eucalipto, IP-Ipê-roxo, SB-Sobrasil, acompanhadas pelas siglas minúsculas dos períodos se-seco e ch-chuvoso, representa as interações entre os fatores.

A utilização da fração foliar para análises de taxa de decomposição justifica-se por sua capacidade de refletir rapidamente a qualidade do material depositado, por ser mais facilmente decomposta pela microbiota e induzir mudanças nos atributos do solo em curto prazo (Cunha Neto *et al.*, 2013; Freitas *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2020; Pimentel *et al.*, 2021; Pinto *et al.*, 2016). Esses resultados destacam a complexidade das interações entre espécies florestais, condições climáticas e processos biogeoquímicos na dinâmica da serapilheira e na ciclagem de nutrientes.

5.5.2 Vegetação espontânea

A matéria seca da vegetação espontânea não apresentou diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos (Tabela 10). Essa característica pode ser atribuída à influência das espécies florestais adjacentes (Figura 3). Embora essa vegetação contribua pouco para o aporte total de matéria orgânica, em ambientes sem competição com espécies de maior

porte - como observado nas áreas em pousio -, ela desempenha um papel relevante na regeneração do solo (Dick *et al.*, 2019; Tormena *et al.*, 2023).

Tabela 10 – Matéria seca da vegetação espontânea nos tratamentos

Tratamentos	AC	EU	IP	SB	PO	Teste F
Média (g kg ⁻¹)	26,56	11,27	9,50	17,04	33,80	2,61
Erro médio	7,511	4,25	4,60	3,673	6,63	

Fonte: Elaborado pela autora.

AC-Acácia, EU-Eucalipto, IP-Ipê-roxo, SB-Sobrasil, PO-Pousio.

A análise de componentes principais (PCA) dos elementos químicos da vegetação espontânea explicou 90,83% da variância, tendo sido excluídos Mg e lignina por não apresentarem correlações significativas (Figura 20). Os resultados revelaram uma forte relação direta entre C e celulose, com o sobrasil (PO) apresentando os maiores valores desta associação.

Em contraste, os tratamentos com eucalipto (EU) e ipê (IP) destacaram-se pelas maiores concentrações de N e P - nutrientes que também foram encontrados em quantidades elevadas no horizonte A1 (Tabela 10 e Figura 14-A, respectivamente). Esses achados sugerem que a perda desses elementos não ocorre apenas por lixiviação em profundidade, mas também através de processos de disponibilização ativa (Dick *et al.*, 2019; Tormena *et al.*, 2023).

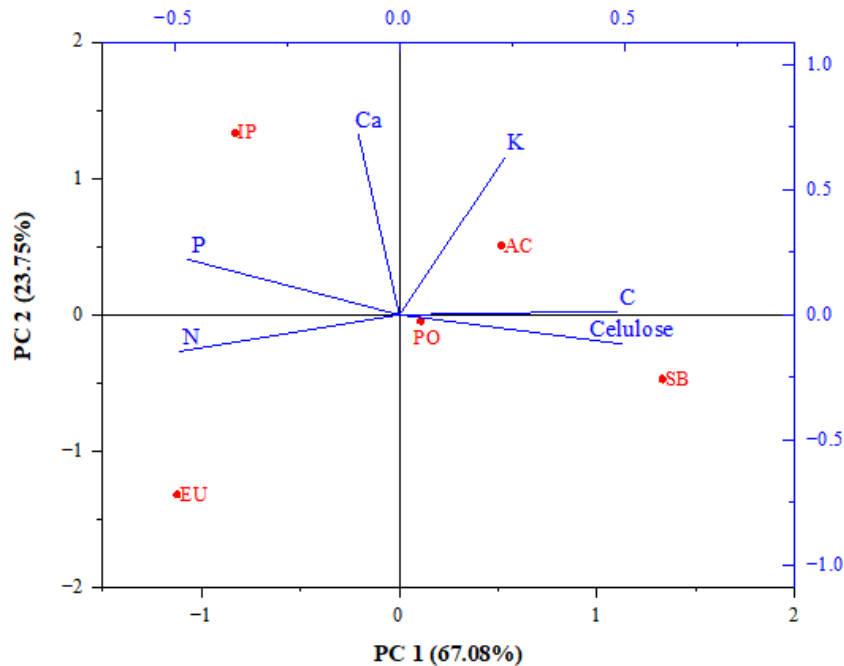
Corroborando esses resultados, Farias *et al.* (2016) constataram que o estoque de nutrientes na biomassa aérea frequentemente supera aquele presente no perfil do solo, conferindo à vegetação espontânea múltiplas funções ecológicas: desde a proteção contra processos erosivos até a regulação microclimática (umidade e temperatura), além de servir como substrato para organismos edáficos e fonte gradual de nutrientes.

A análise de agrupamentos identificou dois grupos distintos, sendo o mais representativo formado por eucalipto (EU) e ipê (IP) (Figura 21). Essa similaridade, conforme evidenciado pelo PCA (Figura 20), decorre das concentrações mais elevadas de N, P e Ca nestes tratamentos - onde se observou predominância de melão-de-são-caetano (*Cucumis melo*) e capim-mombaça (*Panicum maximum*), particularmente nas parcelas com ipê (Apêndice F).

Comparando-se a celulose presente na serapilheira das espécies estudadas com a da vegetação espontânea, constatou-se que ambos os materiais apresentam decomposição lenta, reforçando o papel principal da celulose como componente estrutural recalcitrante (Dick *et al.*, 2019; Tormena *et al.*, 2023). Esses resultados destacam a complexa dinâmica de decomposição

em sistemas agroflorestais, onde diferentes compartimentos vegetais (cultivados e espontâneos) interagem de forma distinta nos processos de ciclagem de nutrientes.

Figura 20 - Análises de Componentes Principais (PCA) dos macronutrientes P, K, N, Ca e C, e da celulose da vegetação espontânea nas parcelas dos tratamentos.

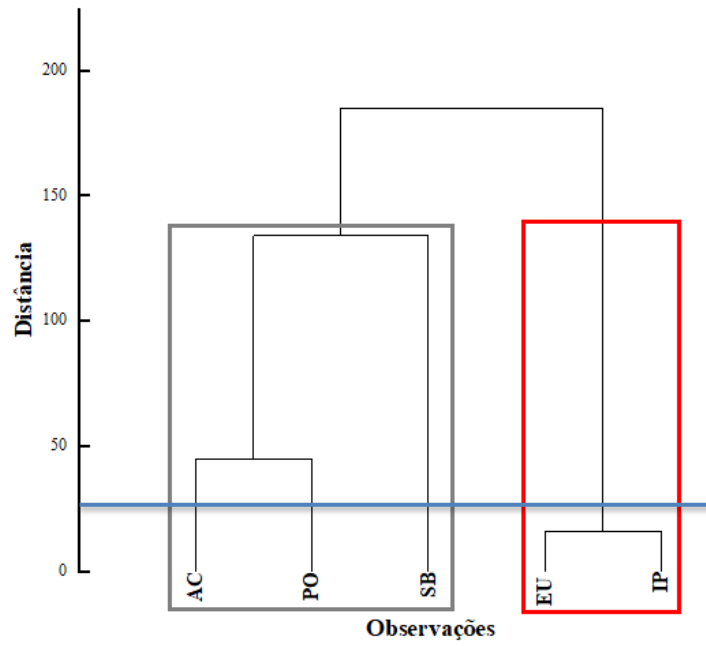


Fonte: Elaborado pela autora.

AC-Acácia, EU-Eucalipto, IP-Ipê-roxo, SB-Sobrasil, PO-Pousio.

Apesar das condições naturalmente limitantes impostas pela textura arenosa e pela baixa reserva de nutrientes, e embora os dados da vegetação espontânea tenham deixado o sobrasil e ipê em grupos distintos (análise de agrupamentos – Figura 21), os tratamentos com espécies nativas (SB e IP) demonstraram maior capacidade em manter teores relativamente mais elevados de bases trocáveis, sugerindo um possível efeito positivo na ciclagem biogeoquímica. Esse aspecto é particularmente relevante para estratégias de manejo sustentável nesses ambientes, nos quais a seleção de espécies vegetais adequadas pode atuar como um fator mitigador das limitações impostas pelas características intrínsecas desses solos. Adicionalmente, a sazonalidade climática – especialmente a intensidade pluviométrica no período de coleta – pode ter influenciado significativamente alguns parâmetros avaliados, como a acidez potencial e a lixiviação de bases, reforçando a necessidade de estudos de monitoramento contínuo que considerem a variação temporal nos processos pedogeoquímicos.

Figura 21 - Análises de agrupamento dos macronutrientes P, K, N, Ca e C, e da celulose da vegetação espontânea nas parcelas dos tratamentos.



Fonte: Elaborado pela autora.

AC-Acácia, EU-Eucalipto, IP-Ipê-roxo, SB-Sobrasil, PO-Pousio.

6 CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que a matéria orgânica do solo (MOS), adicionada pelos diferentes tratamentos florestais ao longo de 11 anos, exerceu influência diferenciada nos atributos edáficos, embora não tenha sido suficiente para alterar a classificação dos horizontes diagnósticos, que permaneceram caracterizados como A moderado em todos os tratamentos, incluindo as áreas de pousio. Esta constatação revela que, no período estudado, nem os plantios florestais (sejam com espécies exóticas ou nativas) e nem o sistema de pousio promoveram modificações pedogenéticas profundas capazes de transformar o tipo dos horizontes superficiais.

A análise integrada dos dados evidenciou que a MOS atuou como fator modificador significativo em diversas propriedades do solo, com destaque para: (i) os atributos morfológicos, particularmente na cor e agregação estrutural; (ii) as características físicas, como densidade e porosidade; (iii) os parâmetros químicos, incluindo a disponibilidade de nutrientes e acidez; e (iv) a atividade biológica, mensurada através da respiração basal. Dentre todos os tratamentos avaliados, o ipê-roxo (espécie nativa) emergiu como o sistema mais eficiente na promoção de melhorias na qualidade do solo, especialmente no que tange à fertilidade química e à atividade microbiológica.

As espécies nativas (ipê-roxo e sobrasil) demonstraram capacidade superior em modular as propriedades químicas do solo, resultando em condições edáficas mais favoráveis quando comparadas às espécies exóticas. Esse padrão se manifestou através de maiores teores de bases trocáveis, menor acidez e relações C/N mais equilibradas, fatores que em conjunto sugerem um sistema de ciclagem biogeoquímica mais eficiente sob essas coberturas vegetais.

A análise vertical revelou que a influência da MOS foi particularmente marcante na diferenciação entre os horizontes superficiais A1 e EA, com gradientes evidentes nos teores de carbono orgânico, nitrogênio e fósforo. Essa estratificação reflete os processos diferenciais de acúmulo e decomposição da matéria orgânica ao longo do perfil do solo.

Quanto à dinâmica de deposição de resíduos vegetais, observou-se que: (i) as folhas não apresentaram variação significativa entre tratamentos; (ii) galhos, estruturas reprodutivas e matéria seca total mostraram padrões diferenciados; e (iii) a sazonalidade exerceu papel relevante, com o ipê-roxo e sobrasil apresentando menor aporte de material orgânico no período chuvoso, especialmente no componente foliar, quando comparados ao eucalipto.

A qualidade diferenciada da serapilheira produzida pelo ipê-roxo mostrou-se particularmente relevante para estimular a atividade microbológica, com o regime hídrico atuando como fator modulador crucial nos processos de mineralização, especialmente durante o período seco, quando se verifica maior acumulação de material na superfície do solo.

Em síntese, os resultados comprovam que, embora os sistemas florestais estudados tenham promovido alterações significativas em diversos atributos do solo ao longo de onze anos, essas modificações não foram suficientemente profundas para transformar a natureza dos horizontes diagnósticos superficiais. Esta constatação ressalta a necessidade de períodos mais prolongados de monitoramento para avaliar a evolução pedogenética sob diferentes coberturas vegetais, particularmente em solos arenosos dos Tabuleiros Costeiros, onde os processos de formação do solo ocorrem em escalas temporais dilatadas.

REFERÊNCIAS

- ALEF, K. Soil Respiration. In: ALEF, K.; NANNPIERI, P. (Ed.) **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. 1995. San Diego: Academic Press Inc., p.214-219.
- AMARO FILHO, Joaquim; ASSIS JÚNIOR, R. N.; MOTA, J.C.A. **Física do solo: conceitos e aplicações**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2008.
- AVALOS, José Manuel Mirás *et al.* Crop Residue Effects on Calcium, Magnesium, Potassium, and Sodium Runoff Losses from a Soil Prone to Crusting. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, [s. l.], v. 43, n. 1–2, p. 315–323, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00103624.2011.638602>. Acesso em: 11 nov. 2023.
- BACHEGA, Luciana Ruggiero *et al.* Decomposition of *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* leaves and fine roots in tropical conditions did not meet the Home Field Advantage hypothesis. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 359, p. 33–43, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.09.026>. Acesso em: 17 out. 2022.
- BALIEIRO, Fabiano de Carvalho; TONINI, Hélio; LIMA, Ricardo Arcanjo de. **Produção científica brasileira (2007-2016) sobre *Acacia mangium* Willd.: estado da arte e reflexões**. v. 35ed. Brasília: Cadernos de Ciência & Tecnologia, 2018. v. 35 Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/183360/1/2018-034.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2023.
- BERTOLANI, F. C.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial da taxa de infiltração de água e da espessura do horizonte A, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v. 25, n. 4, p. 987–995, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000400021>. Acesso em: 3 dez. 2023.
- BEZERRA, C. E. E. *et al.* Genesis of cohesive soil horizons from north-east Brazil: role of argilluviation and sorting of sand. **Soil Research**, [s. l.], v. 53, n. 1, p. 43, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/SR13188>. Acesso em: 4 jan. 2024.
- BONNER, Mark T. L. *et al.* Tropical Rainforest Restoration Plantations are Slow to Restore the Soil Biological and Organic Carbon Characteristics of Old Growth Rainforest. **Microbial Ecology**, [s. l.], v. 79, n. 2, p. 432–442, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00248-019-01414-7>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- BORMA, Laura; GITIRANA, Gilson; LUIZ, Gislaine. Interação solo-planta-atmosfera e o papel dos solos não saturados. In book: Solos Não Saturados no Contexto Geotécnico (p.327-365). Edition: 1st. Chapter: 13. Publisher: **Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350158907_Interacao_solo-planta-atmosfera_e_o_papel_dos_solos_nao_saturados. Acesso em: 20 mar. 2023.
- BOX, G.E.P; COX, D.R. **An Analysis of Transformations** *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*. [S. l.: s. n.], 1964. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2984418>. Acesso em: 26 maio 2022.

BRADY, Nyle C; WEIL, Ray R. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**. 3. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2013. Disponível: <https://ifsp.pergamum.com.br/acervo/23824>. Acesso em: 24 fev. 2023.

BRANDONI, Carolina Braga; SANTOS, Danielle Gonçalves. Transformações do Carbono no solo. *In*: ELKE, Jurandy B.; ANDREOTE, Fernando D. (org.). **Microbiologia do solo**. 2. ed. Piracicaba: Esalq, 2016. p. 91–98. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311583797_Transformacoes_do_carbono_no_solo. Acesso em: 24 fev. 2023.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**: coleção Espécies Arbóreas Brasileiras. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. v. 1 Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/publicacoes/especies-arboreas-brasileiras>. Acesso em: 17 mar. 2022.

CASTELLANOS-BARLIZA, Jeiner; LEON PELAEZ, Juan Diego. Decomposição de hojarasca e liberação de nutrientes em plantações de *Acacia mangium* (Mimosaceae) estabelecidas em solos degradados da Colômbia. **Revista de Biologia Tropical**, [s. l.], v. 59, n. 1, p. 113–128, 2011. Disponível em: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000100009&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 17 mar. 2022.

CHARUSIRI, Witchakorn; NUMCHAROENPINIJ, Nisatorn. Characterization of the optimal catalytic pyrolysis conditions for bio-oil production from brown salwood (*Acacia mangium* Willd) residues. **Biomass and Bioenergy**, [s. l.], v. 106, p. 127–136, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.08.030>. Acesso em: 11 fev. 2023.

CHITI, T. *et al.* Soil organic carbon changes following degradation and conversion to cypress and tea plantations in a tropical mountain forest in Kenya. **Plant and Soil**, [s. l.], v. 422, n. 1–2, p. 527–539, 2018. Disponível em: <http://dx-doi.ez11.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11104-017-3489-1>. Acesso em: 16 mar. 2023.

CLIMATE-DATA.ORG. **Dados climáticos para cidades mundiais**. 2022. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/ceara/acarau-44118/>. Acesso em: 8 mar. 2022.

CNCFLORA. **Colubrina glandulosa in Lista Vermelha da flora brasileira, versão 2012.2**. 2012a. Disponível em: http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Colubrina_glandulosa. Acesso em: 15 mar. 2023.

CNCFLORA. **Handroanthus impetiginosus in Lista Vermelha da flora brasileira, versão 2012.2**. 2012b. Disponível em: <http://www.cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Handroanthus%20impetiginosus>. Acesso em: 15 mar. 2023.

CORRÊA, Marcelo Metri *et al.* Formas de ferro, silício e, ou, alumínio na gênese de fragipãs e horizontes coesos dos tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v. 39, n. 4, p. 940–949, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20140679>. Acesso em: 3 jan. 2024.

CUNHA NETO, Felipe Vieira *et al.* Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, [s. l.], v. 23, p. 379–387, 2013. Disponível em:

<https://core.ac.uk/download/pdf/231132144.pdf#:~:text=Ac%C3%BAmulo%20e%20decomp osi%C3%A7%C3%A3o%20da%20serapilheira%20em%20quatro%20forma%C3%A7%C3%B5es,fazenda%20Cachoeir%C3%A3o%2C%20no%20munic%C3%ADpio%20de%20Al%C3%A9m%20Para%C3%ADba%2C%20MG>. Acesso em: 19 maio 2022.

DICK, Deborah Pinheiro *et al.* Química da matéria orgânica do solo. *In*: MELO, Vander de Freitas; ALLEONI, Luis Reynaldo Ferracciu (org.). **Química e mineralogia do solo: conceitos básicos e aplicações**. 22. ed. Viçosa, MG: SBCS, 2019. p. 698–751.

DILOKSUMPUN, Sapit *et al.* Variation in the Antibacterial and Antioxidant Activities of Essential Oils of Five New *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake Clones in Thailand. **Molecules**, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 680, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/3/680>. Acesso em: 11 mar. 2023.

DIONISIO, J. A. *et al.* **Guia prático de biologia do solo**. Curitiba: SBCS: NEPAR, 2016.

DORTZBACH, Denilson *et al.* Horizontes diagnósticos superficiais de Cambissolos e uso de $\delta^{13}\text{C}$ como atributo complementar na classificação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s. l.], v. 51, n. 9, p. 1339–1348, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900033>. Acesso em: 3 dez. 2023.

EPRON, Daniel *et al.* Uptake of soil mineral nitrogen by *Acacia mangium* and *Eucalyptus urophylla* \times *grandis*: No difference in N form preference. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, [s. l.], v. 179, n. 6, p. 726–732, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jpln.201600284>. Acesso em: 11 fev. 2023.

FARIAS, Josenilton *et al.* Survival and growth of native *Tachigali vulgaris* and exotic *Eucalyptus urophylla* \times *Eucalyptus grandis* trees in degraded soils with biochar amendment in southern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 368, p. 173–182, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jpln.201600284>. Acesso em: 11 maio 2023.

FREITAS, Eliane Cristina Sampaio *et al.* Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. **Revista Árvore**, [s. l.], v. 37, p. 409–417, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/BQnPxTSvdB75ptY6xwhmLYP/?format=pdf>. Acesso em: 19 mar. 2022.

FUNCEME. **Postos Pluviométricos**. 2022. Disponível em: http://www.funceme.br/?page_id=2694. Acesso em: 21 fev. 2022.

GALERIANI, Tatiani Mayara; COSMO, Bruno Marcos Nunes; BENETON, AdrianaMiguela Gouveia. Preparo de amostras de tecido vegetal. **Revista Agronomia Brasileira**, [s. l.], v. 4, n. 1, 2020. Disponível em: [http://www.fcav.unesp.br/rabe-ISSN 2594-6781](http://www.fcav.unesp.br/rabe-ISSN%202594-6781). Acesso em: 19 mar. 2022.

GARCIA, Kaio Gráculo Vieira *et al.* Attenuation of *Manganese*-Induced Toxicity in *Leucaena leucocephala* Colonized by Arbuscular Mycorrhizae. **Water, Air, & Soil Pollution**, [s. l.], v. 231, n. 1, p. 22, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-019-4381-9>. Acesso em: 11 ago. 2023.

GAUTHIER, Anthony *et al.* Dynamics of the water extractable organic carbon pool during mineralisation in soils from a Douglas fir plantation and an oak-beech forest—an incubation experiment. **Plant and Soil**, [s. l.], v. 330, n. 1–2, p. 465–479, 2010. Disponível em: <http://dx-doi.ez11.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11104-009-0220-x>. Acesso em: 16 mar. 2023.

GIAROLA, Neyde Fabíola Balarezo *et al.* Mineralogia e cristalografia da fração argila de horizontes coesos de solos nos tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 33–40, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000100004>. Acesso em: 4 dez. 2023.

GLASER, Bruno; BIRK, Jago Jonathan. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Índio). **Geochimica et Cosmochimica Acta**, [s. l.], v. 82, p. 39–51, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gca.2010.11.029>. Acesso em: 11 jun. 2023.

GRIFFIN, A Rod *et al.* Sustaining the future of Acacia plantation forestry – a synopsis. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, [s. l.], n. 1, p. 37–41, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/274265388_Sustaining_the_future_of_Acacia_plantation_forestry_-_a_synopsis_INTRODUCTION. Acesso em: 15 mar. 2023.

GUARDA, Vitor Del', Alamo; CAMPOS, José Leonardo Motta. **Documentos 7 Bases ecofisiológicas da assimilação de carbono e suas implicações na produção de forragem**. 1. ed. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2014. ISSN 2318-1400. Disponível em: www.embrapa.br/pesca-e-aquicultura.

IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2015. ISSN 0103-9598. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?id=295017&view=detalhes>. Acesso em: 19 mar. 2022.

IPECE. **IPECEDATA, Sistema de Informações Geossocioeconômicas do Ceará**. [S. l.], 2023. Disponível em: <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-municipal.xhtml>. Acesso em: 1 maio 2023.

IQBAL, J. *et al.* Allelopathic effects of rose wood, guava, eucalyptus, sacred fig and jaman leaf litter on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) in a wheat-based agroforestry system. **Planta Daninha**, [s. l.], v. 35, n. 0, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582017350100060>. Acesso em: 16 mar. 2023.

JÍLKOVÁ, Veronika *et al.* Soil organic carbon content decreases in both surface and subsoil mineral horizons by simulated future increases in labile carbon inputs in a temperate Coniferous Forest. **Ecosystems**, [s. l.], v. 24, n. 8, p. 2028–2041, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10021-021-00632-w>. Acesso em: 11 out. 2023.

JIN, Yan *et al.* Development and Validation of an Analytical Method Readily Applicable for Quality Control of *Tabebuia impetiginosa* (Taheebo) Ethanolic Extract. **Journal of AOAC International**, [s. l.], v. 101, n. 3, p. 695–700, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5740/jaoacint.17-0228>. Acesso em: 11 dez. 2023.

KAMPF, Nestor; CURI, Nilton; MARQUES, João José. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo. *In*: MELO, Vander Freitas; ALLEONI, Luís Reinaldo Ferracciú (org.). **Química e mineralogia do Solo**. Conceitos básicos e Aplicações. 22. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2019. p. 333–380.

KER, J.C.; *et al.* (org.). **Pedologia: fundamentos**. Viçosa, MG: SBCS, 2012.

LACLAU, Jean-Paul *et al.* Mixing Eucalyptus and Acacia trees leads to fine root overyielding and vertical segregation between species. **O ecologia**, [s. l.], v. 172, n. 3, p. 903–913, 2013. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-012-2526-2>. Acesso em: 11 dez. 2023.

LEPSCH, Igo F. **19 Lições de pedologia**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2021.

LEPSCH, Igo Fernando; SILVA, Nelson Machado da; ESPIRONELLO, Ademar. Relação entre matéria orgânica e textura de solos sob cultivo de algodão e cana-de-açúcar, no estado de São Paulo. **Bragantia**, [s. l.], v. 41, n. 1, p. 231–236, 1982. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87051982000100027>. Acesso em: 5 jan. 2023.

LI, Shuaifeng *et al.* Changes in Biomass Carbon and Soil Organic Carbon Stocks following the Conversion from a Secondary Coniferous Forest to a Pine Plantation. **PLOS ONE**, [s. l.], v. 10, n. 9, p. e0135946, 2015. Disponível em: <http://dx-doi.ez11.periodicos.capes.gov.br/10.1371/journal.pone.0135946>. Acesso em: 16 mar. 2023.

LIMA, H. V. *et al.* Identificação e caracterização de solos coesos no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v. 28, n. 3, p. 467–476, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000300008>. Acesso em: 4 jan. 2024.

LOPES, Gerson. **Acacia mangium Willd. Acácia-australiana**. 2012. Disponível em: <https://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/acacia-australiana/>. Acesso em: 8 mar. 2022.

LOPES, Yana Souza *et al.* Dormancy Breaking and the Influence of Temperature, Substrate and Light on Germination of Colubrina glandulous Seeds. **Floresta e Ambiente**, [s. l.], v. 28, n. 1, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8087-FLORAM-2020-0049>. Acesso em: 11 jun. 2023.

MARQUES, Edilaine da Silva *et al.* Gas exchange in maize as a function of aeration porosity in a cohesive soil. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE. v. 52, n. 2, e20196823, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20210035>. Acesso em: 4 jan. 2024.

MMA. **Ceará: inventário florestal nacional**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2016. Disponível em: https://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/46/2016/12/ifn_ce_2016_final.pdf. Acesso em: 14 mar. 2022.

MORAES, Michelly. **Acácia mangium**: Entenda o que é e para que serve! [S. l.], 2022. Disponível em: <https://agropos.com.br/acacia-mangium/>. Acesso em: 2 jan. 2023.

NUNES, Fábio *et al.* **Grupo Barreiras**: Características, Gênese e Evidências de Neotectonismo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. ISSN 1678-0892. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes>. Acesso em: 4 jan. 2024.

OLIVEIRA, Ariane Miranda de *et al.* Decomposição da serapilheira foliar em plantios de bambu, nim indiano e eucalipto. **Ciência Florestal**, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 845–855, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509838190>. Acesso em: 11 maio 2023.

OLIVEIRA, Ruthanna Isabelle de *et al.* Fósforo orgânico em horizontes diagnósticos superficiais de diferentes classes de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v. 38, n. 5, p. 1411–1420, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000500006>. Acesso em: 11 set. 2023.

OLIVEIRA, João B. **Pedologia aplicada**. 4. ed. Piracicaba: FEALQ, 2011.

PAULA, Ranieri Ribeiro *et al.* Evidence of short-term belowground transfer of nitrogen from *Acacia mangium* to *Eucalyptus grandis* trees in a tropical planted forest. **Soil Biology and Biochemistry**, [s. l.], v. 91, p. 99–108, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.08.017>. Acesso em: 11 mar. 2024.

PEGORARO, Rodinei Facco *et al.* Estoques de carbono e nitrogênio em argissolo submetido ao monocultivo de *Eucalyptus urograndis* e em rotação com *Acacia mangium*. **Ciência Florestal**, [s. l.], v. 24, 2014. Disponível em: <https://go-gale.ez11.periodicos.capes.gov.br/ps/i.do?p=AONE&u=capes&id=GALE%7CA400290890&v=2.1&it=r>. Acesso em: 17 mar. 2022.

PIMENTEL, Cleise Rebelo *et al.* Produção, acúmulo e decomposição de serapilheira em três sistemas agroflorestais no Oeste do Pará. **Advances in Forestry Science**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 1291–1300, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34062/afs.v8i1.10523>. Acesso em: 11 maio 2023.

PINTO, Heloísa Cintra Alves *et al.* Decomposição foliar da serapilheira nativa e plantio de floresta de *Pterogyne nitens* e *Eucalyptus urophylla* no sudoeste da Bahia. **Ciência Florestal**, [s. l.], v. 26, n. 4, p. 1141–1153, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509825105>. Acesso em: 21 mar. 2022.

PUPIN, Silvelise *et al.* Parâmetros genéticos para caracteres de crescimento, espessura de casca e densidade básica da madeira em progênies de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**, [s. l.], v. 45, n. 115, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n115.04>. Acesso em: 11 abr. 2023.

RAIJ, B. Van *et al.* **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001.

RYAN, Rachael Y. M. *et al.* The medicinal plant *Tabebuia impetiginous* potently reduces pro-inflammatory cytokine responses in primary human lymphocytes. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 5519, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-908820230000006>. Acesso em: 11 maio 2023.

SANTOS, Raphael D. dos *et al.* **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 7. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

SANTOS, H. G. dos *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em:

<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>. Acesso em: 19 mar. 2022.

SANTOS, Felipe Martini *et al.* Understanding the enhanced litter decomposition of mixed-species plantations of *Eucalyptus* and *Acacia mangium*. **Plant and Soil**, [s. l.], v. 423, n. 1–2, p. 141–155, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-017-3491-7>. Acesso em: 11 fev. 2023.

SCHAETZLL, R.; ANDERSON, S. **Soils Genesis and Geomorphology**. New York: Cambridge University Press, 2005.

SILVA, Cillas Pollicarto da *et al.* Cohesive character in Alfisols, Ultisol and Oxisols in northeast of Brazil: Relationship with tensile strength and particle size. **Geoderma Regional**, [s. l.], v. 23, p. e00341, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2020.e00341>. Acesso em: 4 jan. 2024.

SILVA, F. C. da (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. [S. l.]: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SILVA JUNIOR, Orzenil Bonfim *et al.* Genome assembly of the Pink Ipê (*Handroanthus impetiginosus*, Bignoniaceae), a highly valued, ecologically keystone Neotropical timber forest tree. **GigaScience**, [s. l.], v. 7, n. 1, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/gigascience/gix125>. Acesso em: 11 dez. 2023.

SILVA, Dirceu Jorge; QUEIROZ, Augusto César de. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n5p2089>. Acesso em: 20 fev. 2023.

SOUSA, Adervan Fernandes *et al.* Changes in the Mineralisation of Nutrients and Sunflower Biomass in Soil Irrigated with Water from Oil Exploration in a Semi-Arid Environment. **International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 2156–2162, 2017. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.22161/ijeab/2.4.76>. Acesso em: 11 out. 2023.

TAIZ, Lincoln *et al.* **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEIXEIRA, Paulo César *et al.* **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br>.

TORDIN, Cristina. **Espécie de eucalipto urophylla tem maior plasticidade e produtividade**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/66939049/especie-de-eucalipto-urophylla-tem-maior-plasticidade-e-produtividade>. Acesso em: 18 mar. 2022.

TORMENA, Cassio Antônio *et al.* Relações da matéria orgânica com atributos físicos de solos de regiões subtropicais e tropicais brasileiras. In: BETTIOL, Wagner *et al.* (org.). **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Meio Ambiente, 2023. p. 85–124. Disponível em:

370069436_Relacoes_da_materia_organica_com_atributos_fisicos_de_solos_de_regioes_sub_tropicais_e_tropicais_brasileiras. Acesso em: 3 fev. 2023.

USDA. **Keys to soil taxonomy**. 12. ed. Washington, DC: United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service., 2014. Disponível em: <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/survey/class/taxonomy/>. Acesso em: 17 mar. 2022.

VIEIRA, Estela Rosana Durães *et al.* Deficiência de macronutrientes em mudas de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake (Myrtaceae) afetam a alimentação e o desenvolvimento de *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae). **Bioscience Journal**, [s. l.], v. 34, p. 42–48, 2018. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/34484/21448>. Acesso em: 22 mar. 2022.

WANG, Liuliu *et al.* Biomimetic soy protein-based exterior-use films with excellent UV-blocking performance from catechol derivative *Acacia mangium* tannin. **Journal of Applied Polymer Science**, [s. l.], v. 138, n. 15, p. 50185, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/app.50185>. Acesso em: 25 mar. 2022.

WEBER, Olmar Baller *et al.* Biological and chemical attributes of soils under forest species in Northeast Brazil. **Journal of Forestry Research**, [s. l.], v. 31, n. 5, p. 1959–1973, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11676-019-00982-1>. Acesso em: 4 jan. 2024.

YANG, Jun *et al.* Megaspore Chromosome Doubling in *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake Induced by Colchicine Treatment to Produce Triploids. **Forests**, [s. l.], v. 9, n. 11, p. 728, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/9/11/728>. Acesso em: 11 nov. 2023.

APÊNDICE A - INFORMAÇÕES DAS MINITRICHEIRAS NAS PARCELAS DO TRATAMENTO COM ACÁCIA

PERFIL		ACACIA 1			ACACIA 2			ACACIA 3			ACACIA 4		
Horizonte		A1	A2	EA	A1	A2	EA	A1	A2	EA	A1	A2	EA
Profundidade (cm)		0 - 7,5	7,5 - 20	20 - 37	0 - 9,5	9,5 - 20	20 - 38	0 - 8	8 - 21	21 - 37+	0 - 10	10 - 24	24 - 40
Transição		Plana e Gradual	Plana e Gradual	Plana e Gradual	Plana e Clara	Plana e Clara	Plana e Gradual	Plana e Gradual	Plana e Gradual	Plana e Gradual	Plana e Clara	Plana e Abrupta	Plana e Gradual
Estrutura	Forma	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares
	Tamanho	Pequeno	Pequeno e Médio	Pequeno e Médio	Pequeno	Pequeno	Pequeno	Pequeno a Grande	Pequeno e Médio	Pequeno e Médio	Pequeno	Pequeno e Médio	Pequeno
	Grau	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Cor	Seco	10YR 5/1	7,5YR 6/2	7,5YR 6/2	7,5YR 5/1	10YR 5/2	10YR 5/2	2,5Y 6/2	2,5Y 6/2	7,5YR 6/3	7,5YR 6/2	2,5Y 5/1	10YR 6/2
	Úmido	2,5Y 3/1	7,5YR 4/2	7,5YR 4/2	7,5YR 2,5/1	10YR 3/2	10YR 3/2	10YR 4/3	2,5Y 3/2	10YR 4/3	7,5YR 3/2	10YR 3/2	10YR 4/2
Consistência	Seco	macia	macia a ligeiramente dura	macia	macia	macia	macia	macia	macia	macia	macia	macia	macia
	Úmido	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável
Consistência Molhada	Plástico	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não
	Pegajoso	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não
Textura		areia	areia	areia	areia	areia	areia	areia	areia	areia	areia	areia	areia
Observações		Dificuldade de encontrar torrão			Dificuldade de encontrar torrão						Dificuldade de encontrar torrão		
Coordenadas	X (W)	381357			381366			381316			381305		
	Y (S)	9657105			9657100			9657080			9657070		
	Altitude (m)	24			24			24			24		

Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE B - INFORMAÇÕES DAS MINITRICHEIRAS NAS PARCELAS DO TRATAMENTO COM EUCALIPTO.

PERFIL		EUCALIPTO 1			EUCALIPTO 2			EUCALIPTO 3			EUCALIPTO 4		
Horizonte		A1	A2	EA	A1	A2	EA	A1	A2	EA	A1	A2	EA
Profundidade (cm)		SERRAPILHEIRA 0 - 11	11 - 19	19 - 33	0 - 11	11 - 19 (16 - 21)	19 - 29	0 - 10	10 - 20	20 - 37	0 - 9	9 - 22	22 - 40
Transição		Plana e Clara	Plana e Gradual	Plana e Gradual	Plana e Gradual	Plana e Clara	Plana e Gradual	Plana e Gradual	Plana e Clara	Plana e Gradual	Plana e Gradual	Plana e Clara	Plana e Clara
Estrutura	Forma	Granular / blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	Granular	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares
	Tamanho	Pequeno / Pequeno e Médio	Pequeno e Médio	Pequeno e Médio	Pequeno e Médio	Pequeno e Médio	Pequeno e Médio	Pequeno a Médio	Pequeno	Pequeno e Médio	Pequeno a Médio	Pequeno a Médio	Pequeno a Médio
	Grau	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Cor	Seco	2,5Y 6/2	10YR 6/2	7,5YR 6/2	7,5YR 5/2	10YR 5/2	10YR 6/2	2,5Y 6/2	10YR 6/2	7,5YR 6/2	10YR 6/1	10YR 6/1	2,5YR 6/3
	Úmido	2,5Y 4/2	10YR 3/2	7,5YR 4/2	7,5YR 3/1	10YR 3/2	10YR 4/2	2,5Y 3/2	10YR 3/2	7,5YR 4/2	10YR 4/1	10YR 4/1	2,5Y 4/2
Consistência	Seco	macia	Ligeiramente dura	macia	macia	macia	macia	macia a lig. Dura	macia	macia	macia	macia	macia
	Úmido	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável
Consistência	Plástico	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não
Molhado	Pegajoso	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não
Textura		areia	areia	areia	areia	areia	areia	areia	areia	areia	areia	areia	areia
Observações		Dificuldade de infiltração de água e encontrar torrão			Dificuldade de encontrar torrão			Dificuldade de infiltração de água e encontrar torrão			Dificuldade de infiltração de água e encontrar torrão		
Coordenadas	X (W)	381313			381326			381397			381409		
	Y (S)	9657144			9657137			9657167			9657171		
	Altitude (m)	24			24			24			24		

Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE C - INFORMAÇÕES DAS MINITRICHEIRAS NAS PARCELAS DO TRATAMENTO COM IPÊ-ROXO.

PERFIL		IPÊ 1			IPÊ 2				IPÊ 3			IPÊ 4		
Horizonte		A1	A2	EA	A1	A2	A3 ou EA	EA	A1	A2	EA	A1	A2	EA
Profundidade (cm)		0 - 11,5	11,5 - 24	24 - 37	0 - 3	3 - 12	12 - 24	24 - 39	0 - 8	8 - 17	17 - 32	0 - 7	7 - 19	19 - 34
Transição		Plana e Gradual	Plana e Abrupta	Plana e Gradual	Plana e Abrupta	Plana e Clara	Plana e Abrupta	Plana e Gradual	Plana e Clara	Plana e Gradual	Plana e Gradual	Plana e Clara	Plana e Clara	Plana e Gradual
Estrutura	Forma	Granular / blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	Granular	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	Granular / blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	Granular / blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares
	Tamanho	Pequeno e Médio / Pequeno e Médio	Pequeno e Médio	Pequeno e Médio	Pequeno a Grande	Pequeno a Médio	Pequeno	Pequeno	Médio / Pequeno a Médio	Pequeno e Médio	Pequeno e Médio	Médio / Pequeno a Médio	Pequenos com alguns grânulos médios	Pequeno
	Grau	Fraco a Moderado	Fraco	Fraco	Fraco a Moderado	Fraco a Moderado	Fraco a Moderado	Fraco	Fraco a Moderado	Fraco a Moderado	Fraco a Moderado	Fraco	Fraco	Fraco
Cor	Seco	10YR 5/1 mosqueado 10YR 6/2	10YR 4/2	10YR 5/3	2,5Y 3/1	2,5Y 5/1	10YR 5/1 mosqueado 10YR 6/2	10YR 6/2	10YR 4/1	10YR 4/1	10YR 5,5/2	2,5Y 4/1	10YR 5/1	10YR 6/2
	Úmido	10YR 2,5/1 mosqueado 10YR 4/2	10YR 3/2	10YR 4/2	10YR 2/1	10YR 2/1	10YR 2,5/1	10YR 4/2	10YR 2/1	10YR 2/1	10YR 4/2	2,5Y 3/1	10YR 3/1	10YR 4/2
Consistência	Seco	ligeiramente dura	macia	macia a ligeiramente dura	ligeiramente dura	ligeiramente dura	macia a ligeiramente dura	macia a ligeiramente dura	ligeiramente dura	ligeiramente dura a dura	macia a ligeiramente dura	macia a ligeiramente dura	macia	macia
	Úmido	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável
Consistência Molhada	Plástico	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não
	Pegajoso	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não
Textura		areia franca	areia	areia	areia franca	areia franca	areia	areia	areia franca	areia	areia	areia franca	areia	areia
Observações					cor +escura		reavaliar após análise granulométrica							
Coordenadas	X (W)	381329			381331				381345			381362		
	Y (S)	9657096			9657103				9657126			9657127		
	Altitude (m)	24			24				24			24		

Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE D - INFORMAÇÕES DAS MINTRICHEIRAS NAS PARCELAS DO TRATAMENTO SOBRASIL.

PERFIL		SOBRASIL 1			SOBRASIL 2			SOBRASIL 3			SOBRASIL 4		
Horizonte		A1	A2	EA	A1	A2	A3	A1	A2	EA	A1	A2	EA
Profundidade (cm)		0 - 7	7 - 16	16 - 34	0 - 7	7 - 22	22 - 39	0 - 11	11 - 21	21 - 37	0 - 9	9 - 19	19 - 34
Transição		Plana e Clara	Plana e Clara	Plana e Gradual	Plana e Abrupta	Plana e Clara	Plana e Abrupta	Plana e Clara	Plana e Clara	Plana e Gradual	Plana e Gradual	Plana e Clara	Plana e Gradual
Estrutura	Forma	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	Granular / blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	Granular / blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares
	Tamanho	Pequeno a Médio	Pequeno a Médio	Pequeno	Pequeno / Médio	Pequeno e Médio	Pequeno e Médio	Pequeno a Médio	Pequeno a Médio	Pequeno	Médio / Pequeno	Pequeno	Pequeno
	Grau	Fraco a Moderado	Fraco	Fraco	Fraco a Moderado	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Cor	Seco	7,5YR 5/1	10YR 5/2	7,5YR 4/1	10YR 6/2	10YR 5/1	10YR 6/2	7,5YR 6/1	10YR 6/1	7,5YR 6/2	7,5YR 6/1	10YR 5/2	7,5YR 5/2
	Úmido	10YR 2/1	7,5YR 3/2	10YR 2/1	10YR 4/2	10YR 3/2	10YR 4/2	7,5YR 4/1	10YR 4/1	10YR 5/2	7,5YR 4/1	10YR 3/2	7,5YR 4/2
Consistência	Seco	ligeiramente dura	macia a ligeiramente dura	macia	macia	macia	macia	macia a ligeiramente dura	macia c/ torrões de consistência dura	macia a ligeiramente dura	macia	macia	macia a ligeiramente dura
	Úmido	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável
Consistência Molhada	Plástico	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não
	Pegajoso	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não
Textura		areia franca	areia	areia	areia franca	areia	areia	areia	areia	areia franca	areia	areia	areia
Observações		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coordenadas	X (W)	381351			381366			381293			381280		
	Y (S)	9657122			9657124			9657070			9657062		
	Altitude (m)	24			24			24			24		

Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE E - INFORMAÇÕES DAS MINITRICHEIRAS NAS PARCELAS DO TRATAMENTO EM ESTADO DE POUSIO.

PERFIL		POUSIO 1			POUSIO 2			POUSIO 3			POUSIO 4		
Horizonte		A1	A2	EA	A1	A2	EA	A1	A2	EA	A1	A2	EA
Profundidade (cm)		0 - 6,5	6,5 - 18,5	18,5 - 38	0 - 9,5	9,5 - 19	19 - 37	0 - 7	7 - 17	17 - 31	0 - 5	5 - 17	17 - 36
Transição		Plana e Clara	Plana e Abrupta	Plana e Gradual	Plana e Gradual	Plana e Clara	Plana e Gradual	Plana e Clara	Plana e Gradual	Plana e Gradual	Plana e Abrupta	Plana e Clara	Plana e Gradual
Estrutura	Forma	blocos Subangulares	blocos Subangulares	Grãos simples com alguns blocos subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares	Grãos simples com alguns blocos subangulares	Granular / blocos Subangulares	blocos Subangulares	Grãos simples com alguns blocos subangulares médios	Granular / blocos Subangulares	blocos Subangulares	blocos Subangulares
	Tamanho	Pequeno	Pequeno	Pequeno	Pequeno e Médio	Pequeno e Médio	Médio	Médio / Pequeno e Médio	Pequeno e Médio	Pequeno e Médio	Médio / Pequeno e Médio	Pequeno e Médio	Pequeno e Médio
	Grau	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco a Moderado	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco	Fraco
Cor	Seco	2,5 Y 5/1	10YR 6/2	10YR 6/2	2,5Y 6/1	10YR 5/2	10YR 6/2	2,5 Y 5/1	2,5 Y 6/1	2,5 Y 6/2	10YR 5/1	2,5Y 5/2	2,5Y 6/2
	Úmido	2,5Y 2,5/1	10YR 3/2	10YR 4/2	2,5Y 3/1	10YR 3/2	10YR 4/2	2,5Y 2,5/1	2,5Y 3/1	2,5Y 4/2	10YR 3/1	2,5Y 4/1	10YR 4/3
Consistência	Seco	macia	macia	macia a ligeiramente dura	macia	macia	macia a ligeiramente dura	ligeiramente dura	ligeiramente dura	ligeiramente dura	macia a ligeiramente dura	macia a ligeiramente dura	ligeiramente dura
	Úmido	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável	Muito friável
Consistência Molhada	Plástico	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não
	Pegajoso	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não	não
Textura		areia franca	areia	areia	areia	areia	areia	areia	areia	areia	areia	areia	areia
Observações		dificuldade de infiltração de água e encontrar torrão.			dificuldade de infiltração de água e encontrar torrão.								
Coordenadas	X (W)	381415			381425			381327			381321		
	Y (S)	965713			9657110			9657121			9657116		
	Altitude (m)	24			24			24			24		

Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE F - DESCRITIVO DA VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA NA ÁREA EXPERIMENTAL (ACARAÚ-CE).

Áreas	Plantas observadas
Eucalipto 1	amendoeira de praia
Eucalipto 2	nim
Eucalipto 3	melão caetano, capim Mombaça, alface selvagem
Eucalipto 4	melão caetano, alface selvagem
Ipê 1	melão caetano, capim mombaça
Ipê 2	melão caetano, capim mombaça
Ipê 3	melão caetano, capim mombaça, cogumelo
Ipê 4	melão caetano, capim mombaça
Acácia 1	capim mombaça, trapoeraba (folha azul, foi visualizada em campo)
Acácia 2	capim mombaça, alface selvagem
Acácia 3	nim
Acácia 4	capim mombaça, trapoeraba, alface selvagem
Sobrasil 1	melão caetano, trapoeraba
Sobrasil 2	capim mombaça, melão caetano, trapoeraba
Sobrasil 3	nim
Sobrasil 4	capim mombaça
Pousio 1	capim mombaça, trapoeraba, espinheiro-preto
Pousio 2	capim mombaça, trapoeraba, espinheiro-preto
Pousio 3	capim mombaça, melão caetano
Pousio 4	capim mombaça, melão caetano, trapoeraba

Fonte: Elaborado pela autora.

APÊNDICE G - FOTOS DA VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA CARACTERIZADA NA ÁREA EXPERIMENTAL (ACARAÚ-CE).



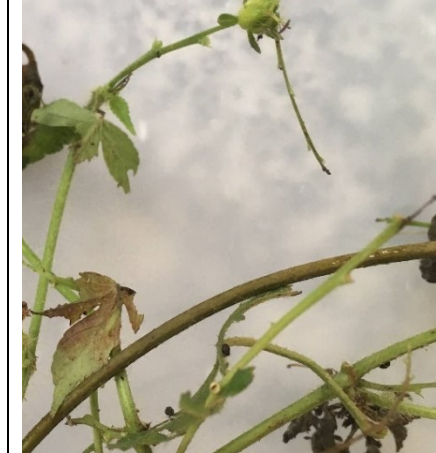
Espinheiro-preto
Acacia riparia K.S. Kunth



Melão Caetano
Momordica charantia L.



Nim
Azadirachta indica A. Juss



Alface selvagem
Lactuca serriola



Capim Mombaça
Panicum maximum



Cogumelo
Agaricus



Amendoeira de praia
Terminalia catappa L.



Trapoeraba
Commelina communis

ANEXO A- RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA OS ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DO SOLO, NOS FATORES TRATAMENTOS, HORIZONTES E NA INTERAÇÃO DE AMBOS.

Fonte de Variação	Bloco		Tratamento (Tr)		Horizonte (Hz)		Tr x Hz		CV
									%
			-----		Valor F	-----			
Espessura	0,16	ns	0,50	ns	39,95	**	1,81	ns	2,39
Transição	1,60	ns	0,72	ns	3,04	ns	1,08	ns	3,81
Estrutura: Tipo	1,84	ns	1,52	ns	9,78	**	2,54	**	2,52
Estrutura: Tamanho	3,34	ns	2,52	ns	2,84	ns	1,45	ns	4,19
Estrutura: Grau	0,85	ns	4,59	**	5,98	**	1,71	ns	1,98
Cor Seco	1,70	ns	4,92	**	0,94	ns	0,89	ns	5,81
Matiz Seco	0,17	ns	5,28	**	4,41	**	1,50	ns	2,26
Valor Seco	3,05	ns	7,83	**	4,44	**	2,33	**	1,08
Croma Seco	0,52	ns	2,27	ns	15,33	**	0,92	ns	2,92
Cor Úmido	1,97	ns	2,20	ns	0,47	ns	0,46	ns	5,43
Matiz Úmido	0,90	ns	3,07	*	0,43	ns	0,36	ns	2,1
Valor Úmido	4,85	**	2,44	ns	12,34	**	1,35	ns	1,82
Croma Úmido	0,12	ns	2,58	ns	14,32	**	0,80	ns	2,96
Consistência Seca	2,01	ns	5,03	**	0,12	ns	1,00	ns	4,25
Consistência Úmida	ns		ns		ns		ns		ns
Consistência molhada: Plasticidade	ns		ns		ns		ns		ns
Consistência molhada: Pegajosidade	ns		ns		ns		ns		ns

** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns não significativo pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborado pela autora.

ANEXO B- RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA OS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E MATÉRIA SECA DAS RAÍZES PARA OS FATORES TRATAMENTOS, HORIZONTES E NA INTERAÇÃO DE AMBOS.

Fonte de Variação	Bloco		Tratamento (Tr)		Horizonte (Hz)		Tr x Hz		CV
									%
			-----		Valor F	-----			
f	0,43	ns	1,18	ns	1,76	ns	0,89	ns	0,09
dp (g cm ⁻³)	0,75	ns	0,15	ns	1,40	ns	0,48	ns	0,64
Areia (g kg ⁻¹)	0,21	ns	3,74	*	1,16	ns	0,88	ns	0,43
Silte (g kg ⁻¹)	0,53	ns	4,15	**	0,43	ns	1,29	ns	6,50
Argila (g kg ⁻¹)	0,58	ns	2,84	ns	16,39	**	2,01	ns	2,89
Textura	0,07		3,03	*	0,18		0,60		3,43
ds (g cm ⁻³)	0,24	ns	0,64	ns	9,79	**	0,49	ns	6,62
Porosidade (%)	0,08	ns	0,37	ns	1,38	ns	0,06	ns	12,9
Matéria seca das raízes (g)	1,06	ns	1,18	ns	9,13	**	1,99	ns	9,87

** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns não significativo pelo teste de Tukey;

Fonte: Elaborado pela autora.

ANEXO C - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA OS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO PARA OS FATORES TRATAMENTOS, HORIZONTES E NA INTERAÇÃO DE AMBOS.

Fonte de Variação	Bloco		Tratamento (Tr)		Horizonte (Hz)		Tr x Hz		CV
	Valor	F	Valor	F	Valor	F	Valor	F	%
pH	1,26	ns	13,96	**	1,66	ns	1,78	ns	0,65
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,04	ns	10,88	**	3,34	*	0,67	ns	0,80
AL+H	5,34	**	9,75	**	2,46	ns	2,25	*	5,32
C (g kg ⁻¹)	11,43	**	1,30	ns	65,42	**	0,97	ns	3,71
N (g kg ⁻¹)	7,19	**	7,19	**	8,88	**	0,64	ns	9,76
P (g kg ⁻¹)	3,33	ns	2,53	ns	10,98	**	0,87	ns	5,66
K (cmol _c dm ⁻³)	1,55	ns	5,11	**	2,68	ns	0,99	ns	5,14
Na (cmol _c dm ⁻³)	0,06	ns	6,03	**	1,75	ns	0,58	ns	4,01
Ca (cmol _c dm ⁻³)	16,31	**	9,63	**	13,83	**	1,74	ns	5,15
Mg (cmol _c dm ⁻³)	3,81	ns	5,30	**	17,75	**	1,50	ns	4,22
SB (cmol _c dm ⁻³)	7,11	**	6,26	**	14,74	**	1,57	ns	4,33
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	6,20	**	5,05	**	18,47	**	1,63	ns	3,94
CTC total (cmol _c dm ⁻³)	6,42	**	6,34	**	8,01	**	1,45	ns	3,88
V%	0,12	ns	9,51	**	2,73	ns	2,19	ns	3,73
m%	2,60	ns	9,78	**	0,55	ns	0,72	ns	1,11
C/N	0,77	ns	5,90	**	1,90	ns	0,34	ns	6,61

** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns não significativo pelo teste de Tukey;

Fonte: Elaborado pela autora.

ANEXO D - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA AS VARIÁVEIS DE MATÉRIA SECA DA SERAPILHEIRA PARA OS FATORES TRATAMENTOS, PERÍODOS E NA INTERAÇÃO DE AMBOS.

Fonte de Variação	Tratamentos (Tr)		Período (Pe)		Tr x Pe		CV
	Valor	F	Valor	F	Valor	F	%
Matéria Seca dos galhos (MSg)	5,62	**	6,46	**	1,91	ns	4,38
Matéria Seca das folhas (MSf)	0,56	ns	7,66	**	7,65	**	3,18
Matéria Seca das estruturas reprodutivas (MSe)	17,35	**	3,12	ns	2,02	ns	8,92
Matéria Seca das miscelâneas (MSm)	0,73	ns	0,50	ns	0,35	ns	10,70
Matéria Seca total (MSt)	3,36	*	10,03	**	7,50	**	2,43

** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns não significativo pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaborado pela autora.