

CENTRO PAULA SOUZA
ETEC “CEL. FERNANDO FEBELIANO DA COSTA”
Curso Técnico em Química

FERTILIZANTES FORTIFICADOS COM FIBRA DE CELULOSE
DO EUCALIPTO

CARLOS HENRIQUE SEBASTIÃO PEREIRA DO
NASCIMENTO¹

GIOVANA CAPUCIM DE CAMPOS²

KEVIN DA COSTA BEDIN³

LARISSA DE SOUSA LIMA⁴

RAFAEL SAMPAIO CERQUEIRA⁵

Resumo: Esta pesquisa visa desenvolver fertilizantes revestidos com solução de celulose extraída do eucalipto, com o objetivo de promover uma liberação mais lenta e eficiente dos nutrientes no solo. A ideia central é que a incorporação da celulose auxilie na liberação controlada de nutrientes essenciais, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), maximizando o aproveitamento dos fertilizantes pelas plantas.

Diferentes estudos indicam que a aplicação de celulose pode melhorar a retenção de umidade no solo e reduzir a lixiviação dos nutrientes, garantindo uma disponibilidade mais prolongada e consistente para as plantas. Em vez de utilizar nanocelulose, a pesquisa se concentra na aplicação de uma solução de celulose para revestir fertilizantes NPK (nitrogênio, fósforo e potássio).

Experimentos comparativos serão conduzidos entre solos tratados com fertilizantes convencionais e aqueles revestidos com a solução de celulose de eucalipto. Os

¹ Técnico em Química, na ETEC Cel. Fernando F. da Costa - carloshenrii0712@gmail.com

² Técnico em Química, na ETEC Cel. Fernando F. da Costa - gyka.kampus@gmail.com

³ Técnico em Química, na ETEC Cel. Fernando F. da Costa - kevinbedin006@gmail.com

⁴ Técnico em Química, na ETEC Cel. Fernando F. da Costa - lalinhasousaelima@gmail.com

⁵ Técnico em Química, na ETEC Cel. Fernando F. da Costa - rafael.cerqueira09@hotmail.com

principais parâmetros a serem avaliados incluem a taxa de liberação de nutrientes, a capacidade de retenção de umidade do solo e o crescimento das plantas ao longo do tempo.

Palavras-chave: Celulose. Fertilizantes. Lixiviação. NPK. Nutrientes.

1 INTRODUÇÃO

No contexto da agricultura contemporânea, a busca por práticas agrícolas mais sustentáveis e eficazes tem despertado um interesse crescente na utilização de fertilizantes alternativos que possam promover o crescimento das plantas e melhorar a qualidade do solo de forma ambientalmente responsável. Nesse sentido, os fertilizantes compostos por celulose do eucalipto emergem como uma potencial solução, devido às suas propriedades únicas e ao seu potencial de aplicação na agricultura moderna.

O eucalipto, uma árvore nativa da Austrália e amplamente cultivada em diversas regiões do mundo, é reconhecido por sua abundância de fibras de celulose, um componente estrutural fundamental encontrado em sua madeira e tecidos vegetais. A celulose, uma das biomoléculas mais abundantes na natureza, tem sido objeto de crescente interesse na agricultura devido às suas potenciais propriedades como fonte de nutrientes e estímulo ao crescimento vegetal.

Diante desse cenário, surge o problema de pesquisa: "Qual é a eficácia dos fertilizantes compostos por celulose do eucalipto na promoção do crescimento das plantas e na melhoria da qualidade do solo?" Essa questão centraliza a atenção na avaliação do potencial impacto dos fertilizantes compostos por celulose do eucalipto no desempenho agrônômico das plantas e na saúde do solo, buscando identificar suas vantagens, limitações e aplicabilidade prática na agricultura.

Para responder a essa questão, é essencial realizar uma investigação científica, empregando métodos e técnicas adequadas para avaliar os efeitos dos fertilizantes fortificados por celulose do eucalipto em comparação com os fertilizantes convencionais.

Ao abordar essa problemática, a pesquisa não apenas contribuirá para o avanço do conhecimento científico sobre fertilizantes alternativos, mas também fornecerá informações valiosas para agricultores, pesquisadores e formuladores de

políticas, visando promover práticas agrícolas mais sustentáveis, eficazes e responsáveis. A compreensão aprofundada dos efeitos dos fertilizantes fortificados por celulose do eucalipto no crescimento das plantas e na qualidade do solo é essencial para uma agricultura mais produtiva e ambientalmente sustentável.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Investigar o potencial e os impactos dos fertilizantes fortificados com a celulose do eucalipto na agricultura e no meio ambiente, analisando seu desempenho no solo e em uma plantação, bem como suas implica es na promo o da agricultura sustentável.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Fazer uma soluço de celulose do eucalipto em laboratório com uma concentra o equilibrada para juntar ao fertilizante NPK 10-10-10 junto ao solo no procedimento experimental.
- b) Avaliar o desempenho de fertilizantes   base de celulose em experimentos de laboratório e campo, analisando sua eficácia na libera o de nutrientes, comparando-a com fertilizantes convencionais e observando seus efeitos no crescimento e produ o de culturas.
- c) Investigar os impactos ambientais dos fertilizantes   base de celulose, com ênfase na redu o da lixivia o de nutrientes e seu potencial para melhorar a qualidade do solo, reduzir a polui o e minimizar os efeitos adversos no ecossistema.

3 JUSTIFICATIVAS

A agricultura enfrenta desafios crescentes para atender   demanda global de alimentos, necessitando de práticas mais eficazes e sustentáveis. A utiliza o de fertilizantes fortificados com celulose oferece uma alternativa promissora aos fertilizantes químicos sintéticos, que, apesar de eficazes, causam polui o ambiental e degrada o do solo. Esses fertilizantes sustentáveis prometem liberar nutrientes de forma mais lenta e eficiente, utilizando resíduos agrícolas e promovendo a sustentabilidade. Além de melhorar a absor o de nutrientes pelas plantas, essa

inovação pode gerar benefícios econômicos e ambientais significativos, contribuindo para uma agricultura moderna e sustentável. Esta pesquisa busca explorar e validar o potencial dos fertilizantes à base de celulose, visando práticas agrícolas mais eficazes e ecologicamente responsáveis.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 A importância dos fertilizantes com celulose na atualidade

“Fertilizantes de eficiência aprimorada (FEA) são sistemas capazes de retardar a disponibilidade do conteúdo nutricional de plantas, minimizando a poluição ambiental ao reduzir a perda de insumos agrícolas durante a aplicação. Pesquisas recentes destacam o uso de várias fontes naturais e biodegradáveis no desenvolvimento desses FEAs, em especial biopolímeros, devido a suas características intrínsecas de biodegradabilidade, caráter atóxico e renovabilidade a custo relativamente baixo. No entanto, o uso de biopolímeros no desenvolvimento de FEA requer comumente a adição de produtos químicos extras, abrangendo a incorporação de polímeros sintéticos, agentes de reticulação, iniciadores de polimerização, solventes orgânicos, líquidos iônicos, etc., ou processos de produção complexos e caros para aplicações agrícolas”, Messa, Lucas Luiz (Catálogo USP).

Existem inúmeros produtos com a função de retardar a liberação de nutrientes no solo, mas, na maioria das vezes, não são compostos por polímeros sintéticos, não biodegradáveis.

Segundo Faez, coordenador do Grupo de Pesquisa em Materiais Poliméricos e Biossorventes no campus da UFSCAR sediado em Araras.

“O potássio é um íon rapidamente lixiviado pela chuva. Ele tem muita mobilidade iônica, é o pior deles no sentido de se tentar uma liberação controlada. Já o nitrogênio pode ser obtido de várias fontes: nitratos, amônia, ureia. Mas o nitrato é a fonte de onde a planta obtém mais facilmente o nitrogênio de que precisa. E, a exemplo do potássio, também pode ser carregado facilmente pela água, não permanecendo muito tempo no solo. Já o fósforo [uma forma de fosfato] é um íon muito grande, que não tem tanta mobilidade como os outros macronutrientes”

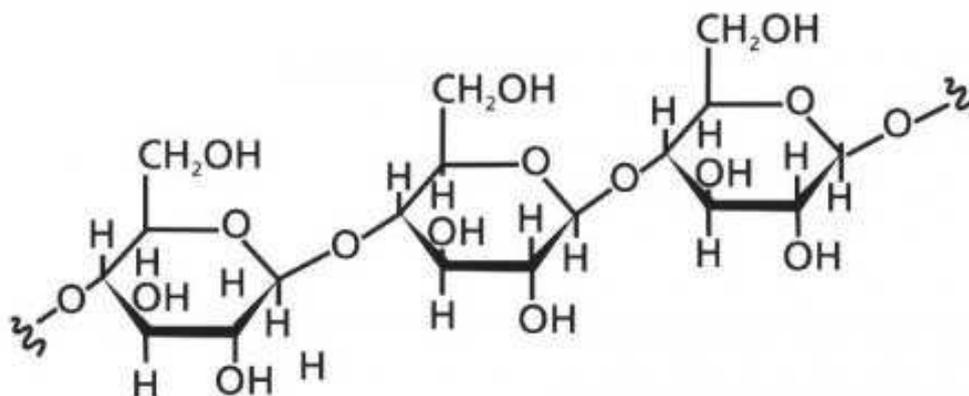
Desenvolver um fertilizante diferente, com base na interação química entre a celulose modificada e os sais, para mantê-los no solo é de grande transcendência

para áreas científicas voltadas para agroquímica, a utilização desses materiais também resulta em menor contaminação de águas subterrâneas e superficiais.

A equipe da UFSCAR ressalta ainda que, “Neste trabalho, focamos nos problemas piores: o nitrato e o potássio. E desenvolvemos um material totalmente biodegradável com uma taxa de liberação desses nutrientes muito próximas dos materiais sintéticos disponíveis.”, mostrando que é possível e viável a produção dessa mercadoria.

Um produto excepcional extraído do eucalipto é a chamada polpa de celulose solúvel. Trata-se de um material com alto teor de celulose (> 92-97 %) quando comparado ao teor encontrado nas polpas convencionais (85-90 %), destinadas a produção de papel e papelão. A polpa de celulose solúvel tem alta pureza e baixo nível de contaminantes inorgânicos. Dada sua alvura e viscosidade, ela pode ser aplicada nos mais diversos produtos, sobretudo na área de alimentação, saúde, cosmética e agricultura. A seguir, uma imagem da fórmula estrutural da Celulose:

Figura 01: Fórmula Estrutural da Celulose.



Fonte: <https://canal.cecierj.edu.br/recurso/7193>

4.2 Tempo médio de duração da liberação no solo

O uso de fertilizantes de liberação controlada tem sido uma alternativa eficaz para reduzir o consumo de fertilizantes e minimizar a poluição ambiental (JAMNONGKAN; KAEWPIROM, 2010). O produto permite também a inserção de micronutrientes, como magnésio, cobre, ferro e zinco, importantes em menor quantidade e em outras etapas de crescimento, sendo necessários estudos prévios e detalhados de cada espécie.

Em aproximadamente 40 dias o material sofre decomposição natural, sem impacto ao ambiente ou prejuízos às plantas, contudo em exceções ele pode demorar menos para se desfazer completamente, dependendo do tamanho e produtos contidos nele, "Geralmente, em um estágio de 40 dias, elas já criaram novas raízes e, assim, suporte para seguirem crescendo dali em diante", conclui docente da UFSCAR.

4.3 Vantagens econômicas e viáveis

O método de obtenção é simples, porque a celulose de eucalipto, que é uma matéria-prima abundante e de baixo custo, tem de 92% a 97% de celulose para extração, além de que o processo de produção não usa solventes e não gera resíduos. Após essa etapa, são incorporados os macronutrientes. A quantidade exata de cada um varia conforme a demanda da planta.

Uma segunda vantagem do novo método é o custo baixo, de R\$ 0,27 por grama de embalagem, algo interessante e viável para pequenos produtores de agricultura familiar. "Em vez de reaplicar o fertilizante de duas a até quatro vezes num determinado período (45 dias), o produtor só usa o material uma vez, até a sua biodegradação natural. A planta está recebendo os nutrientes necessários para se fortalecer sem desperdícios. Isso é vantajoso principalmente para o pequeno produtor, que geralmente trabalha sozinho ou com equipe pequena, porque pode dedicar esse tempo a outras atividades", afirma Faez.

5 METODOLOGIA

Procedimento experimental:

1. Preparação do solo e plantio:

- Preparar o solo adequado para o cultivo de alface e rabanete, garantindo que o pH esteja entre 5,5 e 7,0.

- Utilizar seis vasos iguais para realizar as duas plantações: quatro utilizando o fertilizante NPK 10-10-10 misturado com a solução de celulose (dois seriam com solução de celulose a 0,5 % de concentração e dois seriam com a solução de celulose a 1 % de concentração), e dois utilizando apenas o fertilizante convencional.

- Plantar as mudas de alface e as sementes de rabanete em ambos os seis vasos preparados com terra, seguindo as práticas agronômicas recomendadas.

2. Preparação da solução de celulose:

- Coletar fibras de celulose de eucalipto fornecidas pela empresa doadora (OJI PAPÉIS ESPECIAIS).

- Preparar uma solução de celulose em laboratório a partir das fibras de celulose, utilizando métodos adequados para extrair e dissolver a celulose em água.

3. Tratamento das plantações:

- Aplicar o fertilizante NPK 10-10-10 misturado com a solução de celulose nos quatro vasos de plantio, seguindo as dosagens planejadas (para cada 1g de fertilizante NPK 10-10-10, é usado 50 ml de solução de celulose).

- Aplicar apenas o fertilizante convencional nos outros dois vasos de plantio, utilizando as mesmas dosagens (aproximadamente 5,0 gramas).

- Registrar cuidadosamente a quantidade de fertilizante aplicado em cada vaso e garantir que as condições de cultivo sejam mantidas iguais para ambas as plantações.

4. Acompanhamento do crescimento:

- Monitorar o crescimento das plantas de alface e rabanete ao longo do período de cultivo, registrando dados como altura, desenvolvimento foliar, número e tamanho das folhas, e qualquer sinal de estresse ou doença.

5. Parâmetros físico-químicos analisados no solo:

- Realizar testes de umidade, condutividade elétrica e pH do solo em ambas as áreas de plantio após a aplicação dos fertilizantes e comparar com os solos que há fertilizantes com a solução de celulose, utilizando métodos e equipamentos adequados.

- Coletar amostras de solo para análise de lixiviação, comparando os níveis de nutrientes e outros componentes no solo após a aplicação dos fertilizantes.

6. Análises de teor de nutrientes e alumínio no solo:

- Realizar análises de laboratório para determinar o teor de nutrientes no solo, como potássio e sódio, e análises de acidez potencial do solo, hidrogênio extraível e alumínio disponível no solo, após a aplicação dos fertilizantes e da solução de celulose de 0,5 % e 1,0 %.

7. Comparação de Resultados:

- Comparar os resultados de crescimento, eficácia dos fertilizantes e características do solo entre os seis vasos de plantio, destacando quaisquer diferenças significativas observadas.

- Interpretar os resultados à luz dos objetivos e hipóteses da pesquisa, identificando possíveis relações de causa e efeito entre a aplicação dos fertilizantes e da solução de celulose e os parâmetros avaliados.

Este procedimento experimental permitirá a avaliação objetiva e comparativa dos efeitos do fertilizante fortificados com celulose do eucalipto em relação ao fertilizante convencional, fornecendo informações valiosas sobre sua eficácia e impacto na produção agrícola e na qualidade do solo.

Preparo da solução de celulose com a fibra de celulose do eucalipto conforme roteiro fornecido pela empresa OJI PAPÉIS ESPECIAIS de Piracicaba-SP:

1. OBJETIVO

Refinar a celulose para o entrelaçamento entre as fibras na formação da folha em laboratório.

2. SEGURANÇA

- a) Óculos de segurança;
- b) Manter o cabelo preso.
- c) Retirar adornos, por exemplo anéis, pulseiras, relógios e colares.

Atenção! Essa atividade apresenta superfície altamente aquecida e equipamentos mecânicos.

3. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA O REFINO DA FIBRA DE CELULOSE

- a) Água destilada
- b) Agitador mecânico;
- c) Balança de Umidade; Marca Mettler;
- d) Balança semi-analítica; Marca Ohaus;

- e) Balde;
- f) Bastão;
- g) Béquer de 2 litros;
- h) Copo graduado de 1000 ml;
- i) Desagregador de fibras vegetais; Marca Lorentz & Wettre;
- j) Espátula;
- k) Fibra de Celulose;

4. PROCEDIMENTO DO REFINO DA CELULOSE

a) Picar a celulose em pequenos pedaços e faça a umidade na balança de umidade Infrared Sartorius (pesar aprox. 1,8 ~ 2,0 gramas de celulose). NÃO UTILIZE A BALANÇA DE MICROONDAS!

b) Ligar o ar comprimido do laboratório, caso esteja desligado. Se a quantidade de ar comprimido na linha não for suficiente os equipamentos não acionarão/ ligarão.

4.1 Desagregação da celulose:

Fazer a desagregação da celulose com 3% de concentração (massa seca) e 2500 g total.

1º Etapa: Quanto pesar de celulose para concentração de 3,0%:

$$\left(\begin{array}{l} 2500g - 100\% \\ Xg - 3\% \end{array} \right) \longrightarrow Xg = \frac{2500g \cdot 3\%}{100\%} \longrightarrow Xg = 75 \text{ g de celulose}$$

Lembrando que a celulose não está com 100% de massa seca, ou seja, tem umidade (valor aferido na balança de umidade no início do processo (*Item a*)).

Fazer a correção dos sólidos para saber a quantidade correta de celulose a se pesar:

$$\left[75 \text{ g} \div \text{Umidade da celulose} \right] \rightarrow \text{Quant. de celulose a dosar (gramas)}$$

Exemplo:

$$75 \text{ g} \div 44\% = 170,45 \text{ gramas de celulose}$$

Em uma balança semi-analítica, pesar a celulose e o valor que faltar para 2500 g pesar em água destilada.

Figura 02: Água destilada e fibra de celulose do eucalipto.



Fonte: OJI PAPÉIS ESPECIAIS (2024)

2º Etapa: Colocar a celulose e a água destilada pesada no copo do desagregador, certifique-se que o copo esteja limpo e seco para não interferir na concentração final.

Para levantar o desagregador, aperte o botão de dispositivo de segurança e levante o equipamento pela alça preta.

Figura 01: Desagregador de fibras de celulose.



Fonte: OJI PAPÉIS ESPECIAIS (2024)

Figura 02: Fibra de celulose e água destilada misturados no copo de alumínio



Encaixe o copo com a celulose e água nos 3 pinos da base do equipamento;

Abaixe o suporte até travar e não conseguir levantar sem apertar o dispositivo. Se necessário com uma espátula arrume a celulose para fechar o copo.

Configure para 3000 rpm e ligue o equipamento (STAR).

Fonte: OJI PAPÉIS ESPECIAIS (2024).

Após finalizar as rotações, acenderá a luz vermelha do botão STOP. Aperte o dispositivo de segurança novamente para levantar o desagregador. Retirar a celulose desagregada e transferir para um balde limpo.

Figura 03: Polpa desagregada de celulose feita após sair do desagregador.



Fonte: OJI PAPÉIS ESPECIAIS (2024).

Retirar os sólidos da polpa desagregada na balança de Umidade e limpar o desagregador.

4.2 Preparo da solução de celulose à 0,5 % e 1 %

1° Etapa: Pesar em um copo graduado de 1000 ml, 2,00 gramas secas de celulose desagregada (considerar o percentual da solução).

Cálculo para preparo:

$$\left(2,00g \div \text{---}\% (5\% \text{ da celulose desagregada}) \right) = \text{Quant de celulose (em gramas) para } ^\circ\text{SR}$$

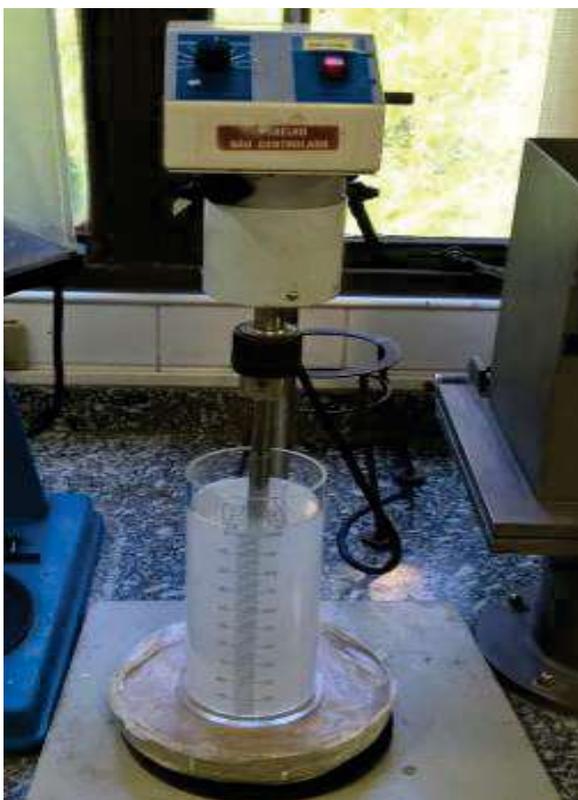
Exemplo:

$$2,00g \div 3,3\% = 60,60 \text{ g de celulose}$$

Completar com água destilada até a marca de 1000 ml do copo graduado.

Colocar em agitação por 5 minutos.

Figura 04: Agitador mecânico (usado para homogeneizar a solução de celulose).



Fonte: OJI PAPÉIS ESPECIAIS (2024).

Roteiros das análises físico-químicas realizados nas amostras de solo:

A) Análise de determinação de pH do Solo:

Para ser feita a análise de pH do solo, foi usado o roteiro de aula prática de química ambiental da ETEC "Cel. Fernando Febeliano da Costa", disponibilizado pelo auxiliar docente e técnico em química André Luís Cera.

1. Introdução:

O pH dos solos é uma medida importante para se estabelecer um referencial sobre a qualidade e provável fonte de contaminação do mesmo por produtos químicos de origem orgânica e/ou inorgânica. O solo é considerado como uma mistura de material inorgânico, matéria orgânica e água. Esta água é que dá origem à característica de pH do solo em questão, uma vez que o hidrogênio ionizável que possa estar presente no solo entrará em equilíbrio com a água. O pH dos solos é o resultado de reações complexas de troca iônica que variam em uma ampla extensão tanto na velocidade como no estado final de equilíbrio, dependendo do conteúdo da amostra de solo, principalmente o balanço entre os vários componentes da mistura do solo, tal como matéria orgânica, argila e conteúdo de areia. Sendo assim, tanto o tempo como a amostragem podem ser fatores críticos na obtenção de resultados reprodutíveis. Normalmente realiza-se a medida de pH em água e em solução de CaCl_2 0,01 mol/L.

No processo de análise de pH do solo alguns cuidados devem ser observados:

1º) o preparo das amostras deve ser feito o mais rápido possível para evitar transformações que afetam os resultados analíticos;

2º) nos locais de preparo, manuseio e estocagem das amostras de solo não é aconselhável a manipulação de adubo, calcário, sal mineral ou outros produtos agrícolas;

3º) as amostras de solo depois de analisadas, devem ser guardadas por um período mínimo de 03 meses, a fim de possibilitar alguma repetição ou análise complementar;

4º) a quantidade de terra que deve ser preparada para a análise e eventuais repetições é de cerca de 300 cm³.

2. Objetivo

O objetivo desta análise é determinar o pH de diversas amostras de solo.

3. Materiais e Reagentes:

- Água destilada
- Balança semi-analítica. Marca Marte – Modelo AL 200
- Bastão de vidro
- Béquer de 50 ml

- Peagâmetro Digital. Marca Gehaka – Modelo PG1800
- Solução tampão pH 4,0
- Solução tampão de pH 7,0

4. Procedimento

4.1- Passar a amostra de terra em peneira de 2 mm e deixe secar sobre folhas de jornal, de preferência à sombra. Transfira a terra fina seca ao ar (TFSA), para um saco plástico devidamente rotulado.

4.2. pH em água

4.2.1 - Colocar 10 g de TFSA (terra fina seca ao ar) em um béquer de 100 ml.

4.2.2 - Adicionar 25 ml de água destilada e agite vigorosamente com bastão de vidro.

4.2.3 - Deixar a solução em repouso por 30 minutos.

4.2.4 - Calibrar o pHmetro com soluções de pH 4,0 e pH 7,0.

4.2.5 - Realizar a leitura do pH da amostra.

B) Determinação da Condutividade Elétrica do Solo:

1. Introdução

Condutividade elétrica (EC sigla em inglês) mede o quanto uma substância ou determinado meio material pode transmitir uma corrente elétrica. Pequenas partículas, chamadas íons, ajudam a carregar a carga elétrica através de uma substância. Esses íons podem ser carregados positivamente ou negativamente. Quanto mais íons disponíveis, maior a condutividade elétrica; menos íons resultariam em menor condutividade elétrica. A Condutividade elétrica é tipicamente relatada em miliSiemens por centímetro (mS /cm) ou microSiemens por centímetro (uS/cm).

Quando o pH do solo e a condutividade elétrica do solo interagem, fatos interessantes acontecem. O pH do solo diz-lhe o quão alcalino ou ácido é esse solo, o que pode influenciar os resultados da condutividade elétrica.

O pH também é a medida dos íons, mas íons específicos. Os íons de hidrogênio carregados positivamente fazem com que uma substância seja mais ácida, enquanto os íons hidroxílicos carregados negativamente fazem com que uma substância seja

mais alcalina. Como estes íons carregam cargas, eles também podem transportar eletricidade.

Quanto mais ácido ou básico for o pH, mais íons existem. Quanto mais íons, maior a condutividade elétrica. Portanto, quanto mais ácido ou básico for seu solo, maior será a condutividade. Quanto mais próximo de neutro (pH 7,00), menos afetará a condutividade elétrica do solo.

Para medir a condutividade elétrica das amostras de solo iremos usar o mesmo princípio do roteiro para medir o pH do solo.

2- Objetivo

O objetivo desta análise é determinar a condutividade elétrica de diversas amostras de solo.

3- Materiais e Reagentes:

- Água destilada.
- Balança semi-analítica. Marca Marte - Modelo AL 200.
- Bastão de vidro.
- Béquer de 50 ml.
- Condutivímetro. Marca Gehaka - Modelo CG1800.
- Solução padrão de condutividade elétrica de 146,9 uS/cm a 25 °C.

4 - Procedimento

4.1- Passar a amostra de terra em peneira de 02 mm e deixar secar sobre folhas de jornal, de preferência à sombra. Transferir a terra fina seca ao ar (TFSA), para um saco plástico devidamente rotulado.

4.2- Condutividade elétrica em água

4.2.1 - Colocar 10 g de TFSA (terra fina seca ao ar) em um béquer de 100 ml.

4.2.2 - Adicionar 25 ml de água destilada e agitar vigorosamente com bastão de vidro.

4.2.3 - Deixar a solução em repouso por 30 minutos.

4.2.4 - Calibrar o condutivímetro com a solução padrão de condutividade de 146,9 uS/cm.

4.2.5 - Realizar a leitura da condutividade da amostra.

C) Análise de determinação do teor de umidade atual no solo:

Para ser feita a análise de teor de umidade atual no solo, foi usado o roteiro de aula prática de química dos alimentos da ETEC “Cel. Fernando Febeliano da Costa”, disponibilizado pelo auxiliar docente e técnico em química André Luís Cera, onde ele disse que seria possível usar este mesmo roteiro para determinar o teor de umidade em solos, pois o curso de Meio ambiente usa-o o mesmo para aulas práticas.

1. Introdução

A umidade atual representa o conteúdo de água presente na amostra em determinado momento e local, podendo ser determinada no lugar ou por amostragem, para determinação em laboratório.

Determinação da massa de água presente na amostra de solo nas condições da coleta. A amostra, mantida sob as condições na qual foi coletada, transportada para o laboratório em embalagem impermeável e vedada, é pesada, seguida da determinação da massa da amostra de solo seca em estufa. A massa de água presente na amostra é então obtida por diferença.

2. Objetivo: Determinar o teor de umidade em solos de plantação.

3. Materiais e vidrarias

- Amostras de solo
- Balança analítica; Marca Gehaka – Modelo AG 200
- Baqueta
- Capsula de porcelana
- Dessecador
- Estufa (105 °C); Marca Solab - Modelo SL 100

4. Procedimento

- Pesar cerca de 5,0 g da amostra em balança analítica diretamente na cápsula de porcelana tratada e tarada.
- Levar à estufa regulada para 105 °C para secagem do material por 03 horas.
- Deixar esfriar em dessecador.
- Pesar depois que o conjunto estiver à temperatura ambiente.

5. Cálculos

$$x = \frac{AM - 100\%}{\frac{AS - x}{AS \cdot 100\%}}$$

$$100 - x = x \%$$

Em que:

AM – Peso da amostra de solo úmida.

AS – Peso da amostra de solo seca depois da estufa a 105 °C.

X = Diferença de massa obtida entre úmida e seca.

X % = Porcentagem de Umidade que havia na amostra.

D) Análise de Alumínio Trocável (Al³⁺) no Solo:

1. Princípio

O cátion trocável (Al³⁺) é determinado utilizando-se uma solução extratora, em que o método do KCl 1,0 mol/L é o preferencial. Esse cátion adsorvido é então analisado por método volumétrico com solução diluída de NaOH.

1.2. Extração

1.2.1 Material e Equipamentos:

- Agitador horizontal circular.
- Almofariz e Pistilo.
- Balança analítica. Marca Gehaka – Modelo AG 200
- Balões volumétricos 100 ml e 1000 ml.
- Bureta volumétrica ou digital.
- Erlenmeyer de 125ml.
- Funil de haste longa.
- Pipeta volumétrica de 25 ml.

2. Reagentes e Soluções

- Solução de KCl 1,0 mol/L – pesar 74,56 g de cloreto de potássio (KCl), previamente seco em estufa, para cada litro de solução a ser preparada.

- Indicador azul de bromotimol – pesar 0,1 g do indicador, colocar em um alforaz e adicionar 1,6 ml de NaOH 0,1 mol/L. Triturar até a dissolução completa. Caso a cor verde desapareça, adicionar algumas gotas de NaOH. Passar o resíduo para balão volumétrico de 100 ml e completar o volume com água. Homogeneizar.

- Solução de NaOH 1,0 mol/L – pesar 40 g de NaOH sólido e transferir para balão volumétrico de 1000 ml. Dissolver e completar o volume com água destilada ou deionizada. Homogeneizar.

Solução de NaOH 0,025 mol/L – pipetar 25 ml da solução de NaOH 1 mol/L e transferir para balão volumétrico de 1 L, completando o volume com água destilada ou deionizada. Homogeneizar. Padronizar a solução.

- Solução padrão primário de Biftalato de potássio ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$) 0,0250 mol/L – pesar 0,5106 g de Biftalato de potássio (hidrogeno ftalato de potássio), previamente seco em estufa a 100 °C por 2 horas. Adicionar aproximadamente 20 ml de água destilada ou deionizada e aquecer até 40 °C. Transferir para balão volumétrico de 100 ml. Completar o volume com água destilada ou deionizada. Homogeneizar.

- Indicador fenolftaleína 1 % – dissolver 1,0 g do indicador em álcool etílico, completando o volume para 100 ml com álcool etílico em balão volumétrico. Homogeneizar.

2.1. Padronização da solução de NaOH 0,025 mol/L:

- Pipetar 25,00 ml da solução padrão de biftalato de potássio 0,0250 mol/L e transferir para Erlenmeyer de 125 ml. Adicionar três gotas do indicador fenolftaleína. Titular com a solução de NaOH 0,025 mol/L até o surgimento da cor levemente rosada.

Cálculo da padronização da solução:

Figura 05: Fórmula para Padronização da solução de NaOH

$$[\text{NaOH}_{\text{pad}}] = \frac{[\text{BifK}] \cdot 25}{V}$$

Fonte: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>

Em que:

[NaOH_{pad}] – concentração da solução padronizada de NaOH, em mol/L.

[BifK] – concentração da solução padrão primário de biftalato de potássio = 0,0250 mol/L.

V – Volume da solução de NaOH 0,025 mol/L gasto na padronização, em ml.

3. Procedimento

- Pesar 10,0 g de solo (TFSA), colocar em Erlenmeyer de 125 ml e adicionar 100 ml de solução de KCl 1 mol/L.

- Agitar durante 5 minutos em agitador horizontal circular ou a mão.

- Depois da agitação, deixar em repouso durante uma noite.

- Pipetar para um Erlenmeyer de 125 ml uma alíquota de 25,00 ml da parte sobrenadante da solução extratora, para determinação do alumínio extraível.

- Na alíquota de 25,00 ml obtida na extração com KCl 1 mol/L, adicionar três gotas do indicador azul de bromotimol e titular com solução padronizada de NaOH 0,025 mol/L, até que a coloração passe de amarelo para verde azulada persistente.

4. Cálculo

$$Al^{3+} = V \cdot f$$

Em que:

Al^{3+} – concentração de alumínio trocável no solo, em $cmol_{(c)}/Kg$.

V – Volume da solução padronizada de NaOH gasto na titulação, em ml.

f – fator de correção considerando a padronização da solução de NaOH em que

$f = [NaOHpad] \times 40$ [NaOHpad] – concentração da solução padronizada de NaOH, em mol/L.

Valor 40 – equivale a $4 \times 100 / 10$, sendo o 4 vindo da divisão de 100 ml da solução extratora por 25 ml pipetado, 100 vindo da mudança de 10 g para 1 kg de solo e 10 da mudança de $mmol_c/Kg$ para $cmol_{(c)}/Kg$.

E) Análise de Potássio e Sódio no Solo:

1. Princípio

Fração do teor total de potássio e sódio no solo, correspondente ao teor utilizado pelas plantas. Extração com solução Mehlich-1 e posterior determinação por espectrofotometria de chama.

2. Material e Equipamentos

- Agitador circular horizontal.
- Balança analítica. Marca Gehaka – Modelo AG 200
- Balões volumétricos de 250 ml, 1 L.
- Balões volumétricos de 50 ml e de 1 L.
- Béquer de 250 ml.
- Erlenmeyer de 125 ml.
- Fotômetro de chama; Marca Analyser - Modelo 910MS.
- Pipeta volumétrica.
- Proveta de 100 ml.

3. Reagentes e Soluções

- Solução extratora Mehlich-1 (HCl 0,05 mol/L e H₂SO₄ 0,0125 mol/L) – adicionar 4,15 ml de ácido clorídrico concentrado p.a. (d = 1,19 g/cm³ e 37 %) e 0,68 ml de ácido sulfúrico p.a. (d = 1,84 g e 98 %) em aproximadamente 500 ml de água destilada ou deionizada, contidos em balão volumétrico de 1 L; agitar e completar o volume com água destilada.

- Solução padrão de KCl e NaCl 10 cmol_(c)/L – pesar 7,46 g de KCl e 5,85 g de NaCl previamente seco em estufa e dissolver em solução extratora de Mehlich-1 até completar o volume de 1 L. Homogeneizar.

- Solução padrão de KCl e NaCl 0,1 cmol_(c)/L – pipetar 10,00 ml da solução padrão de KCl e NaCl 10 cmol_(c)/L e transferir para balão volumétrico de 1 L. Completar o volume usando solução extratora de Mehlich-1. Homogeneizar.

- Soluções padrão diluídas de K⁺ e Na⁺ – pipetar para balões volumétricos de 50,00 ml as seguintes quantidades da solução anterior: 5,00 ml; 10,00 ml; 15,00 ml e 20,00 ml. Completar o volume com solução extratora de Mehlich-1. Transferir para frascos e anotar no rótulo as concentrações de 0,01 cmol_(c)/L; 0,02 cmol_(c)/L; 0,03 cmol_(c)/L e 0,04 cmol_(c)/L de K⁺ e Na⁺, respectivamente.

4. Procedimento

- Pesar 10 g de solo (TFSA) e colocar em Erlenmeyer de 125 ml.
- Adicionar 100 ml de solução extratora Mehlich-1 (HCl 0,05 mol/L e H₂SO₄ 0,0125 mol/L).

- Agitar durante 5 minutos em agitador circular horizontal ou manualmente.
- Deixar decantar durante uma noite.
- Pipetar, sem filtrar, 20 ml do extrato e passar para um béquer.
- Passar o extrato de solo obtido com solução de Mehlich-1 no fotômetro de chama. Anotar a leitura.
- Caso a leitura ultrapasse o valor do padrão de maior concentração (ou do limite de detecção do aparelho quando ele dá leitura direta em concentração), fazer a diluição da amostra. Levar em conta a diluição efetuada quando calcular concentração de K^+ .
- Fazer também uma prova em branco utilizando a solução extratora pura.

5. Cálculo

5.1 Para fotômetros que dão leitura direta em concentração (meq L⁻¹, cmol_c/L ou mg/L)

Figura 06: Fórmulas para descobrir a quantidade de K^+ e Na^+ no solo.

$$K^+, Na^+ \text{ (mg kg}^{-1}\text{)} = 10 \cdot L_2 \cdot d$$

$$K^+ \text{ (cmol}_c \text{ kg}^{-1}\text{)} = \frac{10 \cdot L_2 \cdot d}{390}$$

$$Na^+ \text{ (cmol}_c \text{ kg}^{-1}\text{)} = \frac{10 \cdot L_2 \cdot d}{230}$$

Fonte: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>

Em que:

L₂ – leitura da amostra (para sódio ou potássio), em mg/L.

d – Fator de correção que considera a diluição do extrato de leitura, quando necessário.

F) Análise de Acidez Potencial do Solo:

1. Introdução

A acidez potencial é caracterizada pela soma da acidez trocável (refere-se aos íons H^+ e Al^{3+} que estão retidos na superfície dos coloides por forças eletrostáticas) com a acidez não trocável, que corresponde àquela acidez neutralizada até um determinado valor de pH. A acidez não trocável é representada pelo hidrogênio de

ligação covalente, associado aos coloides com carga negativa variável e aos compostos de alumínio. A acidez potencial caracteriza o poder tampão de acidez do solo e sua estimativa acurada é fundamental para se estimar a Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0 (CTC).

2. Princípio

Extração da acidez potencial do solo com acetato de cálcio tamponado a pH 7,0 e determinação volumétrica com solução de NaOH em presença de fenolftaleína como indicador.

3. Material e Equipamentos

- Agitador horizontal circular.
- Balança analítica. Marca Gehaka – Modelo AG 200
- Balões volumétricos de 100 ml, 250 ml e de 1 L.
- Bureta volumétrica ou digital.
- Pipeta graduada.
- Pipeta volumétrica de 25 ml.

4. Reagentes e Soluções

- Indicador fenolftaleína 1,0 % – dissolver 1,0 g do indicador em etanol, em balão volumétrico de 100 ml, completando o volume com etanol. Armazenar a solução em frasco protegido da luz. Nota: como os álcoois, em sua maioria, são acidificados, deve-se colocar, na solução preparada, algumas gotas de NaOH 0,1 mol/L. Se passar do ponto, isto é, se aparecer cor rósea, adicionam-se gotas de HCl 0,1 mol/L até a solução ficar novamente incolor.

- Solução de hidróxido de sódio 0,025 mol/L – pesar 1,0 g de NaOH sólido e transferir para balão volumétrico de 1 L, completando o volume com água destilada ou deionizada. Padronizar a solução.

- Solução de NaOH 0,1 mol/L – pesar 0,1 g de NaOH sólido e transferir para balão volumétrico de 250 ml. Completar o volume com água destilada ou deionizada.

- Solução de HCl 0,1 mol/L – pipetar 2,1 ml de HCl concentrado ($d = 1,19 \text{ g cm}^{-3}$ e 37%) e transferir para balão volumétrico de 250 ml previamente preenchido até a metade com água destilada ou deionizada. Completar o volume com água e homogeneizar.

- Solução extratora de acetato de cálcio 0,5 mol/L pH 7,1- 7,2 – pesar 88,10 g de acetato de cálcio $[(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} \cdot \text{H}_2\text{O}]$ p.a. Colocar em balão volumétrico de 1,0 L. Dissolver e completar o volume com água destilada ou deionizada. Transferir para um béquer e corrigir o pH para 7,1-7,2 com ácido acético glacial, pingando gota a gota e agitando com bastão de vidro.

5. Procedimento

- Pesar 5,0 g de solo (TFSA), colocar em Erlenmeyer de 125 ml e juntar 75 ml de solução de acetato de cálcio 0,5 mol/L pH 7,0.

- Agitar durante 10 minutos em agitador horizontal circular ou manualmente. Depois da agitação, deixar em repouso durante uma noite.

- Pipetar 25,00 ml da solução sobrenadante obtida com acetato de cálcio e transferir para Erlenmeyer de 125 ml (evitar o arraste de partículas de solo).

- Adicionar três gotas da solução de fenolftaleína e titular com solução padronizada de 0,025 mol/L de NaOH até o desenvolvimento da cor rósea persistente.

- Utilizar uma prova em branco para cada série de amostras.

6. Cálculo

$$(\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}) = (V_a - V_b) \cdot 1,65 \cdot f$$

Em que:

$(\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})$ – acidez potencial do solo, em $\text{cmol}_{(c)}/\text{Kg}$.

V_a – volume da solução padronizada de NaOH 0,025 mol/L gasto na titulação da amostra, em ml.

V_b – volume da solução padronizada de NaOH 0,025 mol/L gasto na titulação da prova em branco, em ml.

Valor 1,65 – fator de correção, decorrente das alíquotas tomadas e da extração de apenas 90 % da acidez por este método.

f – fator de correção considerando a padronização da solução de NaOH, em que $f = 0,025 / [\text{NaOH}_{\text{pad}}]$.

$[\text{NaOH}_{\text{pad}}]$ – concentração da solução padronizada de NaOH.

G) Análise de Hidrogênio Extraível no Solo:

1. Princípio

O hidrogênio extraível corresponde à diferença entre a acidez potencial e o alumínio trocável do solo.

5.2 Cálculo

$$H^+ = (H^+ + Al^{3+}) - (Al^{3+})$$

Em que:

H^+ – concentração de hidrogênio extraível, em $cmol_{(c)}/kg$.

$(H^+ + Al^{3+})$ – acidez potencial do solo, em $cmol_{(c)}/kg$.

Al^{3+} – concentração de alumínio trocável do solo, em $cmol_{(c)}/kg$.

6 RESULTADOS

Nestas discussões vamos usar como fator principal o **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo da Embrapa** como referência para os dados obtidos em nosso experimento.

As interpretações dos dados de análises químicas do solo baseiam-se em princípios científicos amplamente aceitos e em diretrizes específicas de instituições reconhecidas na área de agronomia e ciências do solo, como a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Aqui estão alguns fundamentos e recursos que uso para garantir a precisão das interpretações:

Princípios científicos da química do solo:

- 1) pH do Solo: Indica a acidez ou alcalinidade do solo, afetando a disponibilidade de nutrientes para as plantas.
- 2) Condutividade Elétrica (CE): Mede a salinidade do solo, influenciando a capacidade do solo de conduzir eletricidade, o que pode afetar o crescimento das plantas.
- 3) Teor de Umidade: Reflete a quantidade de água no solo, importante para o crescimento das plantas e a mobilidade dos nutrientes.
- 4) Acidez Potencial: Avalia a reserva ácida do solo, incluindo o hidrogênio e o alumínio trocável.
- 5) Alumínio Trocável e Hidrogênio Extraível: Indicadores da toxicidade do solo e sua capacidade de manter uma acidez baixa.
- 6) Potássio e Sódio Trocáveis: Importantes nutrientes para as plantas, cuja disponibilidade pode ser afetada pelo pH e a CE do solo.

Dados da análise de pH e condutividade elétrica (CE) das soluções de celulose de 0,50 % e 1,0 %:

Soluções de Celulose	pH	Condutividade elétrica
de 0,50 %	6,59 - 24,8 °C	23,9 uS/cm - 33 °C
de 1,0 %	6,33 - 25,1 °C	23,5 uS/cm - 33,1 °C

6.1 Avaliações físicas das plantas:

Rabanete

0,0 % Celulose (Controle):

Primeira Semana:

- Rabanete A: altura 6 cm, 4 folhas, cor da raiz verde claro.
- Rabanete B: altura 5 cm, 3 folhas, cor da raiz verde claro.

Segunda Semana:

- Rabanete A: altura 6,5 cm, 4 folhas, cor da raiz avermelhada clara.
- Rabanete B: altura 7,5 cm, 4 folhas, cor da raiz avermelhada clara.

Terceira Semana:

- Rabanete A: altura 11,5 cm, 5 folhas, comprimento 11 cm, largura 12,5 cm, cor da raiz roxa.
- Rabanete B: altura 9,5 cm, 5 folhas, comprimento 16 cm, largura 15,3 cm, cor da raiz roxa.

0,50 % Celulose:

Primeira Semana:

- Rabanete A: altura 5 cm, 4 folhas, cor da raiz verde.
- Rabanete B: altura 6 cm, 4 folhas, cor da raiz verde.

Segunda Semana:

- Rabanete A: altura 7 cm, 4 folhas, cor da raiz vermelho claro.
- Rabanete B: altura 6,5 cm, 4 folhas, cor da raiz vermelho claro.

Terceira Semana:

- Rabanete A: altura 10,5 cm, 6 folhas, comprimento 6 cm, largura 9,5 cm, cor da raiz roxa.

- Rabanete B: altura 7,5 cm, 5 folhas, comprimento 6 cm, largura 6,5 cm, cor da raiz roxa.

1,0 % Celulose (com erro técnico):**Primeira Semana:**

- Rabanete A: altura 4 cm, 2 folhas, cor da raiz verde.

- Rabanete B: altura 3,5 cm, 2 folhas, cor da raiz verde.

Segunda Semana:

- Rabanete A: altura 4 cm, 4 folhas, cor da raiz meio verde/meio avermelhada.

- Rabanete B: altura 3,5 cm, 2 folhas, cor da raiz verde.

Terceira Semana:

- Rabanete A: altura 6,2 cm, 3 folhas, comprimento 4,5 cm, largura 3 cm, cor da raiz roxo claro.

- Rabanete B: altura 9 cm, 4 folhas, comprimento 5 cm, largura 4 cm, cor da raiz roxo claro.

Alface**0,0 % Celulose (Controle):****Primeira Semana:**

- Alface A: altura 7 cm, 3 folhas, cor verde claro.

- Alface B: altura 7 cm, 4 folhas, cor verde claro.

Segunda Semana:

- Alface A: altura 7 cm, 4 folhas, cor verde.

- Alface B: altura 12 cm, 6 folhas, cor verde vivo.

Terceira Semana:

- Alface A: altura 8 cm, 3,5 cm de comprimento, 4,8 cm de largura, cor verde claro.

- Alface B: altura 13 cm, 15,5 cm de comprimento, 10,5 cm de largura, cor verde vivo, 9 folhas.

0,50 % Celulose:

Primeira Semana:

- Alface A: altura 8 cm, 5 folhas, cor verde vivo.
- Alface B: altura 7,5 cm, 4 folhas, cor verde vivo.

Segunda Semana:

- Alface A: altura 13 cm, 5 folhas, cor verde vivo.
- Alface B: altura 12 cm, 5 folhas, cor verde vivo.

Terceira Semana:

- Alface A: altura 15,5 cm, 8 folhas, 12,4 cm de comprimento, 12 cm de largura, cor verde vivo.
- Alface B: altura 15,2 cm, 9 folhas, 11 cm de comprimento, 13,5 cm de largura, cor verde vivo.

1,0 % Celulose:

Primeira Semana:

- Alface A: altura 7,5 cm, 4 folhas, cor verde.
- Alface B: altura 8 cm, 5 folhas, cor verde vivo.

Segunda Semana:

- Alface A: altura 8 cm, 5 folhas, cor verde vivo.
- Alface B: altura 10 cm, 5 folhas, cor verde claro.

Terceira Semana:

- Alface A: altura 14,7 cm, 7 folhas, 13 cm de comprimento, 12,5 cm de largura, cor verde vivo.
- Alface B: altura 12,9 cm, 6 folhas, 9 cm de comprimento, 7,5 cm de largura, cor verde vivo.

6.2 Dados das Análises Químicas dos Solos:

Análise de pH e Condutividade elétrica do Solo:

Terra Natural – pH= 5,60 – 25°C

Solos das Plantações na 1ª Semana:

Plantas	pH	Condutividade
Rabanete 0,0 %	5,98 - 25,1°C	470 uS/cm - 35,5 °C
Rabanete 0,50 %	5,69 - 25,1°C	651 uS/cm - 35,5 °C
Rabanete 1,0 %	5,50 - 25,1°C	558 uS/cm - 35,6 °C
Alface 0,0 %	6,02 - 25,1°C	649 uS/cm - 35,5 °C
Alface 0,50 %	5,69 - 25,1°C	552 uS/cm - 35,4 °C
Alface 1,0 %	6,21 - 25,1°C	1741 uS/cm - 35,5 °C

Solos das Plantações na 2ª Semana:

Plantas	pH	Condutividade
Rabanete 0,0 %	5,35	444 uS/cm
Rabanete 0,50 %	5,50	680 uS/cm
Rabanete 1,0 %	5,30	619 uS/cm
Alface 0,0 %	5,44	550 uS/cm
Alface 0,50 %	5,26	790 uS/cm
Alface 1,0 %	5,26	1406 uS/cm

Solos das Plantações na 3ª Semana:

Plantas	pH	Condutividade
Rabanete 0,0 %	5,31	972,3 uS/cm - 27,9 °C
Rabanete 0,50 %	5,12	1790 uS/cm - 27,7 °C
Rabanete 1,0 %	5,43	926,5 uS/cm - 27,0 °C
Alface 0,0 %	5,24	1154 uS/cm - 27,7 °C
Alface 0,5 %	5,11	1019 uS/cm - 27,8 °C
Alface 1,0 %	5,10	1061 uS/cm - 27,8 °C

Análise do Teor de Umidade Atual do Solo na 3ª Semana:

Plantas	Teor de Umidade
Rabanete 0,0 %	62,19 %
Rabanete 0,50 %	62,52 %
Rabanete 1,0 %	59,39 %
Alface 0,0 %	61,75 %
Alface 0,50 %	63,81 %
Alface 1,0 %	67,32 %

Análise de Alumínio Trocável do Solo na 3ª Semana:

Plantas	Alumínio Trocável (Al^{3+})
Rabanete 0,0 %	0,088 $cmol_{(c)}/Kg$
Rabanete 0,50 %	0,088 $cmol_{(c)}/Kg$
Rabanete 1,0 %	0,088 $cmol_{(c)}/Kg$
Alface 0,0 %	3,168 $cmol_{(c)}/Kg$
Alface 0,50 %	0,176 $cmol_{(c)}/Kg$
Alface 1,0 %	0,352 $cmol_{(c)}/Kg$

Análise da Acidez Potencial do Solo na 3ª Semana:

Plantas	Acidez Potencial do Solo ($H^+ + Al^{3+}$)
Terra Natural	6,75 $cmol_{(c)}/Kg$
Rabanete 0,0 %	21,41 $cmol_{(c)}/Kg$
Rabanete 0,50 %	18,36 $cmol_{(c)}/Kg$
Rabanete 1,0 %	18,36 $cmol_{(c)}/Kg$
Alface 0,0 %	20,69 $cmol_{(c)}/Kg$
Alface 0,50 %	21,27 $cmol_{(c)}/Kg$
Alface 1,0 %	19,67 $cmol_{(c)}/Kg$

Análise de Hidrogênio Extraível na 3ª Semana:

Plantas	Hidrogênio Extraível (H^+)
Rabanete 0,0 %	21,32 $cmol_{(c)}/Kg$
Rabanete 0,50 %	18,27 $cmol_{(c)}/Kg$
Rabanete 1,0 %	18,27 $cmol_{(c)}/Kg$
Alface 0,0 %	17,52 $cmol_{(c)}/Kg$
Alface 0,50 %	21,09 $cmol_{(c)}/Kg$
Alface 1,0 %	19,31 $cmol_{(c)}/Kg$

Análise de Potássio e Sódio Trocável na 3ªSemana:

Plantas	Potássio (K ⁺)	Sódio (Na ⁺)
Rabanete 0,0 %	1070 mg/kg	150 mg/kg
Rabanete 0,50 %	1400 mg/kg	150 mg/kg
Rabanete 1,0 %	900 mg/kg	120 mg/kg
Alface 0,0 %	1090 mg/kg	130 mg/kg
Alface 0,50 %	1070 mg/kg	150 mg/kg
Alface 1,0 %	1030 mg/kg	150 mg/kg

7 DISCUSSÕES

Discussão sobre Avaliações Físicas das Plantas

Os dados das avaliações físicas das plantas indicam que a adição de celulose ao solo pode ter um impacto significativo no crescimento e desenvolvimento das culturas, tanto de rabanetes quanto de alfaces.

Para os rabanetes, os resultados mostraram que o tratamento com 0,5% de celulose resultou em um crescimento saudável, comparável ao controle, com um número ligeiramente maior de folhas na terceira semana. A cor da raiz também evoluiu de forma favorável, sugerindo que essa concentração de celulose não prejudicou o crescimento e pode ter oferecido benefícios na produção de folhas adicionais. Em contraste, o tratamento com 1,0 % de celulose, que teve um erro técnico (um dos membros chutou o vaso quando já estava pronto e a maior parte da terra caiu no chão, com isso colocamos a terra que caiu de volta no vaso e plantamos outras sementes de rabanete), resultou em um crescimento significativamente menor, com plantas apresentando menor altura e menos folhas. Este resultado sugere que altas concentrações de celulose ou erros na aplicação podem ter efeitos adversos.

Para as alfaces, a adição de 0,50 % de celulose foi especialmente benéfica, resultando em plantas mais altas, com mais folhas e uma cor verde mais viva, indicando um bom estado de saúde das plantas. A concentração de 1,0 % de celulose também foi eficaz, embora ligeiramente menos benéfica que a de 0,50 %. Estes resultados sugerem que

a celulose pode melhorar o crescimento das alfaces, mas a concentração deve ser otimizada.

Discussão sobre o pH e a Condutividade Elétrica (CE)

A análise do pH do solo revelou uma tendência geral de diminuição ao longo das semanas para todos os tratamentos, o que é esperado devido à aplicação de fertilizantes. A adição de celulose a 0,50 % e 1,0 % mostraram variações no pH, mas não indicou um efeito claro na estabilização ou melhoria do pH em relação ao controle. Este resultado sugere que a celulose, nas concentrações usadas, não teve um impacto significativo na manutenção ou alteração do pH do solo.

A condutividade elétrica (CE) aumentou significativamente na terceira semana em todos os tratamentos, indicando uma maior concentração de íons no solo. A adição de celulose a 0,50 % resultou em um aumento maior na CE comparado ao controle e ao tratamento com 1,0 % de celulose para rabanetes. Este aumento pode ser indicativo de uma maior retenção de nutrientes no solo, potencialmente beneficiando o crescimento das plantas.

Discussão sobre o Teor de Umidade

O teor de umidade é um parâmetro crucial para a saúde das plantas, pois afeta a disponibilidade de água e nutrientes no solo. Nos tratamentos com alface, observou-se que os solos com 0,50 % e 1,0 % de celulose retiveram mais umidade em comparação ao controle. Isso sugere que a celulose tem a capacidade de melhorar a retenção de água no solo, o que pode ser benéfico para o crescimento das plantas, especialmente em condições de seca ou irrigação limitada. Para os rabanetes, a adição de 0,50 % de celulose manteve um teor de umidade similar ao controle, enquanto 1,0 % resultou em uma ligeira diminuição. Essa diferença pode ser devido ao erro técnico mencionado ou a uma possível alteração na estrutura do solo que afeta a retenção de água.

Discussão sobre o Alumínio Trocável

O alumínio trocável é um parâmetro importante, pois altos níveis de alumínio podem ser tóxicos para as plantas, afetando negativamente o crescimento das raízes e a

absorção de nutrientes. Nos solos de rabanete, os níveis de alumínio trocável permaneceram constantes em todos os tratamentos, indicando que a adição de celulose não teve um impacto significativo nesse parâmetro. Para os solos de alface, a adição de 0,50 % e 1,0 % de celulose resultou em menores concentrações de alumínio trocável em comparação ao controle, o que é um efeito positivo. Isso sugere que a celulose pode ajudar a reduzir a toxicidade do alumínio, possivelmente através de mecanismos de adsorção ou complexação, melhorando assim a saúde das plantas e o desenvolvimento das raízes.

Discussão sobre a Acidez Potencial do Solo

A acidez potencial do solo é uma medida da reserva ácida total, incluindo íons de hidrogênio (H^+) e alumínio (Al^{3+}) trocáveis. Solos com alta acidez potencial pode afetar negativamente a disponibilidade de nutrientes e o crescimento das plantas. Em comparação com a terra natural, todos os solos tratados com fertilizantes apresentaram uma acidez potencial significativamente maior, o que é esperado. A adição de 0,50 % e 1,0 % de celulose reduziu a acidez potencial nos solos de rabanete, sugerindo que a celulose pode atuar como um amortecedor, neutralizando parte da acidez induzida pelos fertilizantes. Para os solos de alface, a resposta foi mais variada, com 0,50 % de celulose aumentando ligeiramente a acidez e 1,0 % de celulose reduzindo-a. Esses resultados indicam que a eficácia da celulose na modulação da acidez do solo pode depender da concentração utilizada e do tipo de cultura.

Discussão sobre o Hidrogênio Extraível

O hidrogênio extraível no solo é um indicador importante da acidez ativa, que pode afetar diretamente a disponibilidade de nutrientes e a saúde das plantas. A análise dos níveis de hidrogênio extraível nos solos de rabanete e alface tratadas com diferentes concentrações de celulose revela insights importantes sobre a eficácia da celulose na modulação da acidez do solo.

Nos solos de rabanete, a adição de 0,50 % e 1,0 % de celulose resultou em uma redução significativa nos níveis de hidrogênio extraível em comparação ao controle. Especificamente, o solo de rabanete tratado com 0,0 % de celulose apresentou um

nível de hidrogênio extraível de 21,32 cmol(c)/Kg, enquanto os solos tratados com 0,5% e 1,0 % de celulose apresentaram níveis de 18,27 cmol(c)/Kg. Esta redução indica que a celulose pode estar ajudando a neutralizar a acidez ativa do solo, possivelmente através da adsorção ou complexação de íons de hidrogênio. A diminuição dos níveis de hidrogênio extraível sugere que a celulose pode melhorar a disponibilidade de nutrientes e a saúde das plantas, promovendo um ambiente de crescimento mais favorável.

Nos solos de alface, a resposta à adição de celulose foi mais variada. O solo tratado com 0,0 % de celulose apresentou um nível de hidrogênio extraível de 17,52 cmol(c)/Kg. Com a adição de 0,50 % de celulose, os níveis aumentaram para 21,09 cmol(c)/Kg, indicando um aumento na acidez ativa. No entanto, com 1,0 % de celulose, os níveis de hidrogênio extraível diminuíram para 19,31 cmol(c)/Kg. Essa variação sugere que a eficácia da celulose na modulação da acidez do solo pode depender da concentração utilizada e do tipo de cultura. O aumento observado com 0,50 % de celulose pode ser devido a uma liberação temporária de íons de hidrogênio durante a decomposição inicial da celulose, enquanto a maior concentração de 1,0 % pode ter proporcionado um efeito de amortecimento mais robusto a longo prazo.

Discussão sobre o Potássio e o Sódio Trocáveis

Os nutrientes trocáveis, como potássio (K^+) e sódio (Na^+), desempenham papéis cruciais no crescimento e desenvolvimento das plantas. O potássio é essencial para a regulação osmótica, a ativação de enzimas e o desenvolvimento de tecidos vegetais, enquanto o sódio, embora não essencial para todas as plantas, pode ser benéfico em pequenas quantidades para algumas espécies. A análise dos níveis de potássio e sódio trocáveis nos solos tratados com diferentes concentrações de celulose fornece informações sobre como a celulose pode influenciar a disponibilidade desses nutrientes.

Potássio Trocável

Para os rabanetes, a adição de 0,50 % de celulose resultou em um aumento significativo no teor de potássio trocável, de 1070 mg/kg no controle para 1400 mg/kg. Este aumento sugere que a celulose pode melhorar a disponibilidade de potássio no solo, possivelmente através da melhoria da estrutura do solo e da capacidade de

retenção de nutrientes. A celulose pode atuar como um agente condicionador do solo, melhorando a retenção de água e, conseqüentemente, a disponibilidade de nutrientes. No entanto, a concentração de 1,0 % de celulose resultou em uma redução no teor de potássio trocável para 900 mg/kg, o que pode indicar uma interação química desfavorável ou uma diluição excessiva dos nutrientes no solo. Esta redução destaca a necessidade de otimização da concentração de celulose para evitar possíveis efeitos negativos na disponibilidade de nutrientes. Possivelmente, a alta concentração de celulose pode ter promovido uma maior retenção de água, mas também uma maior fixação do potássio no complexo coloidal do solo, tornando-o menos disponível para as plantas.

Nos solos de alface, os níveis de potássio trocável foram relativamente consistentes entre os tratamentos. O solo tratado com 0,0 % de celulose apresentou 1090 mg/kg de potássio, enquanto os solos tratados com 0,50 % e 1,0 % de celulose apresentaram 1070 mg/kg e 1030 mg/kg, respectivamente. Estas variações menores indicam que a celulose teve uma leve influência na disponibilidade de potássio, mas não de forma significativa. A menor variação nos níveis de potássio trocável nos solos de alface pode ser atribuída à diferente dinâmica de absorção de nutrientes da alface em comparação com os rabanetes.

Sódio Trocável

Os níveis de sódio trocável nos solos de rabanete foram consistentes entre os tratamentos, com uma ligeira redução observada no solo tratado com 1,0 % de celulose (120 mg/kg) em comparação ao controle (150 mg/kg). Esta constância nos níveis de sódio sugere que a celulose não afetou negativamente a disponibilidade deste nutriente. A leve redução observada com 1,0 % de celulose pode ser benéfica, pois altos níveis de sódio podem prejudicar o crescimento das plantas, causando problemas de salinidade e afetando a absorção de água e outros nutrientes.

Nos solos de alface, os níveis de sódio trocável também foram consistentes entre os tratamentos, variando entre 130 mg/kg e 150 mg/kg. A leve constância nos níveis de sódio indica que a celulose não impactou negativamente a disponibilidade deste nutriente para as plantas de alface. Isso é positivo, pois mantém a estabilidade nutricional do solo sem causar efeitos adversos devido ao excesso de sódio.

8 CONCLUSÃO

A análise abrangente dos dados revela uma série de resultados significativos em relação ao crescimento e saúde das plantas de rabanete e alface, bem como as características dos solos em que foram cultivadas. As avaliações físicas das plantas indicam que, em geral, o crescimento foi influenciado pela presença e concentração de celulose no solo, com variações na altura, número de folhas, comprimento e largura das plantas.

No caso do rabanete, observou-se um aumento geral no crescimento em altura e folhagem com o aumento da concentração de celulose no solo, embora o grupo com 1% de celulose tenha apresentado um erro técnico que impactou negativamente o desenvolvimento das plantas. O aumento do teor de umidade do solo também parece estar correlacionado com o aumento da concentração de celulose, indicando uma possível influência na retenção de água no solo.

Já para a alface, os resultados foram mais variados. Enquanto algumas métricas de crescimento, como altura e número de folhas, parecem ter sido positivamente afetadas pelo aumento da celulose, outras, como o comprimento e largura das folhas, mostraram menos consistência nessa tendência. Além disso, a análise do teor de umidade indica um aumento geral com a concentração de celulose, o que pode ser benéfico para o desenvolvimento das plantas.

A análise dos parâmetros do solo também oferece insights importantes. O aumento da concentração de celulose parece ter impactado a acidez potencial do solo, com valores tendendo a diminuir com o aumento da celulose. No entanto, é importante observar que os níveis de pH em alguns casos excederam os valores recomendados, o que pode indicar a necessidade de correção do solo para otimizar as condições de crescimento das plantas.

Em termos de disponibilidade de nutrientes, os dados mostram variações nos teores de alumínio trocável, potássio e sódio, com algumas concentrações ultrapassando os limites recomendados para cultivo. Especificamente, os altos teores de alumínio trocável no solo de alface sem celulose e o aumento na concentração de sódio em

alguns tratamentos podem representar desafios para o crescimento saudável das plantas.

Os resultados da análise de potássio e sódio trocáveis indicam que a adição de celulose ao solo pode influenciar a disponibilidade desses nutrientes, especialmente o potássio. A concentração de 0,50 % de celulose mostrou-se particularmente benéfica para aumentar a disponibilidade de potássio nos solos de rabanete, enquanto para alfaces, a influência foi menos pronunciada. A constância nos níveis de sódio trocável sugere que a celulose não afetou negativamente este nutriente, mantendo a estabilidade nutricional do solo.

Esses achados sugerem que a celulose pode ser uma adição valiosa aos fertilizantes para melhorar a qualidade do solo e promover práticas agrícolas mais sustentáveis. No entanto, é crucial otimizar a concentração de celulose para cada tipo de cultura e continuar estudando as interações entre a celulose e os componentes do solo para maximizar os benefícios. Estudos adicionais são necessários para confirmar esses resultados e entender melhor os mecanismos pelos quais a celulose afeta a disponibilidade de nutrientes no solo.

Com base nos padrões de solo estabelecidos pela Embrapa e outras pesquisas científicas, os resultados sugerem que a adição de celulose pode ter efeitos variados no crescimento e desenvolvimento das plantas de rabanete e alface, dependendo das condições específicas do solo e das concentrações de celulose utilizadas. É importante considerar esses resultados ao planejar práticas de manejo de solo e fertilização para garantir o crescimento saudável e sustentável das culturas.

FERTILIZERS FORTIFIED WITH EUCALYPTUS CELLULOSE FIBER

Abstract: This research aims to develop fertilizers coated with cellulose solution extracted from eucalyptus, in order to promote a slower and more efficient release of nutrients into the soil. The central idea is that the incorporation of cellulose helps in the controlled release of essential nutrients such as nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K), maximizing the use of fertilizers by plants.

Different studies indicate that the application of cellulose can improve moisture retention in the soil and reduce nutrient leaching, ensuring longer and more consistent availability for plants. Instead of using nanocellulose, the research focuses on applying a cellulose solution to coat NPK fertilizers (nitrogen, phosphorus and potassium).

Comparative experiments will be conducted between soils treated with conventional fertilizers and those coated with the eucalyptus cellulose solution. The main parameters to be evaluated include the rate of nutrient release, the soil's moisture retention capacity and plant growth over time.

Keywords: Cellulose. Fertilizers. Leaching. NPK. Nutrients.

REFERÊNCIAS

- ALISSON, Elton. **Pesquisadores desenvolvem estratégias para solubilização da celulose.** Agência FAPESP. Disponível em: <<https://agencia.fapesp.br/pesquisadores-desenvolvem-estrategias-para-solubilizacao-da-celulose/29130>> Acesso em: 26 fev. 2024.
- AXIOS RESEARCH. **Como Calcular a Condutividade Elétrica (CE) do Solo.** Axiosbrasil.com. Disponível em: <<https://axiosbrasil.com.br/como-calcular-a-condutividade-eletrica-ce-do-solo/>> Acesso em: 22 mai. 2024.
- BORELLI, Laíze Mattos. **FERTILIZANTES DE EFICIÊNCIA APRIMORADA - PERSPECTIVAS E POTENCIAL DE USO DE BIOPOLÍMEROS COMO MATRIZES DE LIBERAÇÃO LENTA OU CONTROLADA.** repositorio.ufscar. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/13587/TFG%20-%20LA%C3%8DZE%20BORELLI__%20versao%20final%20p%C3%B3s-defesa%2021-12-20.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 02 dez. 2023.
- BOSQUIERO, Beatriz Nastaro. **Interpretação da análise de solo: guia em 4 passos para resultados precisos.** Agroadvance. Disponível em: <<https://agroadvance.com.br/blog-interpretacao-analise-de-solo/>> Acesso: 24 fev. 2024.
- BRASIL, Edilson Carvalho; CRAVO, Manoel da Silva. **Interpretação dos resultados da análise do solo.** Embrapa.br. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218394/1/LV-RecomendacaoSolo-2020-63-66.pdf>> Acesso em 10 mai. 2024.
- CANASOL. **Pesquisadores desenvolvem fertilizante a partir de celulose de cana-de-açúcar.** Canasol.com. Disponível em: <<https://canasol.com.br/pesquisadores-desenvolvem-fertilizante-a-partir-de-celulose-de-cana-de-acucar/>> - Acesso em: 23 mar. 2024.
- CARNIERI, I.M.R.S.A.; MONTE SERRAT, B.; LIMA, M.R. **Análise de solo ou planta que os laboratórios podem fazer para o produtor rural.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Projeto de Extensão Universitária Solo Planta, 2002. (Folder). soloplan.agrarias.ufpr. Disponível em: <<http://www.soloplan.agrarias.ufpr.br/tiposdeanalise.htm>> Acesso em: 04 mar. 2024.

CARDOSO, Thainá. **Como plantar alface: dicas fáceis e rápidas para cultivar a hortaliça.** Tuacasa. Disponível em: <<https://www.tuacasa.com.br/como-plantar-alface/>> Acesso em: 04 mar. 2024.

CONTIERI, Gabriela Aparecida. **Compósitos à base de quitosana e fibras de celulose como um potencial sistema para liberação controlada de fertilizantes.** repositorio.ufscar. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/14514/Monografia_Gabriela%20Aparecida%20Contieri.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 18 mar. 2024.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Celulose.** brasil escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/celulose.htm>> Acesso em: 25 mar. 2024

FREIRE, Francisco Morel; PITTA, Gilson Villaça Exel; ALVES, Vera Maria Carvalho; FRANÇA, Gonçalo Evangelista de; COELHO, Antonio Marcos. **Fertilidade de solos.** Embrapa.br. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35315/1/Interpretacao-resultados.pdf>> Acesso em: 11 mai. 2024.

GONÇALVES, Vanessa. **NANOCELULOSE EXTRAÍDA DE FIBRAS VEGETAIS.** monografias.brasilecola. Disponível em: <<https://monografias.brasilecola.uol.com.br/agricultura-pecuaria/nanocelulose-extraida-de-fibras-vegetais.htm#:~:text=A%20nanocelulose%20possui%20um%20papel%20muito%20importante%20para%20o%20mercado,as%20demais%20fibras%20de%20celulose>> Acesso em: 11 mar. 2024.

HANNA INSTRUMENTS. **Guia para o Teste de Condutividade Elétrica do Solo.** Hannainst.com. Disponível em: <<https://hannainst.com.br/guia-para-condutividade-do-solo/#ec-e-ph>> Acesso em: 22 mai. 2024.

MALTZ, Renata. **Comparação do uso agrícola de resíduos de celulose e a legislação internacional.** Celso-foelkel. Disponível em: <https://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Comparacao_uso_agricola.pdf> Acesso em: 20 mar. 2024.

NINNI, Karina. **Grupo usa celulose para retardar a liberação de fertilizantes no solo e criar vasos autofertilizantes.** Agência FAPESP. Disponível em:

- <<https://agencia.fapesp.br/grupo-usa-celulose-para-retardar-a-liberacao-de-fertilizantes-no-solo-e-criar-vasos-autofertilizantes/39699>> Acesso em: 03 dez. 2023.
- PICHELLI, Katia. **Pesquisa usa nanofibras de celulose para produzir fertilizante de liberação controlada.** Embrapa. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/32371396/pesquisa-usa-nanofibras-de-celulose-para-produzir-fertilizante-de-liberacao-controlada#:~:text=de%20libera%C3%A7%C3%A3o%20lenta-,Fertilizantes%20de%20libera%C3%A7%C3%A3o%20lenta%20ou%20controlada%20liberam%20os%20nutrientes%20de,as%20necessidades%20nutricionais%20da%20planta>> Acesso em: 26 fev. 2024.
- PORTAL CELULOSE. **Klabin obtém insumo para fertilizantes a partir da fabricação de celulose.** portalcelulose.com. Disponível em: <<https://portalcelulose.com.br/klabin-obtem-insumo-para-fertilizantes-a-partir-da-fabricacao-de-celulose/>> - Acesso em: 25 mar. 2024.
- RABELLO, Ladislau Marcelino. **Condutividade elétrica do solo, tópicos e equipamentos.** Embrapa.br. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/658188/1/DOC432009.pdf>> Acesso em: 22 mai. 2024.
- SITE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Mais produção e menos poluição: Celulose controla liberação de fertilizantes no solo.** 03/10/2022. Online. Disponível em: <www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=celulose-controla-liberacao-fertilizantes-solo.> Acesso em: 08 out. 2023.
- SOBRAL, Lafayette Franco; BARRETTO, Marcos Cabral de Vasconcellos; SILVA, Airon José da; ANJOS, Joézio Luiz dos. **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo.** Embrapa.br. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142260/1/Doc-206.pdf>> Acesso em: 08 mai. 2024.
- SOUZA, Daniel Jasmio Gomes de. **O uso de fertilizantes organominerais para o desenvolvimento inicial do milho.** repositorio.ufu. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/35590>> Acesso em: 02 dez. 2023
- STAPPE, José Luiz; BALLONI, Edson Antônio. **O USO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE CELULOSE COMO INSUMOS NA PRODUÇÃO FLORESTAL.** Ipef.br. Disponível em: <<https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr40/cap05.pdf>> Acesso em 25 mar. 2024.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo.** 2017. Embrapa.br. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>> Acesso em: 06 mai. 2024.

TERRANÁLISES LABORATÓRIO DE ANÁLISES AMBIENTAIS. **Tipos de análise de solo.** terranalises.com. Disponível em: <<https://terranalises.com.br/novidade-detalhes/56/tipos-de-analise-de-solo>> - Acesso em: 29 fev. 2024.

VILAR, Daniel. **Interpretação dos Resultados das Análises de Solos.** Agriconline. Disponível em: <<https://agronline.com.br/portal/artigo/interpretacao-dos-resultados-das-analises-de-solos/#:~:text=O%20centimol%20de%20carga%20>> Acesso em: 11 mai. 2024.

ZONTA, Everaldo; STAFANATO, Juliano Bahiense; PEREIRA, Marcos Gervasio. **Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais.** Infoteca-e. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/227063/1/cap14-livro-RecomendacaoCalagemAdubacao-AnaLuciaBorges-AINFO.pdf>> Acesso em: 30 nov. 2023.

CARLOS HENRIQUE SEBASTIÃO PEREIRA DO NASCIMENTO
GIOVANA CAPUCIM DE CAMPOS
KEVIN DA COSTA BEDIN SACHS
LARISSA DE SOUSA LIMA
RAFAEL SAMPAIO CERQUEIRA

FERTILIZANTES FORTIFICADOS COM FIBRA DE CELULOSE DO EUCALIPTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Química da escola ETEC “Cel. Fernando Febeliano da Costa”, orientado pelo professor Ulisses Aparecido Camargo Rosa, como requisito parcial para a obtenção do título de Técnico em Química.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Josinei Venâncio Cordeiro – Coordenador da Área

Prof. Ulisses Aparecido Camargo Rosa – Presidente da Banca

Prof. Dr. Felisberto Gonçalves Santos Junior – Examinador

Piracicaba – SP
2024