



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS HUMANAS - CAMPUS IX

**TEOR DE FÓSFORO EM FUNÇÃO DO USO DO SOLO NO
CERRADO DO OESTE DA BAHIA**

JAQUELINE OLIVEIRA SANTOS

BARREIRAS-BA
2023

JAQUELINE OLIVEIRA SANTOS

**TEOR DE FÓSFORO EM FUNÇÃO DO USO E CLASSE DE SOLO
NO CERRADO DO OESTE DA BAHIA**

Monografia apresentada ao Colegiado de Engenharia Agrônômica da Universidade do Estado da Bahia - UNEB - *Campus IX*, como requisito parcial para avaliação do Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Adilson Alves Costa.

BARREIRAS-BA
2023

UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA
Departamento de Ciências Humanas - Campus IX

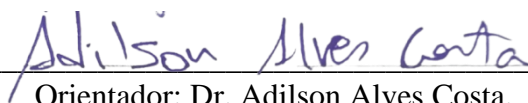
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TEOR DE FÓSFORO EM FUNÇÃO DO USO E CLASSE DE SOLO
NO CERRADO DO OESTE DA BAHIA**

AUTORA: JAQUELINE OLIVEIRA SANTOS

ORIENTADOR: Dr. ADILSON ALVES COSTA

Banca Examinadora:



Orientador: Dr. Adilson Alves Costa.

Documento assinado digitalmente
gov.br LEANDRA BRITO DE OLIVEIRA
Data: 15/12/2023 19:05:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr^a Leandra Brito de Oliveira



Dr. Jorge da Silva Júnior

Data de realização: 08/12/2023

"Dedico este trabalho a minha mãe Marlene, meu pai José e minha irmã Juciene, cujo amor incondicional e apoio constante foram pilares inabaláveis em minha jornada acadêmica, vocês são a razão pela qual me esforcei tanto para chegar até aqui, obrigado por serem a base sólida sobre a qual construí meu caminho."

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter concedido a oportunidade de realizar meu sonho.

A minha mãe Marlene que mesmo distante me guardava em suas orações, torcendo e felizes pelas minhas conquistas. Ao meu pai José, exemplo de homem trabalhador que não media esforços para me manter em outra cidade, a minha irmã Juciene pelo apoio e encorajamento e ao meu namorado Anderson pelo companheirismo e compressão durante todo o processo.

Quero agradecer ao Prof. Adilson Alves Costa, pela orientação e pelo apoio ao longo de todo o período, suas valiosas contribuições foram cruciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos e colegas Jonas, Jackson, Tauiliam, Ana Karoline, Gabriel e Tom pelo suporte durante o desenvolvimento deste trabalho. Em especial, quero expressar minha gratidão a Rafaela por todos os momentos que coincidentemente passamos juntas compartilhando desafios, frustrações e alegrias durante a jornada acadêmica, seu apoio foi essencial pra chegar até aqui.

E por fim, à Universidade do Estado da Bahia (UNEB), agradeço por proporcionar um ambiente acadêmico estimulante e por disponibilizar os recursos e suporte necessários para a realização deste trabalho.

RESUMO

Atualmente, o Bioma do Cerrado se destaca devido a sua grande importância para a exploração agropecuária, no entanto, nos últimos anos a preocupação com a alta demanda de fertilizantes, em especial o fósforo tem crescido. O objetivo deste estudo é verificar o fósforo em função do uso do solo em áreas de Cerrado no Oeste da Bahia. Foram analisadas sete áreas com usos distintos, incluindo: Área de Cerrado nativo (ACN), Sistema Plantio Direto não consolidado (SPD_{ns}), Sistema de Preparo Convencional (SPC), Áreas de pastagem (AP), Área com plantio de banana (APB), Área com Cultivo de Mandioca (ACM) e Área com Pinhão Manso (APM). As Amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, e o teor de fósforo foi determinado pelo método de Mehlich 1. Embora não tenha sido observada uma diferença significativa entre fatores isolados em relação à concentração de fósforo, houve uma interação significativa entre os usos do solo e as profundidades. Verifica-se uma maior concentração de fósforo na camada de 10-20 cm na AP, seguido pelo SPD na camada de 0-10 cm, enquanto ACN apresenta o menor teor de fósforo. No caso do SPD_{ns}, nota-se um teor de fósforo relativamente baixo, especialmente na camada superficial. Conclui-se que o uso do solo que demonstra maior teor de P é na área de pastagem e no sistema de preparo convencional.

Palavras chaves: Plantio convencional, uso do solo, *Mehlich 1*.

ABSTRACT

The Cerrado biome currently stands out due to its significant importance for agribusiness exploitation; however, in recent years, concerns about the high demand for fertilizers, especially phosphorus, have been growing. The objective of this study is to investigate phosphorus levels concerning soil usage in Cerrado areas in the West of Bahia, Brazil. Seven areas with distinct uses were analyzed, including: Native Cerrado Area (NCA), Non-Consolidated No-Tillage System (NNTS), Conventional Tillage System (CTS), Pasture Areas (PA), Banana Plantation Area (BPA), Cassava Cultivation Area (CCA), and Jatropha Plantation Area (JPA). Soil samples were collected at depths of 0-10, 10-20, and 20-30 cm, and phosphorus content was determined using the Mehlich 1 method. Although no significant difference was observed between isolated factors concerning phosphorus concentration, a significant interaction between soil uses and depths was noted. There is a higher phosphorus concentration in the 10-20 cm layer in PA, followed by NNTS in the 0-10 cm layer, while NCA presents the lowest phosphorus content. In the case of NNTS, a relatively low phosphorus content is noticed, especially in the surface layer. It is concluded that the soil use demonstrating the highest P content is in the pasture area and in the conventional tillage system.

Keywords: Conventional tillage, soil usage, Mehlich 1.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-** Localização geográfica dos municípios de Barreiras e Riachão das Neves no estado da Bahia 17
- Figura 2:**Área localizada na FEOB no município de Riachão das Neves - BA sob diferentes usos do solo - Classe Neossolo Quartzarênico: (A) Sistema Plantio Direto não consolidado; (B) Sistema Preparo Convencional; (C) Área sob Cerrado Nativo; (D) Área de Pastagem, 2023. Fonte Autor (2023)..... 21
- Figura 3:** Área localizada no Campus IX UNEB no município de Barreiras - BA sob diferentes usos do solo - Classe Cambriossolo Háplico: (E) área sob plantio de banana; (F) área sob plantio de mandioca; (G) área sob plantio de pinhão manso; 2023. Fonte: Autor (2023)..... 21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Áreas de estudo.	18
Tabela 2: Descrição das áreas na Fazenda Experimental Olindina Batista.....	19
Tabela 3: Descrição das áreas do uso do solo no Campus da UNEB.	20
Tabela 4 - Resumo da análise de variância (Teste F) da disponibilidade de fósforo em solo sob diferentes usos e profundidades no Cerrado da Bahia.	23
Tabela 5 - Valores médios do fósforo I em um Neossolo Quartzarênico	24
Tabela 6: Valores médios do fósforo em um Cambrissolo Háptico sob diferentes usos do solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm no Cerrado da Bahia	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Fósforo no solo.....	13
2.2 Solos do Cerrado	14
2.3 Fatores que afetam a distribuição de fósforo no solo.....	14
2.4 Manejo do solo e os impactos na disponibilização de fósforo	15
3 METODOLOGIA	17
3.1 Localização da área de estudo.....	17
3.2 Clima da região	18
3.3 Seleção das áreas de estudo	18
3.4 Coleta das amostras de solo.....	21
3.5 Preparo Das Amostras	21
3.6 Análise química	22
3.7 Delineamento experimental e análise estatística	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5 CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado se destaca no âmbito nacional como um bioma de grande importância no desenvolvimento da agricultura, sendo ponderado como uma das maiores realizações da ciência agrária do século 20, tornando-se a principal fronteira para a expansão das terras agrícolas no país (Lopes; Guilherme, 2016). Nas últimas décadas 50% da cobertura natural do Cerrado foram convertidas em áreas destinadas a agricultura intensiva submetida a diferentes usos do solo (Alencar *et al.*, 2020), as quais vem corroborando na escassez de nutrientes nessas áreas.

De acordo com Nascimento (2019), o uso de sistemas agrícolas intensivos pode alterar significativamente o ambiente natural, especialmente em regiões secas, vulneráveis à degradação e, conseqüentemente, à desertificação. Nesta condição, o fluxo dos nutrientes no solo é afetado, em especial o fósforo (P), que assume grande importância agrônômica por ser um elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Diante disso, diversos estudos têm avaliado o impacto da distribuição de fósforo em função do uso do solo, verificando um aumento significativo no teor de fósforo nas camadas superficiais do solo em áreas sob Sistema Plantio Direto (SPD), ao passo que no Sistema de Preparo Convencional (SPC) apresenta um decréscimo, isso na camada superficial, de maneira contrária ocorre na profundidade de 10-20 cm, a qual o SPC apresenta um maior teor de fósforo em comparação com o SPD (Tiecher *et al.*, 2017; Jordão, 2018; Xomphoutheb *et al.*, 2020).

Atualmente, a preocupação com a escassez global de fósforo configura-se como uma limitação crucial para a produção agrícola, constituindo um desafio em relação à fertilidade do solo. Em seu estudo Bhattacharyya *et al.*, (2021) revela que a deficiência desse elemento impacta até dois terços dos solos utilizados para fins agrícolas em todo o mundo. De modo que, no contexto do rápido aumento da demanda global por alimentos, a utilização intensificada de fertilizantes fosfatados apresenta um aumento notório, com isso as reservas de fósforo podem não suprir a demanda (Chen *et al.*, 2022). Ademais, estatísticas indicam que, de 1961 a 2019, o consumo mundial de fertilizantes fosfatados inorgânicos sucedeu em um incremento substancial de 34,5 milhões de toneladas (Chen *et al.*, 2022).

Em vista disso, a otimização do uso das reservas de fósforo que vem se extinguindo, necessita da implementação de práticas que viabilizem o acesso das plantas às concentrações desse nutriente no solo (Pavinato *et al.*, 2021). No entanto, ainda não consolidados os dados de pesquisas que tratam sobre o impacto dos usos do solo no teor de fósforo, logo, é

necessário o estudo de práticas mais eficientes que reduzam as perdas e melhorem o acesso do P pelas plantas. Neste contexto, o objetivo da pesquisa foi quantificar o teor de fósforo em áreas sob diferentes usos do solo no Cerrado do Oeste da Bahia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fósforo no solo

O fósforo é um macronutriente essencial para todos os seres vivos, é participante indispensável do material genético, da membrana celular e do transporte de energia (Sun *et al.*, 2020). Sua presença é fundamental para o crescimento e desenvolvimento tanto de plantas quanto de animais (Milić *et al.*, 2019). Além disso, o fósforo é um dos principais macronutrientes que pode limitar a produtividade das plantas (Sun *et al.*, 2020), tornando-se um elemento-chave na produção de alimentos. A fonte primária desse nutriente no solo deriva do processo de intemperismo na rocha matriz (Gao *et al.*, 2019), o qual segue um ciclo biogeoquímico envolvendo microrganismos e plantas (Maranguit *et al.*, 2017).

Ademais, a disponibilidade desse nutriente está associada com o grau de labilidade no solo proveniente da interação do fósforo com os sítios de adsorção, os compostos de fosfato são classificados como lábeis ou não-lábeis, dependendo do seu grau de estabilidade. Assim, a fração lábil é caracterizada pelo equilíbrio entre o fósforo e a solução do solo, sendo rapidamente repostada com íons fosfatos (HPO^{3-} ou HPO^4) à medida que são absorvidos pelas plantas ou microrganismos. Essa fração é influenciada por fatores como o grau de intemperização do solo, mineralogia, textura, teor de matéria orgânica, características físico-químicas, atividade biológica e vegetação predominante (Fu *et al.*, 2020). Já a fração não-lábil representa as formas de fósforo precipitadas em solos com altos teores de Fe e Al ou absorvidas em solos com elevados teores de argila.

Em síntese, o fósforo é encontrado no solo na forma inorgânica (Pi) e orgânica (Po), em solos intemperizados, apresenta-se periodicamente o Pi ligadas à fração mineral, ao passo que o Po aumenta quando é incorporado a matéria orgânica no solo (Santos *et al.*, 2008). Atualmente, em torno de 80% do P obtido por meio de recursos não renováveis não é reutilizado (Chojnacka *et al.*, 2020), sendo espalhados no ambiente tornando os depósitos não renováveis escassos (Svanbäck *et al.*, 2019).

De acordo com Fan *et al.* (2020) em condições tropicais, com alta atuação do intemperismo, cerca de 70 a 80% do P que é aplicado via fertilizante encontra-se fixado nos colóides, sais, óxidos de Fe e Al do solo, que retêm este nutriente indisponibilizando às plantas. Sob esse cenário, é primordial a aplicação de quantidades de fertilizantes fosfatados, que em geral, superam as extrações desse nutriente retiradas pelas culturas para que não haja deficiência nutricional na planta.

2.2 Solos do Cerrado

As classes de solos de maior representatividade no Cerrado do Oeste da Bahia são os Latossolos e os Neossolos Quartzarênicos (Costa *et al.*, 2020). Haja vista que grande parte desses solos são profundos, predispostos à deficiência hídrica, com baixos teores de matéria orgânica, além disso apresentam naturalmente índices de baixa disponibilidade de P, em razão da alta capacidade de retenção na fase sólida com os óxidos de ferro e alumínio, os quais retêm os íons fosfato em formas de baixa labilidade, inviabilizando a absorção pelas plantas (Cerozi; Fitzsimmons, 2016).

Devido a essas características, por muitos anos os solos do Cerrado eram considerados inadequados para atividades agrícolas, no entanto, a partir dos anos 1960, essa situação passou por transformações significativas graças a estratégias de planejamento de uso e manejo da terra, que envolveram a correção da acidez do solo e a implementação de práticas de adubação. Tais pesquisas geraram resultados promissores, impulsionando a expansão do setor agrícola nas últimas décadas, principalmente as culturas dominantes, como soja, milho e algodão, que conquistaram a posição de destaque no ranking global de produção de grãos. Além disso, evidenciou-se um notável potencial tanto para a ampliação de áreas cultivadas quanto para o aumento da produtividade das colheitas nos próximos anos (CONAB, 2020).

2.3 Fatores que afetam a distribuição de fósforo no solo

A qualidade do solo está intrinsecamente ligada à forma como ele é manejado e cultivado (Cruz *et al.*, 2018), podendo apresentar um aumento ou diminuição nos níveis de fósforo no solo a depender do manejo adotado, no caso dos sistemas conservacionistas, onde não há a movimentação do solo, o fósforo está concentrado nas camadas superficiais, ao passo que em sistemas intensivos de preparo do solo há uma distribuição uniforme na camada arável (Rosa *et al.*, 2018).

Um outro fator adicional que influencia a disponibilidade de P no solo é o processo de intemperismo, de modo que em estágios avançados de intemperismo, os locais de adsorção aniônica modificam as propriedades da fase sólida do solo, resultando em uma fixação do fósforo nos óxidos de ferro e alumínio. Assim, os solos com um elevado grau de

intemperismo podem exibir uma capacidade ampliada de reter fósforo, o que, por sua vez, pode impactar a disponibilidade desse nutriente para as plantas (Fan *et al.*, 2020).

Ademais, a intensa adsorção de P também é influenciada pela textura do solo, a qual, exerce influência direta na retenção de P na fase sólida do solo, resultando em diferenças na capacidade de adsorção de fosfatos, de modo que os solos com textura arenosa e média tendem a apresentar menores deficiências de P devido à menor capacidade de adsorção de fosfatos em comparação com solos argilosos (Vásconez; Pinochet, 2018).

Além disso, a Matéria Orgânica do Solo (MOS) também desempenha um papel crucial na adsorção de P, embora com uma força de ligação menor em comparação com as interações da MOS com os óxidos de Fe e Al. Assim os ácidos orgânicos resultantes da decomposição da matéria orgânica possuem funções ambivalentes, pois podem tanto adsorver quanto bloquear os sítios de adsorção de fósforo nas superfícies das argilas e dos óxidos de ferro e alumínio (Alovisi *et al.*, 2020).

2.4 Manejo do solo e os impactos na disponibilização de fósforo

O manejo do solo é um conjunto de operações que visam proporcionar condições ideais de temperatura e umidade para a germinação das sementes e o crescimento das plantas, além disso, também ajuda a controlar plantas daninhas, pragas e doenças (Pes *et al.*, 2017).

Dentre as práticas comumente utilizadas cita-se o cultivo mínimo a qual realiza a operação de preparo com o objetivo de minimizar o revolvimento do solo e semi-incorporar os resíduos culturais, o SPC que consiste em várias operações de movimentação do solo, sendo amplamente utilizado em todo o mundo para a maioria das culturas e o SPD, neste as culturas são plantadas diretamente no solo sem qualquer revolvimento, exceto pelas covas onde são depositados o adubo e as sementes ou mudas transplantadas (Pes; Giacomini, 2017).

Estudo desenvolvido por Tiecher *et al.* (2017) avaliando a fertilidade do solo em função de sistemas de preparo e culturas de cobertura sob Latossolo subtropical do sul do Brasil, constataram que o SPD consolidado há 23 anos resultou em maior grau de fertilidade do solo superficial em comparação com o SPC. Enfatizando que o SPD no longo prazo cria um forte gradiente de disponibilidade de nutrientes, com a concentração de nutrientes nas camadas superficiais do solo que diminuem abruptamente com a profundidade, diferentemente do sistema de preparo convencional.

Resultado semelhante foi encontrado por Santos *et al.* (2019) em seu trabalho conduzido durante 30 anos em áreas sob manejo do solo tropical em SPC e SPD, a qual

demonstrou que o SPD garantiu maior disponibilidade de P inorgânico e orgânico, rápido e moderadamente, em comparação ao SPC, constatando que houve uma recuperação nas concentrações semelhantes às observadas na floresta natural. Para Mackay *et al.* (2017) isso ocorre devido a mínima perturbação do solo, beneficiando a atividade microbiana mais estável e diversificada e elevando o teor de C, N, S e P em relação ao SPC.

Outro estudo realizado por Jordão (2018) demonstrando o teor de fósforo em diferentes ambientes naturais e antropizados sendo quatro ambientes com características naturais (florestas nativas) e cinco ambientes com diferentes usos antrópicos, dentre eles: pastagem, agrofloresta, mandioca, açaí e reflorestamento, sob três camadas do solo 0,00 a 0,05, 0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m, observou-se uma diminuição do teor de P a medida que aumenta a profundidade, confirmando a característica deste nutriente em ser pouco móvel no solo.

Assim, no âmbito dos sistemas conservacionistas vários estudos já demonstraram a eficiência da gestão do fósforo no solo (Andrade *et al.*, 2017; Varela *et al.*, 2017; Prochnow *et al.*, 2018; Panday *et al.*, 2019), em razão principalmente da maior quantidade de matéria orgânica e, conseqüentemente, de fósforo orgânico presente no solo (Niederberger *et al.*, 2019).

3 METODOLOGIA

3.1 Localização da área de estudo

A pesquisa foi conduzida em duas localidades distintas, a primeira área de estudo está situada na Fazenda Olindina Batista, localizada no município de Riachão das Neves, BA - coordenadas geográficas $11^{\circ}58'45.4''$ de latitude Sul e $44^{\circ}57'47.1''$ de longitude Oeste, com uma altitude de 455 metros. O solo dessa região foi caracterizado como Neossolo Quartzarênico, com textura predominantemente arenosa ou franco-arenosa, exibindo características de porosidade maciça, coesão limitada, são solos notavelmente lixiviados, deficientes em bases, exibindo baixa fertilidade, escassa retenção de água e capacidade reduzida de troca de cátions (EMBRAPA, 2018).

A área segunda está localizada na área experimental da UNEB localizada no município de Barreiras, no oeste da Bahia, suas coordenadas geográficas são $44^{\circ}59'33''$ W de longitude e $12^{\circ}8'54''$ S de latitude, com altitude de 470 metros. Os solos dessa região são identificados como Cambissolos Háplicos, identificados normalmente em relevos forte ondulados ou montanhosos, que não apresentam horizonte superficial A húmico (Embrapa,

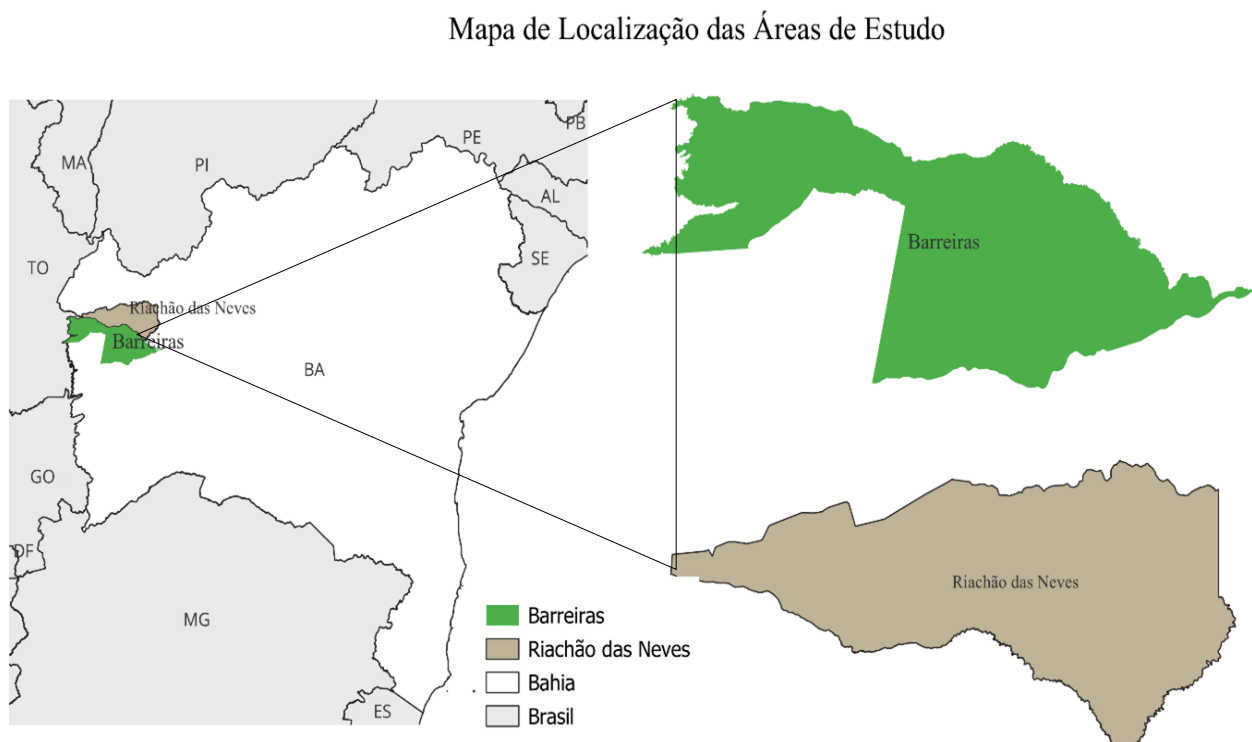


Figura 1- Localização geográfica dos municípios de Barreiras e Riachão das Neves no estado da Bahia (2018).

3.2 Clima da região

O clima dominante nas localidades de estudo é identificado como Clima Tropical com estação Seca, conforme a Classificação Climática Köppen-Geiger: Aw, nesse contexto, o período chuvoso abrange os meses de outubro a abril, enquanto o período seco estende-se de maio a setembro. Além disso, as leituras meteorológicas revelam uma temperatura média aproximada de 25,7°C, acompanhada de uma média anual de precipitação pluviométrica de 863 mm (INMET, 2023).

3.3 Seleção das áreas de estudo

Foram escolhidas duas áreas com diferente classe de solo submetida a usos distintos destacados na Tabela 1.

Tabela 1: Áreas de estudo.

Usos do Solo	
Área 1 - Neossolo Quartzarênico	Área 2 - Cambissolos Háplicos
Área de Cerrado nativo (ACN)	Área de Cultivo de Mandioca (ACM)
Sistema Plantio Direto não consolidado (SPD _{nc})	Área de Plantio de Banana (APB)
Sistema Preparo Convencional (SPC)	Área de Pinhão Manso (APM)
Área de Pastagem (AP)	

As informações da Tabela 2 e 3 abrangem diversos aspectos, incluindo o histórico da área, o sistema de uso de terra, as intervenções de correção, adubação realizadas, as principais culturas e os tratamentos culturais. E na Figura 2 e 3 a seguir as áreas correspondentes:

Tabela 2: Descrição das áreas na Fazenda Experimental Olindina Batista.

Uso do Solo	Coordenadas	Descrição
Área de Cerrado Nativo	<p>Latitude: S -11.97969°</p> <p>Longitude: W-44.96341°</p>	Apresenta vegetação densa e presença de material orgânico moderado. Sistema radicular bastante ramificado e profundo. Área possui pouca característica de preservação.
Sistema Plantio Direto não consolidado	<p>Latitude: S -1158461°</p> <p>Longitude: W-44.96285°</p>	Área sob Plantio Direto ainda em transição, no período de 2020-2021 foi manejado com plantas de cobertura <i>Brachiaria</i> e milho. Já no período de 2021-2022 <i>Brachiaria</i> e feijão e em 2022-2023 somente plantas de cobertura.
Sistema Convencional	<p>Latitude: S - 11.98049°</p> <p>Longitude: W- 44.96420°</p>	Área com Plantio convencional de mandioca, foi realizada aragem e gradagem e aplicação de calcário.
Área de Pastagem	<p>Latitude: S -11.97995°</p> <p>Longitude: W - 44.96385°</p>	Área com plantio inicialmente de capim-andropogon após <i>Brachiaria</i> , e para o preparo do solo foi realizada aragem, gradagem e aplicação de calcário.

Tabela 3: Descrição das áreas do uso do solo no *Campus* da UNEB.

Uso do Solo	Coordenadas	Descrição
Plantio de mandioca	<p>Latitude: S -12.14383°</p> <p>Longitude: W-44.9635°</p>	<p>Área recentemente cultivada, anteriormente era cultivado feijão guandu, seguido por um período de pousio. Para a introdução do cultivo de mandioca, foi feito aragem e gradagem, juntamente com a aplicação de adubo fosfatado do tipo super simples e adubação nitrogenada utilizando ureia, ademais, não foi observada a presença de cobertura vegetal na área.</p>
Plantio de banana	<p>Latitude: S-12.14405°</p> <p>Longitude: W-44.96366°</p>	<p>A área foi recentemente estabelecida, as práticas agrícolas adotadas incluem a realização de limpeza com o propósito de remover os resíduos secos provenientes das plantas de banana, juntamente com a eliminação de plantas invasoras através da capina. Previamente, a área estava em pousio após realizou-se operações de aragem e nivelamento do solo para o plantio da banana.</p>
Área de pinhão manso	<p>Latitude: S -12.14414°</p> <p>Longitude: W-44.96408°</p>	<p>A área em análise é composta por plantações de pinhão manso, tendo sido estabelecida em 2008. Posteriormente, plantou árvores de nim indiano, sendo também notável a contribuição significativa de material orgânico e a presença de raízes no solo.</p>

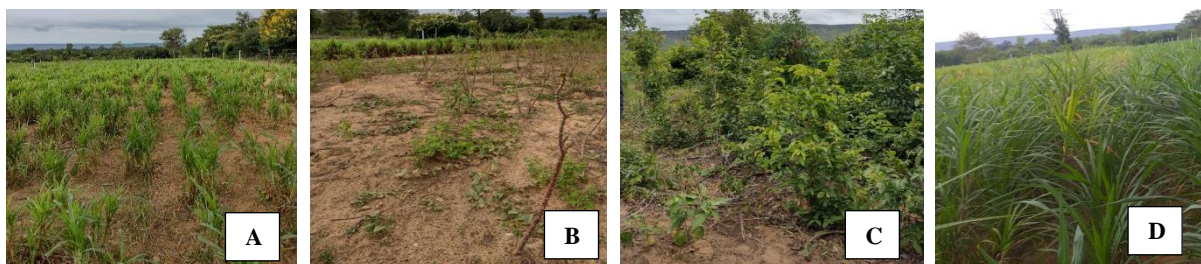


Figura 2: Área localizada na FEOB no município de Riachão das Neves - BA sob diferentes usos do solo - Classe Neossolo Quartzarênico: (A) Sistema Plantio Direto não consolidado; (B) Sistema Preparo Convencional; (C) Área sob Cerrado Nativo; (D) Área de Pastagem, 2023.



Figura 3: Área localizada no Campus IX UNEB no município de Barreiras - BA sob diferentes usos do solo - Classe Cambissolo Háplico: (E) área sob plantio de banana; (F) área sob plantio de mandioca; (G) área sob plantio de pinhão manso; 2023.

3.4 Coleta das amostras de solo

No âmbito deste estudo, foram explorados 7 usos do solo, em cada um deles foram abertos três mini perfis de solo em pontos diferentes do terreno, sendo coletado uma pseudo repetição em cada profundidade (0–10, 10-20 e 20-30 cm), foram empregadas ferramentas como enxadões e trena para a medição, uma vez coletadas, as amostras foram devidamente identificadas e armazenadas, para serem submetidas a análise de fósforo posteriormente.

3.5 Preparo Das Amostras

As amostras devidamente identificadas foram transportadas do campo ao laboratório de química e física do solo pertencente ao Departamento de Ciências Humanas da Universidade do Estado da Bahia, UNEB.

Em sequência as amostras deformadas foram secas ao ar (45° C), destorroadas e passadas em peneiras de malha 2,0 mm para obtenção da Fração Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) para posteriormente efetuar as análises de fósforo.

3.6 Análise química

Para determinação do fósforo utilizou um cachimbo dosador de 5 cm³ e adicionou a Fração Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) em um Erlenmeyer de 100 mL e colocou 50 mL da solução extratora (Mehlich-1) de duplo ácido (ácido clorídrico e ácido sulfúrico). Após esse processo deixou-se decantar por uma noite. Em sequência, pipetou 5 mL do sobrenadante com o auxílio de uma pipeta automática e passou para um tubete, após acrescentou 10 mL da solução de molibdato diluído e 30mg de ácido ascórbico, depois disso manteve a mistura em repouso por uma hora, por fim, realizou-se a leitura do fósforo por espectrofotometria (EMBRAPA, 2017).

3.7 Análise estatística

Para análise dos dados, utilizou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), cada mini perfil constou numa pseudorepetição, totalizando, assim, três. Os tratamentos foram organizados em esquema fatorial 7x3, sendo sete usos do solo e três profundidades, os resultados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que não houve diferença entre os fatores isolados em relação aos teores de fósforo, no entanto, houve interação estatisticamente significativa a um nível de probabilidade de 0,01%, entre o uso do solo e a profundidade, conforme evidenciado na Tabela 4:

Tabela 4 - Resumo da análise de variância (Teste F) da disponibilidade de fósforo em solo sob diferentes usos e profundidades no Cerrado da Bahia.

Fonte de Variação	GL	F
Uso do Solo (US)	6	1,23 ^{ns}
Profundidade (Pr)	2	1,51 ^{ns}
Interação (US x Pr)	12	2,21 ^{**}
Tratamentos	(20)	2,21 [*]
Resíduo	42	
Total	62	

** Significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade. * Significativo apenas a 0,05 de probabilidade, ns não significativo

Ao observar a Tabela 4 nota-se que os fatores isolados não foram significativos, no entanto houve interação entre eles. Os resultados do presente estudo corroboram com os observados por Dantas *et al.* (2018) em seu experimento objetivando avaliar as mudanças de longo prazo nas frações e na labilidade de fósforo em um Latossolo amarelo distrófico e argiloso, quando comparado aos cultivos sob o SPD, SPC e Mata Nativa (MN), na região da Amazônia Oriental, em que foi verificado um efeito significativo da interação entre os usos do solo e as profundidades para todas as variáveis, semelhante ao resultado da pesquisa que podem ser observadas na Tabela 5:

Tabela 5 - Valores médios do fósforo I em um Neossolo Quartzarênico

Uso do Solo	Profundidades (cm)		
	0-10	10-20	20-30
	-----Fósforo mg dm ⁻³ -----		
SPD_{nc}	8,68 Ba	14,41 Bab	13,01 Ba
SPC	29,60 Aa	6,18 Ba	8,88 Bab
AP	5,98 Ba	32,77 Aa	8,08 Bab
ACN	4,09 Ba	7,17 Ba	9,56 Bab
CV %	71,18 %		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não difere entre si. (tukey a 5% de probabilidade) SPD = Sistema Plantio Direto não consolidado; SPC = Sistema Preparo Convencional; AP = Área de pastagem; ACN = área sob Cerrado nativo.

Quanto às interações entre os usos do solo e as profundidades na camada de 10-20 cm, notou-se que o maior teor de P foi encontrado na AP, apresentando 32,77 mg dm⁻³. Wang *et al.* (2018) menciona que o aumento significativo de fósforo nas áreas de pastagem pode ser atribuído à maior presença de matéria orgânica, principalmente devido ao acúmulo de excrementos dos animais, o que contribui para a melhoria da fertilidade do solo.

O menor valor observado na camada 10-20 foi no SPC, com um teor de 6,18 mg dm⁻³, o que corrobora com o estudo de Lima (2012) com o objetivo de analisar as perdas de fósforo em um Neossolo em diferentes profundidades, constatando que as camadas mais profundas dessa classe de solo exibiam níveis mais elevados de óxidos de Fe e Al, o que resultava em uma menor perda de fósforo quando comparada com a camada superficial, o que pode ser visualizado no presente estudo.

O SPC demonstrou ser significativo na camada de 0-10 cm entre os usos do solo, com teor de P com 29,60 mg dm⁻³. Resultado que difere do estudo analisado por Assunção *et al.* (2019) em uma área sob SPC que revelou baixos índices das frações de fósforo no solo, a qual atribuíram tal resultado à menor presença de matéria orgânica e à maior concentração de óxidos de alumínio. Por outro lado, Balmant *et al.* (2019) afirmam que esse achado é consistente, devido às várias adubações feitas na superfície, associadas à baixa mobilidade do

fósforo no solo, o que resulta em teores mais elevados à medida que se aproxima da superfície.

Embora fosse esperado uma concentração maior de P nas camadas superficiais no SPD_{nc} em comparação com os usos do solo dessa pesquisa, isso não ocorreu, de modo que na camada de 0-10 cm, a concentração foi de 8,68 mg dm⁻³, seguidos por 14,41 mg dm⁻³ na profundidade de 10-20 cm e 13,01 mg dm⁻³ na camada 20-30 cm, valores que contrastam com os resultados encontrados por Tiecher *et al.* (2017) e Santos *et al.* (2019). Uma possível explicação para esse fenômeno é apresentada por Andrade *et al.* (2018), salientando em seu estudo que a melhoria dos atributos do solo em áreas conservacionistas depende da qualidade e quantidade de biomassa produzida pelas plantas de cobertura, assim como a quantidade de material orgânico depositado na superfície do solo, do tempo de implementação do sistema vigente e das condições climáticas da região.

Ademais, no experimento de Fontana *et al.* (2021) analisando a Capacidade Máxima de Adsorção de Fósforo (CMAP) em solos classificados como LATOSSOLOS VERMELHO AMARELOS Distróficos típicos em Luís Eduardo Magalhães e NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos típicos em Guaraí, sob diferentes coberturas vegetais, Constatou-se um aumento nos valores de CMAP com a profundidade do solo, de modo que os solos sob vegetação nativa de Luís Eduardo Magalhães apresentaram teores entre 129 e 221 mg kg⁻¹, enquanto em Guaraí variaram de 150 a 176 mg kg⁻¹. Esses resultados indicam uma CMAP relativamente menor em comparação com solos de mesma textura encontrados na literatura, o que implica em uma maior disponibilidade de fósforo. Entretanto este resultado não reflete as mesmas características da ACN deste estudo, por apresentar teor de fósforo relativamente baixo indicando, portanto, uma elevada CMAP.

Em outro estudo, Nolla *et al.* (2020) com o intuito de comparar a eficiência de doses e formas de aplicação de calcário verificou-se que a concentração de fósforo, aumentou de 13 mg dm⁻³ na testemunha para teores considerados médios de até 20,7 e 20,1 mg dm⁻³. Isto ocorreu porque o calcário é capaz de reduzir a solubilidade dos óxidos de ferro por ser a parte ativa da argila que apresenta cargas elétricas dependentes de pH. Assim, ocorre menor capacidade de adsorção de fosfato, de maneira a permitir maior eficiência na disponibilização de fósforo quando o pH-H₂O não ultrapassa valores de 6,5. O que pode ter influenciado a alta concentração de fósforo na SPC e a AP mediante as periódicas adubações com calcário. A seguir a Tabela 6 com as interações entre os usos do solo e a profundidade em um solo classificado como Cambriossolo Háplico:

Tabela 6: Valores médios do fósforo em um Cambissolo Háplico sob diferentes usos do solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm no Cerrado da Bahia

Uso do Solo	Profundidades (cm)		
	0-10	10-20	20-30
	-----Fósforo mg dm ⁻³ -----		
ACM	18,85 Ba	10,22 Ba	10,69 Ba
APB	25,18 Ba	9,09 Bab	15,22 Ba
APM	12,60 Ba	11,96 Ba	5,80 Bab
CV %	71,18 %		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e mesma letra minúscula na linha não difere entre si. (tukey a 5% de probabilidade). ACM = Área sob Cultivo de Mandioca, APB= Área sob Plantio de Banana, APM = Área com Pinhão Manso.

Ao observar a tabela 5 e 6, observa-se que independentemente do tipo de uso do solo, verificou-se uma redução nos níveis de fósforo à medida que se aumenta a profundidade, possivelmente devido à maior presença de fósforo orgânico na camada superficial, o qual é mineralizado e incorporado ao solo. Assim, a introdução de matéria orgânica por meio de práticas como adubação orgânica, rotação de culturas e incorporação de resíduos emerge como os principais contribuintes para o aumento dos teores de fósforo no solo (Maharjan *et al.*, 2018).

Não foram observadas diferenças entre a APB, ACM e APM na camada de 0-10 cm. Ao passo que dentre esses usos do solo a APB apresentou 25,18 mg dm⁻³, sendo este valor adequado para a cultura de banana, conforme sugerido por Borges *et al.* (2021), que varia de 16 a 30 mg dm⁻³, o pode estar associada ao contínuo aporte de matéria orgânica (Assunção *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2019; Yang *et al.*, 2019; Barbosa *et al.*, 2020). Isso inclui a biomassa da bananeira, uma vez que, durante o corte dos cachos, o pseudocaule é deixado sobre o solo, juntamente com as folhas, frutos e engaço, contribuindo para a disponibilidade de fósforo no solo.

Na APM houve uma diminuição nos níveis de P à medida que a profundidade aumentava. Na faixa de 0-10 cm, um teor de 12,60 mg dm⁻³, entre 10-20 cm, a concentração foi de 11,96 mg dm⁻³ e na camada mais profunda, de 20-30 cm, 5,80 mg dm⁻³. Fink *et al.*

(2016) destacam em seu estudo que o aumento nos níveis de matéria orgânica nos primeiros centímetros do solo desempenhou um papel crucial no incremento dos teores de fósforo extraídos pelos três métodos utilizados, isso foi atribuído à capacidade do carbono de interagir com os óxidos de ferro e alumínio presentes no solo, reduzindo a adsorção de fósforo a esses compostos. Essa constatação reflete o que foi observado na APM, dada a alta contribuição de matéria orgânica na camada superficial, resultando em teores mais elevados na faixa de 0-10 cm.

De acordo com Maluf et al. (2018), as discrepâncias nos valores de P encontrados estão primariamente associadas à mineralogia do solo, à distribuição do tamanho das partículas e à proporção da fração argila. Assim, solos arenosos, como o Neossolo Quartzarênico analisado neste estudo, apresentam uma área superficial específica menor em comparação com solos argilosos, resultando em uma menor retenção de P na matriz do solo. Em contrapartida, solos intemperizados, Cambissolos Háplicos, apresentam teores nocivos de alumínio que implica em menor concentração de P, conforme evidenciado neste estudo.

5 CONCLUSÃO

- A área de pastagem em relação aos demais usos do solo demonstrou maior teor de P na camada de 10-20;
- O SPC apresentou maior teor de P na profundidade de 0-10;
 - Os usos do solo na camada 20-30 cm, em exceção da SPDnc, ACM e APB, são semelhantes;
- A ACN na profundidade 0-10 demonstrou o menor teor de P.
- O SPD não apresentou diferenças no teor de P em relação a profundidade.

REFERÊNCIAS

ALENCAR A, Shimbo JZ, Lenti F, Marques CB, Zimbres B, Rosa M, Arruda V, Castro I, Ribeiro JPFM, Varela V, Alencar I, Piontekowski V, Ribeiro V, Bustamante MM, Sano EE, Barroso M (2020) **Mapeando três décadas de mudanças na vegetação nativa do cerrado brasileiro usando dados landsat processados na plataforma Google Earth Engine. Sensorias Remotas** 12:924. <https://doi.org/10.3390/rs12060924>

ALOVISI, Alessandra Mayumi Tokura, et al. "**Soil factors affecting phosphorus adsorption in soils of the Cerrado, Brazil.**" *Geoderma Regional* 22 (2020).

ANDRADE, A. T; TORRES, J. L. R.; PAES, J. M. V.; TEIXEIRA, C. M.; CONDE, A. B. T. **Desafios do Sistema de plantio direto no Cerrado.** *Infor. Agrop.*, v. 39, p. 19-26, 2018.

ASSUNÇÃO, S. A.; PEREIRA, M. G.; ROSSET, J. S.; BERBARA, R. L. L.; GARCÍA, A. C. **Carbon input and the structural quality of soil organic matter as a function of agricultural management in a tropical climate region of Brazil.** *Science of The Total Environment*, v. 658, p. 901-911, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.271>. 2019.

BALMANT, AG de S. et al. **Disponibilidade de fósforo em Latossolo do cerrado sob manejo convencional por mais de duas décadas.** 2019.

BORGES, Ana Lúcia. **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2021.

Barbosa, T.C., Costa, N.M.G.B., Santos, D.B., Machado, M.S., Marques Filho, F., . **Qualidade física do solo em áreas sob manejo agroecológico e convencional.** *Brazilian Journal of Development* 6, 48899, 2020.

BHATTACHARYYA, R.; RABBI, S. M.; ZHANG, Y.; YOUNG, I. M.; JONES, A. R.; DENNIS, P. G.; DALAL, R. C. **Soil organic carbon is significantly associated with the pore geometry, microbial diversity and enzyme activity of the macro-aggregates under different land uses of Australia.** *Science of The Total Environment*, v. 778, 146286, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146286>

CEROZI, Brunno da Silva; FITZSIMMONS, Kevin. **The effect of pH on phosphorus availability and speciation in an aquaponics nutrient solution.** *Bioresource technology*, v. 219, p. 778-781, 2016.

Chen Y, Wu P, Zhao Q, Tang Y, Chen Y, Li M, Jiang H and Wu G (2022) **Overexpression of a Phosphate Starvation Response AP2/ERF Gene From Physic Nut in Arabidopsis Alters Root 64 Morphological Traits and Phosphate Starvation-Induced Anthocyanin Accumulation.** *Front. Plant Sci.* (9)1186. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01186>

CHOJNACKA, K.; MOUSTAKAS, K.; WITEK-KROWIAK, A. **Bio-based fertilizers: A practical approach towards circular economy.** *Bioresource Technology*, v.295, e122223, 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). Acompanhamento da safra 2019/2020 brasileira de grãos. 2020. Disponível em: . Acesso em: 24 Ago. 2023.

COSTA, Adilson Alves, et al. "**Atributos físicos e estoque de carbono em áreas sob diferentes formas de uso do solo no Cerrado do Oeste da Bahia.**" *Brazilian Journal of Development* 6.5 (2020): 32294-32306.

CRUZ, G. H. T. et al. Propriedades físico-hídricas de um latossolo vermelho-amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo. *R. Bras. De Agric. Irrig.* v.12, n.6, p. 3002-2011, 2018.

DANTAS, Rúbia Carla Ribeiro et al. Mudanças das formas de fósforo em uma cronosequência de cultivos em sistema plantio direto no Sudeste Paraense. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa; 2018.

FAN B, Ding J, Fenton O, Daly K, Chen Q (2020) Understanding phosphate sorption characteristics of mineral amendments in relation to stabilizing high legacy P calcareous soil. *Environmental Pollution* 261:1-11.

Fink JR, Inda AV, Bavaresco J, Barrón V, Torrent J & Bayer C (2016) Adsorption and desorption of phosphorus in subtropical soils as affected by management system and mineralogy. *Soil & Tillage Research*, 155:62-68.

FONTANA, Ademir et al. Capacidade de adsorção de fósforo em solos de textura arenosa com fertilidade construída. **Revista Agrogeambiental**, v. 13, n. 3, p. 606-614, 2021.

Fu D, Wu X, Duan C, Zhao L, Li B (2020) Different life-form plants exert different rhizosphere effects on phosphorus biogeochemistry in subtropical mountainous soils with low and high phosphorus content. *Soil and Tillage Research* 199:1-9.

GAO, Xiao-Li Xiao Gang Li, Ling Zhao, Yakov Kuzyakov - Regulation of soil phosphorus cycling in grasslands by shrubs, *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 133, 2019.

Instituto Nacional de Meteorologia-INMET. (2023). Normais Climatológicas 1981-2010. Brasília: INMET.

Li, P. Shi, K., Wang, Y., Kong, D., Liu, T., Jiao, J., Liu, M., Li, H., Hu, F., 2019. Soil quality assessment of wheat-maize cropping system with different productivities in China: Establishing a minimum data set 190, 31-40. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.02.019>. Acesso em: 21 set. 2023.

LOPES, A. S.; GUILHERME, LR Guimarães. Uma perspectiva de carreira no manejo do solo na região do Cerrado do Brasil. *Avanços em Agronomia*, v. 137, p. 1-72, 2016.

MACKAY, J. E., CAVAGNARO, T. R., STÖVER, D. S. M., MACDONALD, L. M., GRØNLUND, M., E JACKOBEN, I., A key role for arbuscular mycorrhiza in plant acquisition of P from sewage sludge recycled to soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 115, 11-20, 2017.

MAHARJAN, M.; MARANGUIT, D.; KUZYAKOV, Y. Phosphorus fractions in subtropical soils depending on land use. *European Journal of Soil Biology*, v. 87, p. 17-24, <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2018.04.002>. 2018.

MARANGUIT, Deejay; GUILLAUME, Thomas; KUZYAKOV, Yakov. Land-use change affects phosphorus fractions in highly weathered tropical soils. *Catena*, v. 149, p. 385-393, 2017.

MILIĆ, S. et al. Soil fertility and phosphorus fractions in a calcareous chernozem after a long-term field experiment. *Geoderma*, v. 339, p. 9-19, 2019.

Nascimento, M. N. B. (2019). Atividade microbiana em diferentes manejos do solo nos municípios de Queimadas e Boqueirão. 2019. 27 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Biologia). Universidade Estadual da Paraíba – Campina Grande
NESME, Márcia; METSON, Geneviève S.; BENNETT, Elena M. Fluxos globais de fósforo através do comércio agrícola. *Mudanças Ambientais Globais*, v. 50, p. 133-141, 2018.

NIEDERBERGER, J.; KOHLER, M.; BAUHUS, J. Distribution of phosphorus fractions with different plant availability in German forest soils and their relationship with common soil properties and foliar P contents. *SOIL*, v.5, p.189-204, 2019.

NOLLA, Antonio et al. Correção da acidez e disponibilização de fósforo e potássio em latossolo vermelho distrófico típico submetido à calagem incorporada e superficial. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 3, n. 3, p. 2478-2487, 2020.

PANDAY, D.; OJHA, R. B.; CHALISE, D.; DAS, S.; TWANABASU, B. Spatial variability of soil properties under different land use in the Dang district of Nepal. *Cogent Food & Agriculture*, v.5, n.1, 1600460, 2019.

PAVINATO, P. S.; ROCHA, G. C.; CHERUBIN, M. R.; HARRIS, I.; JONES, D. L.; WITHERS, P. J. A. Map of total phosphorus content in native soils of Brazil, Piracicaba, v. 78, n. 6, 2021.

PES, L.Z.; GIACOMINI, D.A. Conservação do solo. Santa Maria : Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico ; Rede e-Tec Brasil, 2017. p. 69.

PROCHNOW, L.; RESENDE, A.; JUNIOR, A.; FRANCISCO, E.; CASARIN, V.; PAVINATO P. Phosphorus placement for annual crops in the tropics. *Better Crops*, v.102, n.1, p.21-24, 2018.

ROSA, Suzana Ferreira da et al. Propriedades físicas e químicas de um argissolo sob cultivo de *Eucalyptus dunnii* maiden no pampa gaúcho. *Ciência Florestal*, v. 28, p. 580-590, 2018.

SANTOS, Danilo Rheinheimer dos; GATIBONI, Luciano Colpo; KAMINSKI, João. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. *Ciência Rural*, v. 38, p. 576-586, 2008.

SANTOS, Manoel Mota et al. Produtividade de feijoeiro-caupi cultivado com estirpes rizobianas e doses de fósforo. *Scientia Agraria Paranaensis*, p. 209-217, 2019.

SUN, H. et al. Labile fractions of soil nutrients shape the distribution of bacterial communities towards phosphorus recycling systems over elevation gradients in Gongga Mountain, SW China. *European Journal of Soil Biology*, v. 98, e103185, 2020.

SVANBÄCK, A.; McKRACKIN, M. L.; SWANEY, D. P.; LINEFUR, H.; GUSTAFSSON, B. G.; HOWARTH, R. W.; HUMBORG, C. Reducing agricultural nutrient surpluses in a large catchment – Links to livestock density. *Science of The Total Environment*, v.648, p.1549-1559, 2019.

TIECHER, T. et al. Soil fertility and nutrient budget after 23-years of different soil tillage systems and winter cover crops in a subtropical Oxisol. *Geoderma*, v. 308, p. 78–85, 2017.

VARELA, M. F.; BARRACO, M.; GILI, A.; TABOADA, M. A.; RUBIO, G. Biomass decomposition and phosphorus release from residues of cover crops under no-tillage. *Agronomy Journal*, v.109, n.1, p.317-326, 2017

VÁSCONEZ, Gregorio; PINOCHET, Dante. Residual value of the phosphate added to ecuadorian and chilean soils with different phosphorus retention capacity. *Journal of soil science and plant nutrition*, v. 18, n. 1, p. 60-72, 2018.

WANG, Z.; ZHANG, T. Q.; TAN, C. S.; VADAS, P.; QI, Z. M.; WELLEN, C. Modeling phosphorus losses from soils amended with cattle manures and chemical fertilizers. *Science of the Total Environment*, v. 639, p. 580–587, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.141>

Xomphoutheb, T., Jiao, S., Guo, X. et al. Efeito de sistemas de preparo do solo sobre a distribuição e formas de fósforo em solo rizosférico e não rizosférico sob milho (*Zea mays* L.) no nordeste da China. *Rep* 10, 6574 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63567-7>

Yang, X., Tsibart, A., Nam, H., Hur, J., El-Naggar, A., Tack, F.M.G., Wang, C.H., Lee, Y.H., Tsang, D.C.W., Ok, Y.S., 2019. Effect of gasification biochar application on soil quality: Trace metal behavior, microbial community, and soil dissolved organic matter. *Journal of Hazardous Materials*, 365, 684-694. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.11.042>. Acesso em: 20 set. 2023.