

LARISSA NASCIMENTO RAMOS

JHONATAN FREITAS SILVA

PRODUÇÃO DE ESPINAFRE SUBMETIDO A DIFERENTES FONTES DE
FÓSFORO.

Ji-Paraná
2024

LARISSA NASCIMENTO RAMOS

JHONATAN FREITAS SILVA

PRODUÇÃO DE ESPINAFRE SUBMETIDO A DIFERENTES FONTES DE
FÓSFORO.

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Centro Universitário
São Lucas Ji-Paraná como requisito
parcial para obtenção de grau de
engenheiro agrônomo.

Prof. Orientador: Me. Alisson Nunes da
Silva

Ji-Paraná
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP

R175p Ramos, Larissa Nascimento.

Produção de espinafre submetido a diferentes fontes de fósforo. / Larissa Nascimento Ramos; Jhonatan Freitas Silva. – Ji-Paraná, 2024.
28 p.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Centro Universitário São Lucas Ji-Paraná, 2024.

Orientador: Prof. Me. Alisson Nunes da Silva

1. Super Fosfato Simples. 2. Fosfato Natural Reativo. 3. Espinafre. I. Silva, Jhonatan Freitas. II. Silva, Alisson Nunes da. III. Título.

CDU 635.41

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Bibliotecário Giordani Nunes da Silva CRB 11/1125

LARISSA NASCIMENTO RAMOS

JHONATAN FREITAS SILVA

PRODUÇÃO DE ESPINAFRE SUBMETIDO A DIFERENTES FONTES DE
FÓSFORO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro
Universitário São Lucas Ji-Paraná como requisito parcial para
obtenção de grau de engenheiro agrônomo.

Orientador: Prof. Me. Alisson Nunes da Silva.

Ji-Paraná, 09 de dezembro de 2024.

Avaliação/ Nota:

BANCA EXAMINADORA

Resultado: _____

Orientador
Profº. Me. Alisson Nunes da Silva

Centro Universitário São Lucas

Membro da Banca
Profo. Dr. Cristiano Costenaro Ferreira

Centro Universitário São Lucas

Membro da Banca
Profº. Me. Celso Pereira de Oliveira

Centro Universitário São Lucas

RESUMO

A crescente demanda por espinafre (*Tetragonia expansa* Murr.) no Brasil e no mundo deve-se às suas propriedades nutricionais e benefícios à saúde. Para atender a esse aumento no consumo, é essencial melhorar a produção, garantindo o fornecimento adequado de nutrientes, especialmente o fósforo (P), elemento essencial para o desenvolvimento saudável das plantas. Este estudo avaliou o impacto do Fosfato Natural Reativo (FNR) e do Superfosfato Simples (SS), isoladamente e em combinação, no crescimento e desenvolvimento do espinafre. O delineamento experimental foi casualizado, com cinco repetições por tratamento, totalizando 20 unidades experimentais. A aplicação dos fertilizantes foi realizada antes do plantio, considerando uma dose equivalente a 100 kg de P_2O_5 por hectare. As variações testadas incluíram a altura das plantas, comprimento das raízes, quantidade de folhas, massa de matéria verde e massa de matéria seca. A análise estatística foi realizada utilizando ANOVA, seguida pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Os resultados indicaram que o tratamento combinado FNR+SS apresentou as melhores médias em variáveis como altura das plantas, comprimento das raízes e massa de matéria verde, seguidas pelo FNR isolado. No entanto, as diferenças não foram estatisticamente significativas ($p > 0,05$), devido à alta variabilidade dos dados que pode ser atribuída a fatores como a heterogeneidade do substrato, diferenças no manejo experimental e variações ambientais como luz, umidade ou temperatura. Assim, conclui-se que, embora o FNR, especialmente em combinação com SS, apresente potencial como solução para práticas agrícolas futuras, este estudo não observou diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, limitando a confirmação de seus benefícios na produção de espinafre.

Palavras chaves: Super Fosfato Simples, Fosfato Natural Reativo, Espinafre

ABSTRACT

The growing demand for spinach (*Tetragonia expansa* Murr.) in Brazil and worldwide is due to its nutritional properties and health benefits. To meet this increased consumption, it is essential to improve production by ensuring the adequate supply of nutrients, especially phosphorus (P), an essential element for the healthy development of plants. This study evaluated the impact of Reactive Natural Phosphate (RNP) and Single Superphosphate (SS), both individually and in combination, on the growth and development of spinach. The experimental design was randomized, with five repetitions per treatment, totaling 20 experimental units. Fertilizer application was carried out before planting, considering a dose equivalent to 100 kg of P_2O_5 per hectare. The variations tested included plant height, root length, number of leaves, green biomass, and dry biomass. Statistical analysis was performed using ANOVA, followed by the Scott-Knott test at a 5% significance level. The results indicated that the combined treatment of RNP+SS showed the best averages in variables such as plant height, root length, and green biomass, followed by RNP alone. However, the differences were not statistically significant ($p > 0.05$) due to high data variability, which may be attributed to factors such as substrate heterogeneity, differences in experimental management, and environmental variations such as light, humidity, or temperature. Therefore, it is concluded that, although RNP, especially when combined with SS, shows potential as a solution for future agricultural practices, this study did not observe statistically significant differences between the treatments, limiting the confirmation of its benefits in spinach production.

Keywords: Single Superphosphate, Reactive Natural Phosphate, Spinach

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 OBJETIVOS GERAIS.....	8
2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS	8
3 REFERENCIAL TEÓRICO	9
3.1 Características da Cultura do Espinafre	9
3.2 Características do Super Simples.....	9
3.2 Características do Fosfato Natural.....	10
3.3 Comparação Com Outros Fertilizantes Fosfatados	11
3.4 Benefícios Ambientais	12
3.5 Risco De Eutrofização	13
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	17
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

Atualmente no Brasil, o consumo de espinafre (*Tetragonia expansa* Murr.) tem aumentando de forma significativa, e isso se deve as várias propriedades benéficas que se encontram nesta hortaliça folhosa, em especial aos altos valores nutritivos e vitamínicos da planta (BISCARO et al., 2011). Porém, para suprir o aumento no consumo, é necessário aumentar também a produção, e para isso é fundamental fornecer as quantidades de nutrientes suficientes para que assim as plantas completem o seu ciclo vegetativo e produtivo (OLIVEIRA et al., 2015).

Sendo assim, o fósforo (P) é o principal elemento químico essencial e vital para o desenvolvimento saudável das plantas (FAGERIA et al., 2011). Ele desempenha várias funções imprescindíveis, como a formação de raízes, aumentando a capacidade da planta de absorver água e nutrientes, na formação de frutos e sementes saudáveis, no desenvolvimento estrutural e na fotossíntese, atuando diretamente na formação de DNA, RNA e ATP (HAVLIN et al., 2005).

No caso do espinafre, o fósforo P desempenha um papel crucial na fotossíntese, favorecendo uma produção mais intensa de folhas, que são a parte comercializável da planta. Estudos mostram que a disponibilidade adequada de fósforo pode resultar em um espinafre com maior teor de clorofila, folhas mais escuras e maior produtividade (BISCARO et al., 2011), características essenciais para atender às demandas de qualidade e quantidade no mercado.

Segundo Pinheiro (2022), os fertilizantes atuais se dividem em: Minerais, os quais podem ser inorgânicos e orgânicos de origem natural, sintética e industrial e fertilizante sintéticos organominerais que são uma combinação dos fertilizantes minerais e orgânicos.

No entanto, a utilização intensiva e inadequada de fertilizantes químicos sintéticos está associada a uma porção de problemas ambientais e de saúde pública, tais como a eutrofização que se caracteriza como um dos principais problemas ambientais causado pelo uso excessivo e desenfreado desses fertilizantes e a contaminação de aquíferos, ocorre também a degradação do solo que é caracterizada pela diminuição da fertilidade do solo e a acidificação do mesmo (TILMAN et al., 2002).

Os fertilizantes fosfatados naturais que possuem origem sedimentar como o FOSFATO 19 (proveniente do Marrocos) possuem uma alta reatividade (BRASILet.al.,

2012) por isso são chamados de fosfato natural reativo. Geralmente, essas rochas são formadas pela deposição de restos de animais marinhos e possuem uma alta porosidade (VELOSO, 2021). Através de uma mudança na legislação brasileira ocorrida no ano de 2019, classifica-se como fosfato natural reativo (FNR) todo o material que contenha pelo menos 12% de P_2O_5 total, dos quais 30% devem ser solúveis em ácido cítrico 2% (BENICIO, 2023).

Segundo o site da empresa *Só Adubo* que distribui a marca FOSFATO 19, o fertilizante em questão possui 19% P_2O_5 total, sendo 40% liberado de forma imediata no solo, de acordo com as necessidades de P na planta, os outros 60% são liberados de forma gradual no solo em até 3 anos.

O Super Simples é um fertilizante fonte de fósforo advindo do tratamento da rocha fosfatada com ácido sulfúrico. O mesmo também fornece outros dois nutrientes importantes para as plantas, como cálcio e enxofre. A composição do superfosfato simples é de 18% de P_2O_5 , 16% de cálcio e 10% de enxofre (ROHRIG, 2023).

Sendo assim, com este trabalho temos o objetivo de avaliar a produção e o desenvolvimento do espinafre (*Tetragonia expansa Murr.*) adubado com o Fosfato Natural Reativo e o Super Simples.

2 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar a produção e o desenvolvimento do espinafre (*Tetragonia expansa* Murr.) adubado com Fosfato Natural Reativo ou Super Simples.

2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Avaliar a altura e o crescimento do espinafre adubado com fosfato natural reativo ou super simples ao longo do tempo;
- Acompanhar o crescimento das folhas e brotos.
- Avaliar e comparar desenvolvimento do sistema radicular;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Características da Cultura do Espinafre

O espinafre da Nova Zelândia (*Tetragonia expansa* Murr.) é uma hortaliça da família Aizoácea, que foi adaptada a climas tropicais como o do Brasil, sendo então a única espécie que é cultivada por aqui. A espécie *Spinacea oleracea* L, é cultivada apenas em regiões com o clima temperado (KAWASHIMA et. al., 2005). O espinafre da Nova Zelândia possui um altíssimo valor nutritivo, baixo valor calórico e uma excelente fonte de fibras, vitaminas dos complexos A, B e C, rica em minerais como cálcio, potássio e principalmente o ferro(LIGOR, 2012).

O espinafre apresenta algumas propriedades medicinais como, antioxidante, anticancerígeno, tônico cardiovascular e imunizante, sendo assim o espinafre pode ser utilizado como produto etnofarmacológicos (BIANCO, 2015). Por causa das suas propriedades medicinais, o espinafre pode ser indicado na prevenção ao câncer, doenças cardiovasculares, degeneração macular do olho e na degeneração dos sistemas imunológicos e neurológicos (BRASIL, 2015).

A propagação do espinafre é feita através de sementes, onde as mesmas são semeadas em um local definitivo. O plantio é feito em solos férteis e bem drenados a profundidade adequada para seu plantio é de 1 a 3 cm. As sementes elas podem ser tratadas com fungicidas, fazendo com que evite a murcha das plantas, a sua germinação de alta eficiência é consistida em temperaturas média entre 15 à 20°C (FILGUEIRA, 2008).

3.2 Características do Super Simples

O fertilizante Super Simples é obtido através do tratamento de rochas fosfatadas naturais, como a fosforita e a apatita(ROHRIG, 2023).Para aumentar a solubilidade do fosfato na água, os fosfatos naturais passam por processos físicos como a lavagem ou flotação e outros processos químicos como acidulação com ácido sulfúrico (H_2SO_4) e ácido fosfórico (H_3PO_4) (PRADO et al., 2011), aumentando então a solubilidade do fertilizante em água e a concentração de P, produzindo assim o superfosfato simples, o triplo e outros fertilizantes fosfatados.

Além da porcentagem de 18% de P, também está presente cerca de 40% de gesso agrícola, o que auxilia num melhor fornecimento de cálcio e enxofre para a

planta (SÃO PAULO, 2019). Por ser bastante solúvel em água, no solo ele permite uma rápida disponibilidade do P para as plantas, porém, ele também está sujeito à fixação no solo. O Super Simples pode ser utilizado principalmente na forma de grânulos, facilitando o manejo e a aplicação (MACHADO, 2024).

3.3 Características do Fosfato Natural Reativo

O fosfato natural reativo (FNR) é um tipo de fosfato mineral que, em comparação com outros tipos de fosfatos naturais, apresenta maior solubilidade. Esta solubilidade é resultado de sua composição mineral, que é rica em apatita, um mineral fosfático que, quando extraído de fontes naturais, é tratado para aumentar sua reatividade com o solo (WOLF, 2024).

A solubilidade do FNR é relativamente mais alta do que a de outros fosfatos naturais não tratados, como o fosfato de rocha, mas ainda inferior aos fosfatos solúveis sintéticos, como o superfosfato simples. Isso faz com que o FNR libere o fósforo de forma mais gradual, oferecendo uma liberação de nutrientes de médio e longo prazo, o que é vantajoso para a saúde do solo e para a sustentabilidade agrícola (NAKAYAMA, 1998). A solubilidade mais baixa do FNR em comparação com os fosfatos solúveis sintéticos, como o superfosfato simples, apresenta benefícios e desafios. Em termos de benefícios, a liberação gradual do fósforo reduz o risco de eutrofização dos corpos d'água, pois o fósforo não está disponível em grandes quantidades imediatas. Isso resulta em uma liberação de fósforo mais equilibrada ao longo do tempo, com menor impacto ambiental (WITHERS, 2014).

O gráfico 1, reflete a interpretação dos efeitos das fontes de fósforo solúveis e de liberação gradual, como os fosfatos reativos, em diferentes ciclos de cultivo, conforme divulgado por Resende et al., (2006) onde ele também indica que, embora os fosfatos solúveis sejam rapidamente absorvidos, os fosfatos reativos mantêm uma disponibilidade eficiente de fósforo ao longo de até três anos.

Em solos com alta capacidade de fixação de fósforo, o uso de fontes menos solúveis pode ser mais adequado (ARAUJO et. al., 2004), já que a menor reatividade seja compensada por um preço competitivo e pela eficiência da aplicação parcelada para garantir a difusão do fósforo no solo. No entanto, o FNR pode não ser tão eficaz em fornecer atendimento rapidamente para as plantas em solos com alta acidez ou

baixa capacidade de manutenção de nutrientes, o que pode exigir maior monitoramento e ajustes de manejo.

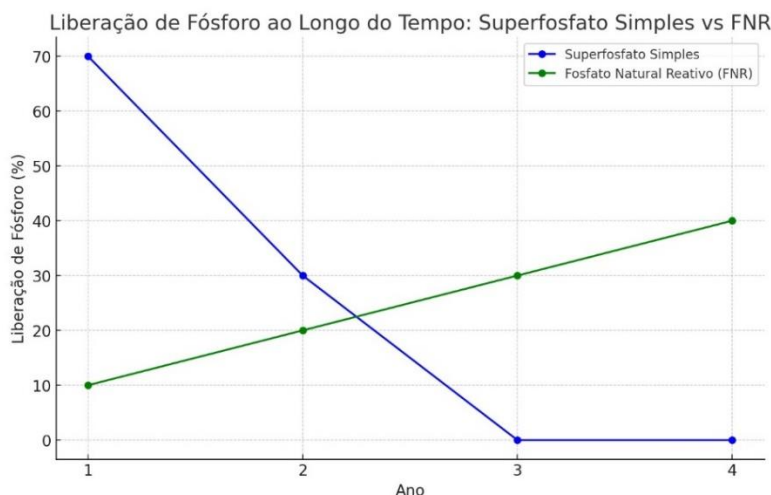


Gráfico 1. Comparação da liberação gradual de fosforo Super Simples X FNR.

A comparação do tempo de liberação do fósforo entre o FNR e o superfosfato simples mostra diferenças importantes. O superfosfato simples, por ser altamente solúvel, libera fósforo de forma quase imediata, com uma liberação completa dentro de dois anos após a aplicação. Em contraste, o FNR tem uma liberação mais gradual, com apenas 40% do fósforo disponível de imediato para as plantas e os outros 60% disponível a longo do segundo e terceiro ano após a aplicação, o que contribui para uma maior eficiência de longo prazo na utilização de nutrientes (VILELA et. al., 2004). Essa liberação gradual é ideal para culturas que precisam de uma fonte constante de fornecimento ao longo de várias estações, como café, cacau e outras culturas perenes.

É importante notar que, embora o FNR ofereça benefícios em termos de eficiência a longo prazo e menor impacto ambiental, ele exige uma abordagem de manejo mais cuidadosa para garantir que os níveis de fósforo sejam adequados às necessidades das culturas.

3.4 Comparação Com Outros Fertilizantes Fosfatados

A comparação entre o fosfato reativo natural (FNR) e os fosfatos tratados quimicamente revela características específicas no desempenho de cada um. O FNR apresenta uma liberação mais lenta de fósforo, o que pode ser extremamente

benéfico, proporcionando um período prolongado de disponibilidade de nutrientes para as plantas. No entanto, a eficácia do FNR pode depender das condições do solo e do clima (OLSEN et. al., 1954).

Estudos como o de Melo et. al., (2018), que investigaram doses de superfosfato triplo e fosfato natural Bayovar em um Latossolo no Tocantins, evidenciam essas diferenças. Os autores observaram que, no primeiro corte, o superfosfato triplo foi mais eficiente e proporcionou maior produção de massa seca da pastagem de *Panicum maximum* (cv. Massai). Entretanto, no segundo corte, ambas as fontes de fósforo tiveram eficiência semelhante, enquanto nos cortes subsequentes o fosfato natural reativo mostrou-se mais eficiente, resultando em produção de massa seca superior ao superfosfato triplo.

De forma análoga, o estudo de Guedes et. al., (2009) sobre a eficiência do superfosfato triplo e do fosfato natural de Arad em pastagens de *Brachiaria brizanta*, com e sem calagem, também indicou resultados semelhantes, demonstrando que o fosfato natural de Arad superou o superfosfato triplo a partir do segundo corte, independentemente da Correção do solo.

3.5 Benefícios Ambientais

O uso do FNR (fosfato natural reativo) tem um papel importante na sustentabilidade agrícola, alterando a dependência de fertilizantes fosfatados sintéticos, cuja produção muitas vezes envolve processos industriais intensivos e altamente poluentes. A remoção de fósforo por meio de fertilizantes sintéticos pode causar grandes impactos ambientais, como o consumo de energia, emissões de gases de efeito estufa e a geração de resíduos (ONU, 2024).

Em contraste, o FNR, por ser uma fonte natural, pode ter um impacto ambiental significativamente menor, especialmente quando sua degradação e processamento são feitos de forma sustentável (CORDELL, 2011). A aplicação do FNR também contribui para o manejo sustentável do solo. Ao se decompor gradualmente, o FNR libera resistência apenas em uma taxa mais lenta, o que reduz o risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas, um problema frequentemente associado ao uso de fertilizantes solúveis de liberação rápida (ROY, 2018).

Além dos benefícios ambientais, o uso do FNR também apresenta vantagens econômicas e sociais, que são fundamentais para uma agricultura sustentável. A

redução da necessidade de fertilizantes químicos pode diminuir os custos para os agricultores e aumentar o acesso a práticas agrícolas mais econômicas, especialmente para pequenos produtores em regiões de baixa renda, que às vezes enfrentam barreiras financeiras para o uso de insumos agrícolas (GOMES et. al., 2009).

Essa abordagem, além de econômica, é socialmente justa, promovendo a inclusão e a segurança alimentar ao tornar os insumos agrícolas mais acessíveis e ao permitir uma produção agrícola menos dependente e mais integrada aos recursos locais (SCHOUMANS, 2015). A longo prazo, o uso do FNR pode favorecer a resiliência ambiental e econômica das comunidades agrícolas, fortalecendo o sistema alimentar e contribuindo para uma agricultura sustentável e produtiva.

3.6 Risco De Eutrofização

Um dos principais desafios no uso de fertilizantes fosfatados, incluindo o FNR (fosfato natural reativo), é o risco de eutrofização em corpos d'água. A eutrofização ocorre quando há um excesso de nutrientes, especialmente fósforo, que chega aos ecossistemas aquáticos, promovendo um crescimento descontrolado de algas. Essas observações podem levar à formação de florações de algas, que, ao se decomporem, consomem a oxigênio da água, resultando na morte de peixes e em desequilíbrios severos no ecossistema aquático (CARPENTER, 2008).

A eutrofização não afeta apenas a biodiversidade aquática, mas também compromete o uso da água para consumo humano, atividade e pesca. Em algumas regiões, a supervisão de algas tóxicas, como as cianobactérias, representa um risco à saúde pública e ao turismo local (PAERL et. al., 2012). Dessa forma, a mitigação desse impacto ambiental é crucial para a sustentabilidade. Embora o FNR seja menos solúvel do que os fertilizantes fosfatados sintéticos, o manejo adequado de sua aplicação é essencial para minimizar o risco de eutrofização.

Ajustar a dosagem de FNR de acordo com as necessidades específicas da cultura e as características do solo pode evitar o acúmulo de fósforos, diminuindo a possibilidade de que ele seja carregado para os sistemas aquáticos (SANTOS et. al., 2008). Por fim, o monitoramento contínuo dos níveis de fornecimento no solo e na água é essencial para ajustar o manejo de FNR e outros fertilizantes de acordo com as necessidades das culturas, reduzindo o risco de acúmulo excessivo de fósforo e

contribuição para uma agricultura sustentável. Estas práticas são essenciais para a gestão sustentável da FNR, protegendo os recursos hídricos e reduzindo os impactos ambientais. O uso racional da FNR, aliado às técnicas de manejo do solo, pode contribuir para a sustentabilidade agrícola, evitando o manejo ambiental e garantindo uma produção agrícola sustentável e de baixo impacto (SCHOUMANS, 2015).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma propriedade privada situada em Ji-Paraná/RO, conforme as coordenadas 10°51'21.2" S 61°58'58.5" W. A região onde o experimento foi realizado, possui clima tropical úmido, com temperatura média anual entre 25°C e 27°C, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger (CLIMATE DATA, 2024). O solo coletado para o experimento é um Latossolo Vermelho-Amarelo, típico da região amazônica, apresentando textura argilosa caracterizado por baixa fertilidade natural (EMBRAPA, 2021). O experimento foi conduzido em (DIC) delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 5 repetições cada, totalizando 20 vasos. Os tratamentos foram definidos conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição da composição dos tratamentos.

Tratamento	Tipo de adubo	Quantidade de adubo (kg/ha)
T1	FOSFATO NATURAL REATIVO (FNR)	100 kg/ha
T2	SUPER FOSFATO SIMPLES (SS)	100 kg/ha
T3	FNR + SS	50 kg/ha
T4	CONTROLE (SEM FERTILIZANTE)	0 kg/ ha

Foram utilizados vasos de tamanho pequeno, com 189,0 mm de largura e 145,5 mm de altura com diâmetro 121,64 mm, e uma capacidade para 2,80 litros. Antes do plantio, o substrato foi homogeneizado e colocado nos vasos. Segundo Oliveira et al. (2015), a dose de fósforo que apresenta um melhor desempenho para uma planta de espinafre, varia de 26,38 mg/L a 28,82 mg L⁻¹ de fósforo por planta.

As sementes de espinafre (*Tetragonia expansa* Murr.) foram semeadas diretamente nos vasos com uma profundidade de 2,5cm por vaso, levemente cobertas com o substrato após a aplicação de cada tratamento, sendo que cada vaso recebeu 5 sementes. Após a emergência das plantas, foi realizado o desbaste para manter apenas 1 planta por vaso. A irrigação foi realizada de forma manual. Em clima tropical úmido, como o de Ji-Paraná, foi necessário regar entre 1 à 2 vezes por dia em dias mais quentes e secos e ajustar conforme as condições climáticas e a fase de crescimento das plantas, para garantir que a umidade do solo atinja as raízes. No período inicial de um mês após o plantio, as plantas de espinafre foram coletadas diretamente de onde estavam alocadas, seguindo um protocolo padronizado para evitar contaminações ou perdas de material (WIGGERS et al., 2008). Após a coleta,

o material foi transportado para o laboratório da Faculdade São Lucas, em Ji-Paraná (RO), onde foram realizadas análises das variáveis, altura das plantas, comprimento das raízes, quantidade de folhas (Figura 1), peso da matéria verde, peso da matéria seca e outras análises, utilizando equipamentos devidamente calibrados e métodos específicos para cada variável.



Figura 1. Medição do comprimento de raiz e altura

Os tratamentos aplicados foram: FNR (Fosfato Natural Reativo) + SS (Super Simples), SS (Super Simples), FNR (Fosfato natural Reativo) e Controle (Sem tratamento). A análise estatística foi realizada pelo programa SISVAR (FERREIRA, 2008), para comparar as diferenças entre os tratamentos, seguida pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de variância da altura (Tabela 2) revelou que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, com valor de significância $Pr > F_c$ de 0,3685.

Tabela 2. Média da altura das plantas de espinafre submetidas a diferentes fontes de fósforo.

Tratamentos	Altura (cm)
T1 - 100 kg/ha de FNR	6,0 a
T2 - 100 kg/ha de SS	4,9 a
T3 - 50 kg/ha FNR+SS	6,7 a
T4 - 0 kg/ha CONTROLE	3,68 a
c.v	52,34%

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, através do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. c.v = coeficiente de variação

Em estudos realizados por Firmino et al. (2015) com pinhão-mansão (*Jatropha curcas*), doses de fósforo influenciaram a altura das plantas, destacando a variação na resposta entre espécies. Apesar das diferenças nutricionais entre pinhão-mansão e espinafre, os resultados são relevantes porque a dinâmica do fósforo no solo e os mecanismos de absorção são comuns a ambas as culturas. Esses dados podem orientar práticas de adubação no espinafre, adaptando estratégias a diferentes exigências. Estudos adicionais, como os de Cisneros et al., (2016), reforçam que a eficiência da absorção de fósforo depende de fatores como o tipo de solo, a espécie vegetal e a forma de aplicação do fertilizante. O coeficiente de variação (CV) foi de 52,34%, evidenciando uma alta dispersão dos dados entre as repetições. Valores elevados de CV são comuns em experimentos agrícolas, especialmente quando há variabilidade intrínseca nos fatores ambientais ou nos procedimentos experimentais, como apontado por Gomes (2009). Com base no teste de comparação de médias de Scott-Knott, todos os tratamentos para a altura variável foram classificados no mesmo grupo estatístico “a”.

Tabela 3. Média do comprimento de raiz das plantas de espinafre submetidas a diferentes fontes de fósforo.

Tratamentos	Raiz (cm)
T1 - 100 kg/ha de FNR	4,3 a
T2 - 100 kg/ha de SS	3,56 a
T3 – 50 kg/ha FNR+SS	4,56 a
T4 - 0 kg/ha CONTROLE	3,40 a
c.v	51,33%

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, através do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. c.v = coeficiente de variação

Assim como na variável altura, a Tabela 3 não revelou diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, com valor de significância $Pr > F_c$ de 0,7661 para comprimento de raiz. Segundo Franzine et al. (2009), a maior absorção de fósforo (P) proveniente do FNR pelas plantas ocorre devido ao maior contato das raízes com o fertilizante, destacando a importância da exploração do solo pelo sistema radicular. Outros autores, como Cisneros et al., (2016), também reforçam que a eficiência da absorção de P está diretamente relacionada à interação raiz-solo. O CV calculado foi de 51,33%, representando uma alta dispersão entre as repetições. Embora o valor de CV seja inferior ao obtido para a variável altura, ele ainda é elevado, fazendo com que todos os tratamentos sejam classificados no mesmo grupo estatístico “a”, corroborando a ausência de diferenças entre eles.

Tabela 4. Média da quantidade de folhas por planta de espinafre submetidas a diferentes fontes de fósforo.

Tratamentos	Folhas (cm)
T1 - 100 kg/ha de FNR	7,8 a
T2 - 100 kg/ha de SS	5,0 a
T3 – 50 kg/ha FNR+SS	7,40 a
T4 - 0 kg/ha CONTROLE	5,40 a
c.v	45,08%

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, através do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. c.v = coeficiente de variação

Assim como nas variáveis altura e comprimento de raiz, a análise para quantidade de folhas (tabela 4.) não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, com valor de significância $Pr > F_c$ de 0,3467. O aumento na produção de folhas em hortaliças folhosas, como o espinafre, é fundamental, já que as folhas representam a parte de interesse comercial (OLIVEIRA et al., 2015). Além disso, essa

região do vegetal é responsável pela fotossíntese, processo que captura e utiliza a energia da luz (BONFIM et al., 2014). O CV foi de 45,08%, considerada elevada, mas inferior às observadas nas variáveis anteriores, indicando uma menor dispersão dos dados. Sendo assim, os tratamentos foram classificados no mesmo grupo estatístico “a” pelo teste de médias de Scott-Knott, confirmando que não houve efeito diferencial entre eles.

Tabela 5. Média da massa verde de plantas de espinafre submetidas a diferentes fontes de fósforo.

Tratamentos	M.V (g)
T1 - 100 kg/ha de FNR	262,462 a
T2 - 100 kg/ha de SS	167,200 a
T3 – 50 kg/ha FNR+SS	393,000 a
T4 - 0 kg/ha CONTROLE	129,800 a
c.v	103,00%

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, através do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. c.v = coeficiente de variação

A tabela 5 revelou um valor de significância ($Pr > F_c$) de 0,3609, demonstrando outra vez que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos. De acordo com os estudos de Cisneros et al., (2016), o aumento da massa verde das plantas de espinafre era esperado, uma vez que ele é essencial para o crescimento e produção das plantas, sendo assim ela irá alcançar o máximo potencial produtivo quando submetidas a quantidade adequada dos nutrientes. Nesse contexto, plantas que recebem nutrientes em quantidades ideais tendem a atingir seu máximo potencial produtivo, como demonstrado por pesquisas que destacam a importância de macronutrientes como fósforo e nitrogênio no desenvolvimento foliar (Taiz et al., 2017). Já o CV foi extremamente alto, atingindo 103,00%. Esse valor reflete uma grande variabilidade nos dados. No teste de médias de Scott-Knott, todos os tratamentos foram classificados no mesmo grupo estatístico “a”, reforçando a ausência de distinção significativa entre eles.

Tabela 6. Média de massa seca de plantas de espinafre submetidas a diferentes fontes de fósforo.

Tratamentos	M.S (g)
T1 - 100 kg/ha de FNR	0,078 a
T2 - 100 kg/ha de SS	0,042 a
T3 – 50 kg/ha FNR+SS	0,066 a
T4 - 0 kg/ha CONTROLE	0,034 a
c.v	73,01%

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, através do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. c.v = coeficiente de variação

De acordo com a Tabela 6, observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos, assim como nas variáveis anteriores, com um valor de significância ($Pr > F_c$) de 0,3080. Krolow et al. (2004) constataram que o aumento na produção de massa seca em plantas de trevo persa (*Trifolium resupinatum* L.) ocorreu conforme as doses de fósforo foram aumentadas. O coeficiente de variação (CV) foi de 73,01%, evidenciando uma alta variabilidade entre as repetições, embora menor do que na variável anterior. No teste de médias de Scott-Knott, todos os tratamentos foram agrupados no mesmo grupo estatístico "a".

A homogeneidade entre os tratamentos, evidenciada nos testes estatísticos, também é abordada em outros estudos, como o de Larsen et al., (2022), que destacam o desafio de identificar diferenças significativas em experimentos de curta duração ou com populações pequenas. Isso reforça que não houve diferenças mensuráveis na massa seca entre os tratamentos, mas os tratamentos aplicados apresentaram efeitos semelhantes sobre essa variável.

Com base nos resultados apresentados acima, concluímos que a alta variabilidade observada nas amostras pode ser atribuída a fatores como a heterogeneidade do substrato, diferenças no manejo experimental e variações ambientais, como luz, umidade e temperatura. Por exemplo, Cavalcanti et al. (2019) realizaram uma pesquisa que analisou a variação espaço-temporal da temperatura do substrato em bandejas de produção de mudas, destacando como as diferenças na temperatura podem afetar o desenvolvimento das plantas. Além disso, estudos sobre a microbiologia do solo evidenciam que variações sazonais significativas, associadas a

mudanças na luz, temperatura e precipitação, influenciam a atividade microbiana e a decomposição da matéria orgânica (JURANDY, 2016).

Barreto (1999) investigou a heterogeneidade espacial, indicando que substratos simples podem apresentar maior mortalidade e menor diversidade devido a variações mais marcantes em fatores ambientais. Esses resultados levaram todos os tratamentos a serem agrupados no mesmo grupo estatístico "a" no teste de Scott-Knott, reforçando que os tratamentos tiveram efeitos semelhantes nas variações experimentais. A menor eficiência agronômica para a aplicação localizada de fosfato natural reativo (FNR) foi observada por Motomiya et al. (2004) e por Resende et al. (2006), respectivamente, para soja e para a cultura do milho. Portanto, o FNR, quando utilizado sob condições que promovam sua maior eficiência, pode suprir a necessidade das plantas por fósforo já no primeiro ano de cultivo, e essas fontes podem ser usadas de forma eficiente na adubação corretiva a lanço (JUNIOR et al., 2008). No entanto, é importante salientar que o uso do fósforo em plantas de espinafre deve ser estudado mais profundamente, como constatado por Oliveira et al. (2015).

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e analisados, apesar de os dados médios indicarem uma tendência de melhores resultados para o tratamento com fosfato natural reativo (FNR), especialmente quando combinado com superfosfato simples (SS), constatou-se que os tratamentos aplicados não apresentaram diferenças estatisticamente significativas em nenhuma das variáveis analisadas (altura, comprimento de raiz, quantidade de folhas, massa verde e massa seca), durante o período inicial de um mês após o plantio, limitando a confirmação de seus benefícios na produção de espinafre.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, I, B. et al. FONTES E MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO NA PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO MINERAL DO MILHO 1 IVÂNIA BARBOSA ARAÚJO PHOSPHORUS SOURCES AND PLACEMENT ON MAIZE YIELD AND MINERAL NUTRITION. n. 2, p. 250–264, 2004.

ARAÚJO, I.B.; RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; ALVES, V.M.C.; SANTOS, J.Z.L. Eficiência nutricional do milho em resposta a fontes e modos de aplicação de fósforo. *Revista Ceres*, 50:27-39, 2003.

BARBOSA, J. C., & MALDONADO JUNIOR, W. (2015). Experimentação agronômica e AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. *Jaboticabal: Multipress*.

BARRETO, C.C. 1999. Heterogeneidade espacial do habitat e diversidade específica: implicações ecológicas e métodos de mensuração. pp. 121-153. In Silva, S.H.G. & Lavrado, H.P. (eds). *Ecologia dos Ambientes Costeiros do Estado do Rio de Janeiro*. Série ecologia Brasiliensis, vol. VII PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.

BARROSO, C.B.; NAHAS, E. Solubilização do fosfato de ferro em meio de cultura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, n. 4, p. 529-535, 2008.

BIANCO, M. S. VIABILIDADE AGROECONÔMICA DO CONSÓRCIO DE COUVE COM ESPINAFRE 'NOVA ZELÂNDIA'. **Espinafre nova zelandia**, Jaboticabal, 11 nov. 2015. Disponível em: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/aa69b02f-0de5-489d-9949-4ae46a072007/content](https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/aa69b02f-0de5-489d-9949-4ae46a072007/content). Acesso em: 20 set. 2024.

BISCARO, G.A.; MARQUES, R.J.R.; BATISTA, C.M.; MONACO, K.A.; ENSINAS, S.C.; REZENDE, R.K.S. Efeito de diferentes níveis de fertirrigação nas características morfofisiológicas de espinafre. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 33, n. 3, p. 487-493, 2011.

BONFIM-SILVA, E. M.; GUIMARÃES, S.L.; FARIAS, L. N.; OLIVEIRA, J. R.; BOSA, C. K.; FONTINELLI, J. V. Adubação fosfatada no desenvolvimento e produção de feijão grandu em latossolo vermelho do cerrado em primeiro cultivo. *Biosciensejournal*, Uberlândia, v. 30, n. 5, p. 1380-1388, 2014.

BRASIL, E.C.; RODRIGUES, J.D.B.; ASSUNÇÃO, E.A.; NEVES, L.U.; AMARAL, A.J.M.S. Eficiência de fosfatos reativos em função de doses de P e índices de saturação por bases do solo e sua influência na produção de matéria seca de milho. 2012.

BRASIL, J. H. (2015). Plantas que curam. Espinafre-da-nova-zelândia. <www.plantasquecuram.com.br/ervas/espinafre-da-nova-zelândia> Acesso em: 15 novembro 2015.

CARPENTER, S.R. Phosphorus control is critical to mitigating eutrophication. **Proceeding of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 32, p. 11039–11040, 6 ago. 2008.

CAVALCANTI, S. D. L.; GOMES, N. F.; PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; MONTENEGRO, A. A. A. Variação espaço-temporal da temperatura do substrato em bandejas de produção de mudas. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, v. 6, n. 1, p. 66-73, jan./mar. 2019. ISSN 2358-6303.

CLIMATE DATA (Brasil, Ji-Paraná RO). Clima Ji-Paraná (Brasil). *Clima Ji-Paraná (Brasil)*, [S. l.], p. 1-4, 1 jan. 2024. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/americas-do-sul/brasil/rondonia/ji-parana-4453/>. Acesso em: 11 setembro 2024.

CORDELL, Dana; DRANGERT, Jan-Olof; WHITE, Stuart. A história do fósforo: segurança alimentar global e alimento para o pensamento. *Mudança Ambiental Global*, v. 19, n. 2, p. 292-305, 2009.

CISNEROS R, CA; SÁNCHEZ DE P, M.; MENJIVAR F, JC Influência de microorganismos solubilizadores de fósforo do solo e sua absorção por Plântulas de café. **Bioagro**, v. 28, n. 2, pág. 95–106, 2016.

CRISTIANO, V. As vantagens e limitações do fosfato natural para a adubação agrícola. *BLOG VERDE*, Minas, 2021. Disponível em: <https://blog.verde.ag/pt/nutricao-de-plantas/as-vantagens-e-limitacoes-do-fosfato-natural-para-a-adubacao-agricola/#:~:text=O%20fosfato%20natural%2C%20tamb%C3%A9m%20conhecido,possuem%20alta%20porosidade%20e%20reatividade>. Acesso em: 27 ago. 2024.

DAWSON, Chris J.; HILTON, Julian. Disponibilidade de fertilizantes em um mundo com recursos limitados: Produção e reciclagem de nitrogênio e fósforo. *Food Policy*, v. 36, p. S14-S22, 2011.

EMBRAPA, Latossolos Vermelho-Amarelos – Portal Embrapa 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/latossolos/latossolos-vermelho-amarelos>.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. *Growth and Mineral Nutrition of Field Crops*. CRC Press, 2011.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FILGUEIRA, F.A.R. *Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia Moderna Na Produção e Comercialização de Hortaliças*. 2. ed. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/319729910/FILGUEIRA-f-A-R-Novo-manual-de->

Olericultura-agrotecnologia-moderna-na-producao-e-comercializacao-de-hortalicas-2-ed. Acesso em: 16 de setembro 2024

FIRMINO, M. C.; FARIAS, M. S. S.; MEDEIROS, S. S.; GUERRA, H. O. C.; GUIMARÃES, J. P. Altura e diâmetro do pinhão manso sob adubação fosfatada e uso de água residuária. *ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v. 11, n. 2, p. 22-31, 2015

FRANZINI, V. I. MURAOKA T. CORASPE-LEÓN H. M. E MENDES F. L. **Eficiência de fosfato natural reativo aplicado em misturas com superfosfato triplo em milho e soja.** 2009 [p.1092-1099.].

GEORGE, R.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and Procedures of Statistics.** [s.l.] McGraw-Hill Science, Engineering & Mathematics, 1997.

GOMES, E. G.; MELLO, J. C. C. B. S. DE; MANGABEIRA, J. A. DE C. Estudo da sustentabilidade agrícola em município amazônico com análise envoltória de dados. **Pesquisa Operacional**, v. 29, p. 23–42, 1 abr. 2009.

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental. 15 edição 2009** Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/385254016/Curso-De-Estatistica-Experimental-PIMENTEL-GOMES-pdf>. Acesso em: 25 nov. 2024.

GUEDES, E.M.S.; FERNANDES, A. R.; LIMA, E.V.; GAMA, M.A.P.; SILVA, A.L.P. Fosfato natural de Arad e calagem e o crescimento de *Brachiaria brizanta* em Latossolo Amarelo sob pastagem degradada na Amazônia. **Revista de Ciências Agrárias**, n.52, p.117-129, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/129/24>

HAYLIN, J.L.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management* (7th ed.). Prentice Hall, 2005.

JURANDY, E.; FERNANDO DINI ANDREOTE. **Microbiologia do solo.** [s.l.] Universidade De São Paulo. Escola Superior De Agricultura Luiz De Queiroz, 2016.

JUNIOR A.O, PROCHNOW, L. I.; KLEPKER, D., Eficiência agrônômica de fosfato natural reativo na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 5, p. 623–631, 1 maio 2008.

KAWASHIMA, L. M.; VALENTE SOAREZ, L. M. Efeito do tempo de branqueamento na extração seletiva de elementos minerais do substituto de espinafre (*Tetragonia expansa*) comumente empregado no Brasil. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, Campinas, v. 25, n. 3, p. 419-424, 2005.

KROLOW, R. H.; MISTURA, C.; COELHO, R. W.; SIEWERDT, L.; ZONTA, E. P. Efeito do fósforo e do potássio sobre o desenvolvimento e a nodulação de três leguminosas

Anuais de estação fria. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 2224-2230, 2004.

Larsen, Nicholas & Stallrich, Jonathan & Sengupta, Srijan & Deng, Alex & Kohavi, Ron & Stevens, Nathaniel. (2022). Statistical Challenges in Online Controlled Experiments: A Review of A/B Testing Methodology. 10.48550/arXiv.2212.11366.

LIGOR, M.; BUSZEWSK, B. Estudo da atividade antioxidante de compostos biologicamente ativos isolados de vegetais verdes por técnicas analíticas acopladas. FoodAnalyticalMethods, v. 6, n. 2, p. 630-636, 2012.

LUIZ, P.B. O que é fosfato natural reativo e quais características o diferem das demais rochas. *Blog OCP Brasil*, São Paulo, SP, 2023. Disponível em: <https://www.ocpbrasil.com.br/pt-br/o-que-e-fosfato-natural-reactivo-e-quais-caracteristicas-o-diferem-das-demas-rochas>. Acesso em: 27 ago. 2024.

MACHADO, A. W. Fósforo nas plantas: função, comportamento no solo e principais adubos fosfatados: Entenda as principais características dos fertilizantes fosfatados. **Adubos fosfatados**, [s. l.], 20 set. 2024. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes/fertilizantes-minerais-com-fosforo_361445.html. Acesso em: 20 set. 2024.

MELO, M.P.; LIMA, R.C.P.; FREITAS, G.A.; LIMA, S.O. Fontes de fósforo na produção de *Panicummaximum* (cv. Massai). **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.12, n.2, p.25-35, 2018. Disponível em: <https://revistatca.pb.gov.br/edicoes/volume-12-2018/volume-12-n-2-2018/04-ce-0218-06-fontes-e-doses-de-fosforo-na-producao-de-panicum-maximum.pdf>

MOTOMIYA, E.; FABRICIO, A.C.; MARCHETTI, M.E.; GONÇALVES, MC.; ROBAINA, A.D.; NOVELINO, J.O. Métodos de aplicação de fosfato na soja em plantio direto, Pesquisa Agropecuaria Brasileira, V.39, p. 307-312, 2004.

NAKAYAMA, L. H. I. et al. EFICIÊNCIA RELATIVA DE FONTES DE FÓSFORO DE DIFERENTES SOLUBILIDADES NA CULTURA DO ARROZ. **ScientiaAgricola**, v. 55, n. 2, p. 183–190, 1 maio 1998.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L., eds. *Fertilidade do Solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.

OLIVEIRA, V.C.; et al. Crescimento de plantas de espinafre submetidas a doses de fósforo. Quantidade de fósforo no espinafre, [s. l.], 7 ago. 2015. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://eventosolos.org.br/cbcs2015/arquivos/997.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.

OLSEN, Sterling Robertson. Estimativa de fósforo disponível em solos por extração com bicarbonato de sódio. *Departamento de Agricultura dos EUA*, 1954.

ONU. O que é fósforo e por que aumentam as preocupações sobre o seu impacto ambiental? Disponível em: <<https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/o-que-e-fosforo-e-por-que-aumentam-preocupacoes-sobre-o-seu>>. Acesso em: 11 abr. 2024.

PAERL, HW, & PAUL, VJ (2012). Mudanças climáticas: ligações com a expansão global de cianobactérias nocivas. *WaterResearch*

PEIXOTO, C.V.; et al. Análise quantitativa do crescimento de plantas: Conceitos e prática. *Conceitos e Prática*, Goiânia, p. 6-26, 7 out. 2011. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.conhecer.org.br/enciclop/2011b/ciencias%20agrarias/analise%20quantitativa.pdf>. Acesso em: 2 set. 2024.

PINHEIRO, C.L. Cana-de-açúcar: O uso de fertilizantes e os impactos ambientais. Goiânia, 2022.

PRADO, G. R. et al. Comportamento de superfosfato simples contendo fosfato de ferro de baixa solubilidade em água em solos de várzea do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 907–916, 1 jun. 2011.

RAIJ, B. van. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S., eds. *Fósforo na Agricultura Brasileira*. Piracicaba, Potafos, 2004. p. 106-114.

RAMOS, S.J.; FAQUIN, V.; RODRIGUES, C.R.; SILVA, C.A.; BOLDRIN, P.F. Biomassproductionandphosphorus use of forage grasses fertilizedwithtwophosphorussources. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:335-343, 2009.

RESENDE, A. V. et al. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 30:453-466, 2006.

ROHRIG, Bruna. Saiba o que é e para que serve o superfosfato simples. In:.. Saiba o que é e para que serve o superfosfato simples. [S.l.], 30 maio 2023. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/superfosfatosimples/#:~:text=O%20super%20simples%2C%20tamb%C3%A9m%20conhecido,c%C3%A9lulo%20e%2010%25%20de%20enxofre>. Acesso em: 11 setembro 2024.

ROY, Eric D et al. **The phosphoruscostofagriculturalintensification in the tropics**. *NaturePlants*, v. 2, n. 5, 2016Tradução. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nplants.2016.43>. Acesso em: 11 nov. 2024.

SANTOS, D. R. DOS; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. 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, 1 abr. 2008.

SANTOS, E. R.; SALGADO, F. H. M. M; CERQUEIRA, A. P.; PEREIRA, P. R.; NASCIMENTO, I. R. Produção de pepino tipo conserva em função de doses de fósforo. *Revista Nucleos*, v.11, n.2, p. 403-408, 2014.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Hortaliças: recomendações de cálculo e adubação para o estado de São Paulo. Campinas. Acesso em: 18 de setembro 2024.

SCHOUMANS, OF, BOURAOUI, F., KABBE, C., OENEMA, O., & van Dijk, KC (2015). Gestão do fósforo na Europa num mundo em mudança. *Ambio*, 44 (Suplemento 2), 180-192.

TAIZ, L. et al. FISILOGIA E DESENVOLVIMENTO VEGETAL. Disponível em: <<https://archive.org/details/taiz-zeiger-fisiologia-vegetal-6a-ed/page/n1/mode/2up>>. Acesso em: 25 nov. 2024.

TILMAN, D.; CASSMAN, K.G.; MATSON, P.A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677, 2002. DOI: 10.1038/nature01014.

VILELA, Á.; RESENDE, D. **FONTES E MODOS DE APLICAÇÃO DE FÓSFORO PARA O MILHO EM SOLO CULTIVADO DA REGIÃO DO CERRADO**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/568042/1/resende01.pdf>>.

WIKIFARMER, E.E. Como cultivar o espinafre - Do plantio à colheita. Disponível em: <https://wikifarmer.com/pt-br/como-cultivar-o-espinafre-do-plantio-a-colheita/>.

WITHERS, P. J. A. et al. Feed theCropNottheSoil: RethinkingPhosphorus Management in theFood Chain. **Environmental Science & Technology**, v. 48, n. 12, p. 6523–6530, 3 jun. 2014.

WIGGERS, I.; STANGE, C. E. B. **MANUAL DE INSTRUÇÕES PARA COLETA, IDENTIFICAÇÃO E HERBORIZAÇÃO DE MATERIAL BOTÂNICO**. Disponível em: <<chromeextension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/733-2.pdf>>. Acesso em: nov. 25

WOLF, A. **Fosfato natural - Tudo o que você precisa saber sobre este fertilizante**. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/adubacao-mineral/adubo---fosfato-natural_465374.html