

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV

**CALIBRAÇÃO DE EXTRATORES DE CÁPSULA
POROSA PARA MANEJO DE FERTIRRIGAÇÃO EM
LATOSSOLO AMARELO**

João Victor de Oliveira Pereira

Brasília, DF



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV

João Victor de Oliveira Pereira

**CALIBRAÇÃO DE EXTRATORES DE CÁPSULA
POROSA PARA MANEJO DE FERTIRRIGAÇÃO EM
LATOSSOLO AMARELO**

Trabalho de conclusão de curso apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Professor Dr. João José da Silva Júnior

Brasília, DF

Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV

Termo de Aprovação

Autor: João Victor de Oliveira Pereira

Título: Calibração de extratores de cápsula porosa para manejo de fertirrigação em Latossolo Amarelo.

Aprovado em: Brasília, 18 de 10 de 2021

Banca examinadora:

Professor Dr. João José da Silva Junior
Universidade de Brasília – UnB
Orientador

Professor Dr. Tiago Pereira da Silva Correia
Universidade de Brasília – UnB
Examinador

Professora Dr^a. Mariana Alexandre de Lima Sales
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA
Examinadora

FICHA CATALOGRÁFICA

PEREIRA, João Victor O.;

Calibração de extratores de cápsula porosa para manejo de fertirrigação em Latossolo Amarelo – Brasília, Distrito Federal, 2021.

45 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso Graduação - Universidade de Brasília.
Curso Agronomia, Brasília, 2021.

“Orientador: Professor Dr. João José da Silva Junior”.

1. Extrator de solução do solo, 2. Nitrogênio, 3. Potássio

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: João Victor de Oliveira Pereira

Título do Trabalho de Conclusão de Curso: Calibração de extratores de cápsula porosa para manejo de fertirrigação em Latossolo Amarelo.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

*Aos meus pais, que sempre me deu suporte
para que este chegasse até aqui.*

*Aos professores que facilitaram essa longa
caminhada.*

*A todos que contribuíram de alguma forma
para a realização deste trabalho.*

*Aos meus amigos, que me auxiliaram nesta
batalha.*

Dedico os meus sinceros agradecimentos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela oportunidade, por me dado a capacidade e inteligência para a realização deste trabalho. Agradeço a minha família, aos meus amigos por acreditarem em mim, e por me darem força e coragem para não desistir. Ao meu orientador o Professor Dr. João José da Silva Junior pela ajuda, pela orientação para seguir em frente com objetivo e metas a serem alcançados. Agradeço a todas as pessoas que estiveram comigo, que me deram forças para poder realizar o meu sonho, muito obrigado a todos. E também, meus sinceros agradecimentos à Universidade de Brasília por me proporcionar o melhor ambiente educacional.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO.....	11
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1. NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS.....	12
3.1.1 NITROGÊNIO.....	12
3.1.2 POTÁSSIO.....	13
3.2. FERTIRRIGAÇÃO.....	14
3.3. EXTRATORES DE SOLUÇÃO.....	15
3.4. AVALIAÇÕES.....	16
3.4.1. POTENCIAL HIDROGENIÔNICO.....	16
3.4.2. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	16
3.4.3. TEOR DE NITRATO E POTÁSSIO	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1. AMBIENTAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	17
4.2 COLETA DO SOLO.....	17
4.3. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	19
4.3.1. EXTRATOR, BOMBA DE VÁCUO E DEMAIS UTENSÍLIOS	19
4.3.2. MEDIDORES LAQUATWIN.....	20
4.3.2.1. HORIBA LAQUATWIN KMETER.....	21
4.3.2.2. HORIBA LAQUATWIN NO3-METER.....	21
4.3.3. PHMETRO	22
4.3.4. CONDUTIVÍMETRO.....	22
4.3.5. TENSÍÔMETRO	22
4.4. PREPARO DE SOLUÇÕES.....	23
4.5. AVALIAÇÕES.....	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5.1 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)	26
5.2 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	28
5.3 TEOR DE POTÁSSIO	29
5.4 TEOR DE NITRATO.....	31
5.5 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA X TEOR DOS ÍONS.....	32
5.6 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO X TEOR DOS ÍONS	33
6. CONCLUSÕES	35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DA REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	17
FIGURA 2. LOCAL DE EXTRAÇÃO DO LATOSSOLO AMARELO, REFERENCIADO COM A SEDE	18
FIGURA 3. EXTRATOR DE SOLUÇÃO USADO NO EXPERIMENTO	19
FIGURA 4. VISÃO GERAL DA ESTUFA.....	20
FIGURA 5. RECIPIENTES USADOS PARA ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE	20
FIGURA 6. MEDIDORES DE NO ₃ ⁻ E K ⁺	21
FIGURA 7. MEDIDOR DE PH	21
FIGURA 8. MEDIDOR DE CONDUTIVIDADE	22
FIGURA 9. TENSÍMETRO INSTALADO NOS VASOS	22
FIGURA 10 – A, B, C. CORRELAÇÃO PH DA SOLUÇÃO APLICADA COM O PH DA SOLUÇÃO COLETADA NO LATOSSOLO AMARELO, REPETIÇÕES 1,2 E 3.....	26
FIGURA 11. CORRELAÇÃO DA MÉDIA DO PH DA SOLUÇÃO APLICADA COM A MÉDIA DO PH DA SOLUÇÃO COLETADA NO LATOSSOLO AMARELO.....	27
FIGURA 12 – A, B, C. CORRELAÇÃO C.E DA SOLUÇÃO APLICADA COM A C.E. DA SOLUÇÃO COLETADA NO AMARELO, REPETIÇÃO 1,2 E 3.....	28
FIGURA 13. CORRELAÇÃO DA MÉDIA DA C.E. DA SOLUÇÃO APLICADA COM A MÉDIA DA C.E. DA SOLUÇÃO COLETADA LATOSSOLO E AMARELO	28
FIGURA 14 – A, B, C. CORRELAÇÃO DO TEOR DE K ⁺ DA SOLUÇÃO APLICADA COM DO TEOR DE K ⁺ DA SOLUÇÃO COLETADA NO LATOSSOLO AMARELO, REPETIÇÃO 1,2 E 3	29
FIGURA 15. CORRELAÇÃO DA MÉDIA DO TEOR DE K ⁺ . DA SOLUÇÃO APLICADA COM A MÉDIA DO TEOR DE K ⁺ . DA SOLUÇÃO COLETADA LATOSSOLO AMARELO.....	30
FIGURA 16 – A, B, C. CORRELAÇÃO DO TEOR DE NO ₃ ⁻ DA SOLUÇÃO APLICADA COM DO TEOR DE NO ₃ ⁻ DA SOLUÇÃO COLETADA NO LATOSSOLO AMARELO, REPETIÇÃO 1,2 E 3	31
FIGURA 17. CORRELAÇÃO DA MÉDIA DO TEOR DE NO ₃ ⁻ . DA SOLUÇÃO APLICADA COM A MÉDIA DO TEOR DE NO ₃ ⁻ . DA SOLUÇÃO COLETADA LATOSSOLO AMARELO	31
FIGURA 18. CORRELAÇÃO DO TEOR DE K ⁺ . DA SOLUÇÃO COLETADA COM A C.E SOLUÇÃO COLETADA LATOSSOLO AMARELO.....	32
FIGURA 19. CORRELAÇÃO DO TEOR DE NO ₃ ⁻ . DA SOLUÇÃO COLETADA COM A C.E DA SOLUÇÃO COLETADA LATOSSOLO AMARELO	32
FIGURA 20. CORRELAÇÃO DO TEOR DE K ⁺ . DA SOLUÇÃO COLETADA COM O PH DA SOLUÇÃO COLETADA LATOSSOLO AMARELO.....	33
FIGURA 21. CORRELAÇÃO DO TEOR DE NO ₃ ⁻ . DA SOLUÇÃO COLETADA COM O PH DA SOLUÇÃO COLETADA LATOSSOLO AMARELO	34

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. ANÁLISE DE SOLO DO LATOSSOLO AMARELO.....	18
TABELA 2. NUTRIENTES ENVOLVIDOS NO PREPARO DA SOLUÇÃO ESTOQUE A.....	23
TABELA 3. NUTRIENTES ENVOLVIDOS NO PREPARO DA SOLUÇÃO ESTOQUE B.....	23

RESUMO

O presente estudo se justifica pela necessidade da utilização do extrator de solução do solo de cápsula porosa, para um manejo da fertirrigação economicamente viável e ambientalmente correto, prometendo o possível controle da concentração de nutrientes na solução do solo. O objetivo principal foi obter a calibração desse extrator no Latossolo Amarelo, possibilitando o monitoramento da condutividade elétrica, pH e concentração de íons NO_3^- e K^+ na solução do solo. O experimento foi realizado em ambiente protegido, foram utilizados 48 vasos de 8 litros, nos quais foram aplicadas soluções com diferentes concentrações de N e K (50%, 100%, 150%, 200%, 250%, 300%, 350% e 400%) da solução nutritiva para a cultura do tomate proposta por (Furlani, 1998), com 3 repetições. Ao final do experimento, a condutividade elétrica e concentração de nitrato e potássio foram estimadas com precisão satisfatória a partir da solução coletada com extratores providos de cápsulas porosas.

Palavras-chave: Extrator de solução do solo, Nitrogênio, Potássio.

ABSTRACT

The present study is justified by the need to use a porous capsule soil solution extractor for an economically viable and environmentally correct management of fertirrigation, promising the possible control of the concentration of nutrients in the soil solution. The main objective was to obtain the calibration of this extractor in the Yellow Latossolo, enabling the monitoring of electrical conductivity, pH and concentration of NO₃⁻ and K⁺ ions in the soil solution. The experiment was carried out in a protected environment, using 48 8-liter pots, in which solutions with different concentrations of N and K (50%, 100%, 150%, 200%, 250%, 300%, 350% and 400%) of the nutrient solution for the tomato crop proposed by (Furlani, 1998), with 3 replications. At the end of the experiment, the electrical conductivity and concentration of nitrate and potassium were estimated with satisfactory precision from the solution collected with extractors provided with porous capsules.

Keywords: Soil solution extractor, Nitrogen, Potassium.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento do teor de nutrientes no solo é de fundamental importância para um adequado manejo do solo, e extremamente necessário quando se utiliza a fertirrigação como forma de distribuição de fertilizantes. Obtendo essa informação durante o ciclo da cultura, permite uma dosagem exata de determinado nutriente, propiciando economia e evitando contaminação ambiental, pois a adubação é uma das etapas mais onerosas na implementação e manutenção de um cultivo, e excesso de aplicação de fertilizantes podem gerar prejuízos ao ambiente como contaminação do lençol freático e a salinização do solo ou substrato mais próximo da planta.

O solo como meio tradicional para o desenvolvimento de uma cultura, compreende espaço físico onde a planta absorve nutrientes, resultantes da decomposição de componentes bióticos e abióticos presentes no solo, e água. Esse meio é oriundo do intemperismo de rochas de diversos tipos, é nele que foi possível que a agricultura existisse, e nos tempos atuais o conhecimento sobre as características física e químicas do solo rompe uma barreira para o obter o máximo de produtividade em uma lavoura. Para isso, uma correção dessas características através da adubação é necessária.

Para uma adubação correta é importante o conhecimento do teor de nutrientes no solo, principalmente se utilizar o sistema de irrigação como meio de transporte desse adubo, até a planta desejada, pois a fertirrigação necessita do máximo de precisão possível.

Um dos métodos mais simples de fazer as análises necessárias é utilizando o extrator de cápsula porosa, esse equipamento consiste em um tubo de PVC (policloreto de vinila) com uma cápsula porosa soldada em uma das pontas, essa capsula é feita de cerâmica e permite a passagem de líquidos por ela, através da diferença de potencial que existe dentro do extrator e no meio onde ele está inserido. O seu uso foi verificado por DIAS et al. (2005), que avaliou esse tipo de extrator para o monitoramento da concentração total de sais na solução do solo, e verificaram que pode ser utilizado com precisão satisfatória, se for devidamente calibrado para o solo utilizado.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Obtenção de curvas de Calibração dos extratores de solução do solo para os íons Nitrato e Potássio no Latossolo Amarelo.

2.2 Objetivo específico

Correlacionar os teores de nitrato e potássio, pH e condutividade elétrica na solução aplicada e na solução coletada no Latossolo Amarelo.

Correlacionar os teores de íons com a condutividade elétrica na solução extraída.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Nutrição mineral de plantas

Epstein e Bloom (2006) explicam que existem seres capazes de sintetizar seu próprio alimento a partir de material inorgânico, chamados de autotróficos. Nesse meio se encaixam as plantas, que conseguem através da fotossíntese retirar CO_2 da atmosfera e do solo, a água e os nutrientes necessários para seu desenvolvimento.

Estes nutrientes advindos do solo são incorporados às plantas, através de suas raízes por meio de íons inorgânicos, e logo em seguida começam a ser transportados para todas as partes do ser, de forma que, passam a ser assimilados e participar das funções biológicas, toda essa dinâmica de interações entre o nutriente e a planta está concentra em um estudo.

Nutrição mineral é o nome deste estudo, que é de extrema importância para a área da agricultura, visto que, a produtividade está diretamente ligada a dependência das plantas por seus nutrientes necessários. Por este fator, cada vez mais crescem os números de estudos nesta área e suas vertentes.

Entre várias opções presentes no solo, os nutrientes são classificados em relação quanto a sua demanda. Os macronutrientes como nitrogênio - N, potássio - K e Fósforo - P fazem parte dos tecidos das plantas em grandes concentrações. Já os micronutrientes como ferro - Fe, cobre - Cu e zinco - Zn estão presentes em pequenas concentrações. A presença de níveis adequados de todos estes nutrientes no solo é improvável de acontecer, portanto se torna necessário a aplicação de fertilizantes, para que venham a cobrir as deficiências minerais que ocorrem em determinadas situações, sua aplicação e manejo são feitos após análises nutricionais previamente estabelecidas pelo produtor (ÁVILA, 2007).

3.1.1 Nitrogênio

O N é o nutriente mineral mais requerido pelas plantas, em questão de quantidade. Por mais que seja extremamente abundante na atmosfera, o nitrogênio se concentra na forma de N_2 , que não pode ser absorvido diretamente nas plantas. Para isso é necessário que seja convertido em, NH_4^+ (amônio) e NO_3^- (nitrato). As fixações biológica e industrial, são os principais agentes dessa conversão. Essas

formas convertidas são facilmente absorvidas pelo sistema radicular da planta. Os tecidos vegetais apresentam, de maneira geral, teores de N que variam de 2 a 5% da matéria seca: com poucas exceções às culturas é também o mineral mais exigido pelas plantas.

Como dito por Faquin (2005), aproximadamente de 90% do N da planta encontra-se em forma orgânica e nela é apresentada de várias forma como componente estrutural de macromoléculas, constituinte de enzimas e parte integrante do ácido nucleico. Dentro da planta, esse nitrogênio absorvido e complexado com outras moléculas formando aminoácidos, proteínas, coenzimas, enzimas, hormônios vegetais, bases nitrogenadas (púricas e pirimídicas), nucleosídeos, DNA, RNA e etc.

Este nutriente se destaca principalmente pelas alterações morfofisiológicas nas plantas, e modificando processos como crescimento, respiração, fotossíntese, crescimento, absorção de nutrientes e atividades de raízes (CARMELLO, 1999).

O nitrogênio apresenta como característica a alta mobilidade no meio em que se encontra, seu movimento nesse meio pode ser comparado com o da água que percola o solo (Burt, 1998). Por este fator, é diretamente afetado pelos fatores que alteram o movimento da água no solo, como a estrutura e porosidade. Tem fluxo tanto descendente, através de irrigação, como fluxo ascendente, com gradiente de potencial hídrico. Também sendo possível a sua perda por lixiviação.

O teor de N total, não indica o teor de N que está disponível para as plantas, mas de modo potencial se constitui a fonte de N que através dos processos de mineração irá fornecer o N assimilável para as plantas (FROTA, 1972).

Vem sendo observado que a resposta ao N está diretamente ligada a disponibilidade de água no solo, pois a maior parte deste nutriente é absorvida através da difusão e do fluxo de massa (FRIZONE; OLITTA, 1987).

3.1.2 Potássio

Ainda na parte de nutrição mineral de plantas, o potássio é também um dos macronutrientes mais exigido pelas plantas, porém diferente do nitrogênio este não tem sua obtenção tão complexa. A principal forma de K nos solos é a mineral, também pode ser obtido da mineralização da matéria orgânica depositada no solo, porém em menor quantidade.

A “logística” do potássio para planta (absorção e transporte), ocorre com o mesmo na forma de íon K^+ , que é o modo como vai ser absorvido pela raiz da planta. O K é bastante permeável nas membranas plasmáticas, e isto o torna um nutriente com mobilidade alta, sendo transportado a longa distância pelo xilema e pelo floema.

Segundo o material de Faquin (2005), nutrição mineral de plantas, o potássio tem a maioria da sua totalidade na planta em forma solúvel, mais de 75%, fazendo com que a sua redistribuição seja facilitada no floema assim o nutriente é redistribuído das folhas mais velhas para as mais novas e para as regiões em crescimento. O K tem como uma de suas funções a atuação na ativação enzimática e no processo de absorção iônica.

Através de estudos percebeu que de uma forma geral, os locais de maiores concentrações de K eram os locais com maiores valores de umidade, tornando evidente o seu transporte por fluxo de massa (ZANINI, 1991). Para Malavolta (1980), e foi possível relacionar a distribuição de K no solo e a distribuição de água no solo, demonstrando que seria possível o controle da localização do íon no solo através da irrigação e da fertirrigação.

3.2 Fertirrigação

Em concordância com Coelho (2009) a fertirrigação pode ser definido e explicado como, uma técnica aplicação de fertilizantes via água de irrigação, dando maior precisão se comparado com a aplicação tradicional, e por consequência acelera o ciclo dos nutrientes. O autor ainda embasa essa tese, comparando com a aplicação convencional, “onde os nutrientes sólidos são depositados próximo à planta e na superfície do solo e precisam esperar a chuva para entrarem na solução do solo, por isso acabam ficando mais dependentes da intensidade e frequência das chuvas para se moverem no solo”. Por conta da injeção dos nutrientes na água de irrigação, a interação do fertilizante com as raízes acontece mais cedo, permitindo que uma rápida e ampla absorção dos nutrientes.

Através de comparações feitas por BURT, O’CONNOR E RUEHR (1995), verificou-se que a fertirrigação possui um aumento na eficiência de aplicação quando relacionadas com a aplicação de fertilizantes, através do método convencional, além de partilhar de um gasto de fertilizantes de 20 a 50% menor.

Entre outras vantagens, MAROUELLI (2001) expõe que esta técnica oferece a possibilidade de fornecimento de fertilizantes de forma parcelada, de acordo com a necessidade das plantas, ajudando para que a fertilidade do solo sempre permaneça em níveis elevados.

Pelo fato de ser uma técnica com rapidez em seu funcionamento, é importante que haja um bom monitoramento de seu funcionamento, para que, se necessário, seja feito os ajustes necessários durante o ciclo.

3.3 Extratores de solução

O fato da fertirrigação ocasionar uma redução no tempo do ciclo dos nutrientes, permite que os resultados também apareçam de forma mais rápida. Pensando nisso, torna-se necessário o uso de equipamentos que forneçam estes resultados com a rapidez que se pede neste tipo de manejo.

Os extratores de solução aparecem basicamente como um material que possui uma cápsula porosa em uma de suas extremidades que funcionam como um filtro para a extração de solução do solo. Em questão de horas é possível retirar a solução para análise. A agilidade do equipamento e o fácil manejo tornam estes um sucesso entre os produtores que utilizam este método.

Como demonstrado por Carlos Lima (2009), o uso destes equipamentos auxilia no manejo da fertirrigação, assim como no monitoramento da dinâmica de íons em solução, tornando possível identificar e solucionar problemas causados por desequilíbrios nutricionais e processos de salinização. A possibilidade de se manter um controle na aplicação de fertilizantes de forma com que seja mantida a concentração da solução do solo variando numa faixa de condutividade elétrica que tenha valores adequados para cultura, faz com que diminua o número de desperdícios de água, energia e fertilizantes (BURGUEÑO, 1996).

Sobre as cápsulas de cerâmica, Cassel e Klute (1986), demonstram que existem duas características importantes para o bom funcionamento destas neste manejo, que são a pressão de borbulhamento e a condutância da cápsula.

Para o sucesso dos resultados são feitas aplicações de vácuo durante o processo. Esta sucção que ocorre nos extratores gera um gradiente de potencial no solo em torno da cápsula, tornando possível a observação que quanto maior o vácuo proposto maior será o volume de solo amostrado (CARLOS LIMA, 2009). É importante

ressaltar que não se tem uma padronização em relação a intensidade do vácuo e o tempo adequado entre a aplicação do vácuo e a coleta da solução.

3.4. Principios dos parâmetros

3.4.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH determina a concentração de H^+ (íons de hidrogênio) em uma solução (DIAS, 2020). É usado para determinar a acidez ou alcalinidade da solução, e pode ser determinado com uso de indicadores sintéticos ou naturais, ou pHmetro, sendo o último mais preciso.

3.4.2 Condutividade Elétrica (CE)

Segundo Dias (2020), a condutividade elétrica é uma estimativa dos sólidos dissolvidos na solução, pois sais e íons diluídos são capazes de conduzir corrente elétrica. Como o objetivo desse estudo envolve o conhecimento do teor de nitrato e potássio, em duas situações, a condutividade elétrica também é um parâmetro desejável.

3.4.3 Teor de Nitrato e Potássio

O nitrogênio e potássio são os macronutrientes de mais exigência para planta, e fertilizantes minerais que os tem em sua composição não tem valor baixo, a fertirrigação possibilita uma redução nas doses de N e K aplicadas sem prejuízo na cultura, como Teixeira et al. (2006) verifica. Mesmo assim, é necessário o acompanhamento dos teores desses íons no solo, afim de evitar salinização do solo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Ambientação do experimento

O experimento foi realizado na Estação Biológica, localizada na Asa Norte do Plano Piloto - Brasília - DF, propriedade da Universidade de Brasília – UnB, latitude $15^{\circ}73'62''$ S; longitude $47^{\circ}88'44''$ W; aproximadamente 1000 m de altitude, a figura 1 apresenta uma imagem aérea da Estação Biológica com a identificação da estufa (marcada em preto), e do laboratório de campo. O experimento foi em estufa pertencente a estação, realizado entre os meses de outubro e novembro de 2021, no mesmo experimento também foi realizado a calibração para o Latossolo Vermelho, todos os dados e resultados estão presente no trabalho de Ribeiro (2021). A realização do experimento foram utilizados 24 vasos para o Latossolo Amarelo, com 3 repetições das 8 doses aplicadas (50,100,150, 200, 250, 300, 350 e 400%), sem delineamento.



Figura 1. Localização da realização do experimento.

4.2 Coleta do Solo

A coleta do solo foi realizada nas camadas abaixo de 20cm de um solo, classificado como Latossolo Amarelo. Foi coletado na área da Fazenda Água Limpa, pertencente a UnB. Na figura 2, apresenta-se a localização do ponto de retirada do solo, com a coordenada, e na tabela 1, apresenta-se a análise do Latossolo Amarelo.



Figura 2. Local de extração do Latossolo Amarelo, referenciado com a sede.

Elemento	Unidade	Valor
pH em H ₂ O	Sem unidade	5,9
Fósforo – P	cmol/dm ³	1,1
Cálcio – Ca	cmol/dm ³	2,1
Magnésio – Mg	cmol/dm ³	0,5
Potássio – K	cmol/dm ³	0,14
Sódio – Na	cmol/dm ³	0,15
Alumínio – Al	cmol/dm ³	0,1
Acidez (H+Al)	cmol/dm ³	3,2
Soma das bases	cmol/dm ³	2,9
CTC	cmol/dm ³	6,1
Saturação por bases, V ₁	Em %	43
Saturação por Al, m	Em %	3
Matéria Orgânica, MO	Em g/kg	18,9

Tabela 1. Análise de solo do Latossolo Amarelo.

O preparo dos concentrados, que posteriormente foram utilizados para fazer as soluções para diluídas utilizadas no trabalho, foi conduzido no Laboratório de Química do Solo – Fav/UNB. Para realização do preparo de solução, e coleta de dados foi utilizado o Laboratório de Campo, situado próximo à estufa.

4.3. Equipamentos utilizados

4.3.1 Extrator, bomba de vácuo e demais utensílios

Os extratores de solução usados foram fabricadas com um tubo de PVC, acoplado a uma cápsula de cerâmica porosa em uma extremidade. Vedado na outra extremidade com borracha especial de silicone. Instalados a uma profundidade de 10cm, a Figura 3 apresenta uma visão geral do experimento.



Figura 3. Extrator de Solução usado no experimento.

A aplicação do vácuo foi feita realizada de forma manual, utilizando seringas de 60ml acopladas a agulhas de 30x7mm, sendo inseridas através da borracha de silicone o que é possível observar na Figura 4, foram aplicados vácuo em valores em torno de 36 kPa.

Para a realização do conjunto preparação e aplicação das soluções nos vasos, foram usados baldes de 5 L, Becker de plástico de 500mL, Becker de plástico de 150 mL e pipeta de plástico de 5 mL.



Figura 4. Visão geral da estufa.

Para as análises solução extraída, foram utilizados recipientes de 140 mL que serviram para o armazenamento e transporte destes para o laboratório, onde foram realizadas as medições Figura 5.



Figura 5. Recipientes usados para armazenamento e transporte.

Foram avaliadas as seguintes características do solo e com os respectivos equipamentos: Nitrogênio e Potássio.

4.3.2 Medidores LAQUAtwin

Segundo site do fabricante, a Horiba, LAQUAtwin é uma linha de medidores de qualidade da água compacto. A linha compreende vários parâmetros de qualidade da água como pH, condutividade, íons (Na^+ , K^+ , NO_3^- , Ca^{2+}) e salinidade. Possui boa qualidade de construção, e confiabilidade no resultado (quando bem calibrado).

4.3.2.1 Horiba LAQUAtwin Kmeter

Medidor de teor de potássio (K^+), utiliza o ppm como unidade de medida, calibração com 150 e 2000 ppm (com soluções já disponibilizadas pelo fabricante), calibração foi executada a cada 9 medidas.

4.3.2.2 Horiba LAQUAtwin NO_3^- meter

Medidor de teor de nitrato (NO_3^-), utiliza o ppm como unidade de medida, calibração com 150 e 5000 ppm (com soluções já disponibilizadas pelo fabricante), calibração foi executada a cada 9 medidas.



Figura 6. Medidores de NO_3^- e K^+ .

4.3.3 pHmetro

Resolução de somente uma casa decimal, não possui leitura da temperatura da solução, erro de +/- 0,1 na escala de pH, e leitura de 0 a 14 nessa mesma escala. Calibração por parafuso no verso do aparelho, calibração a cada dia.



Figura 7. Medidor de pH

4.3.4 Condutivímetro

Leitura de 0 a 19.99 mS/cm, resolução de 0.01 mS/cm, tem a leitura da temperatura da solução. Calibração com solução de 12,88 mS/cm (0,1M de KCl), unidade de medida é o mS/cm, calibração a cada dia.



Figura 8. Medidor de Condutividade

4.3.5 Tensiometro

Responsável por medir a tensão de água no solo, esse modelo vem com manômetro embutido. Unidade de leitura em cmHg (centímetros de mercúrio).



Figura 9. Tensiômetro instalado nos vasos

4.4. Preparo de Soluções

Utilizando as dependências do Laboratório de Química do Solo – FAV/UnB, se deu início a preparação das soluções a serem aplicadas no projeto, como guia foi utilizado uma composição de solução nutritiva de Furlani (1995), com dois estoques: A e B. As duas soluções foram preparadas como concentrados da composição dos estoques, com 833 vezes a concentração do estoque A e 100 vezes para o estoque B. Para o prepara, foi usado a mesma quantidade de soluto, porém com volume de solvente bem menor (1,2L para o estoque A e 10L para o estoque B). O estoque B, como tem volume grande, teve o concentrado feito com auxílio de um tambor.

Na tabela a seguir se encontram os nutrientes envolvidos na preparação deste estoque:

Solução Estoque A	Gramas/1000 Litros
Nitrato de Cálcio	700

Tabela 2. Nutrientes envolvidos no preparo da Solução Estoque A

Solução Estoque B	Gramas /1000 Litros
Nitrato de Potássio	120
Sulfato de Potássio	200
MKP	80
MAP	80
Sulfato de Magnésio	300

Tabela 3. Nutrientes envolvidos no preparo da Solução Estoque B

O procedimento de preparo também foi usado no trabalho de Ribeiro (2021), ao total foram 3 vasos para cada dose, com a aplicação de 0,5 L para cada vaso, o mesmo acontece com o Latossolo Vermelho do trabalho citado acima. Por isso, foram preparados 3 L de solução para cada dose, 1,5 L para o Latossolo Amarelo e 1,5 para o Latossolo Vermelho.

Os cálculos para aplicação foram feitas a partir de 8 tipos diferentes de concentrações dos estoques, que foram: 50%, 100%, 150%, 200%, 250%, 300%, 350% e 400%. Como referência, a massa de fertilizante foi convertida em massa de nutriente que cada um disponibilizava. Resultando nos seguintes cálculos:

Concentrado do estoque A: 81,62 g/L de N

Concentrado do estoque B: 2,16 g/L de N; 17,52 g/L de K2O

Valor de referência (100%) = 1/833 da concentração do estoque A (0,098 g/L de N) 3 L de preparo para cada dose, então seria 3,6ml de soluto e o 2,996L de solvente para a dose de 100%

- 50% = $\frac{1}{2}$ multiplicado pela dose de 100% = 1,8 ml de soluto do c. estoque A (0,049 g/L de N);
- 100% = 1,0 multiplicado pela dose de 100% = 3,6mL de soluto do c. estoque A (0,098 g/L de N);
- 150% = 1,5 multiplicado pela dose de 100% = 5,4mL de soluto do c. estoque A (0,147 g/L de N);
- 200% = 2,0 multiplicado pela dose de 100% = 7,2mL de soluto do c. estoque A (0,196 g/L de N);
- 250% = 2,5 multiplicado pela dose de 100% = 9mL de soluto do c. estoque A (0,245 g/L de N);
- 300% = 3,0 multiplicado pela dose de 100% = 10,8mL de soluto do c. estoque A (0,294 g/L de N);
- 350% = 3,5 multiplicado pela dose de 100% = 12,6mL de soluto do c. estoque A (0,343 g/L de N);
- 400% = 4,0 multiplicado pela dose de 100% = 14,4mL de soluto do c. estoque A (0,392 g/L de N);

Volume total de soluto = 64,8 ml de soluto

Valor de referência (100%) = 1/100 da concentração do estoque B (0,00216 g/L de N; 0,01752 g/L de K2O) 3 L de preparo para cada dose, então seria 30ml de soluto e o 2,7L de solvente para a dose de 100%

- 50% = $\frac{1}{2}$ multiplicado pela dose de 100% = 15 ml de soluto do estoque B (0,0108 g/L de N; 0,0876g/L de K2O);
- 100% = 1,0 multiplicado pela dose de 100% = 30mL de soluto do estoque B (0,0216 g/L de N; 0,1752g/L de K2O);
- 150% = 1,5 multiplicado pela dose de 100% = 45mL de soluto do estoque B (0,0324 g/L de N; 0,2628g/L de K2O);
- 200% = 2,0 multiplicado pela dose de 100% = 60mL de soluto do estoque B (0,0432 g/L de N; 0,3504g/L de K2O)

- 250% = 2,5 multiplicado pela dose de 100% = 75mL de soluto do estoque B (0,054 g/L de N; 0,438g/L de K₂O);
- 300% = 3,0 multiplicado pela dose de 100% = 90mL de soluto do estoque B (0,0648 g/L de N; 0,5256g/L de K₂O);
- 350% = 3,5 multiplicado pela dose de 100% = 105mL de soluto do estoque B (0,0756 g/L de N; 0,6132g/L de K₂O);
- 400% = 4,0 multiplicado pela dose de 100% = 120mL de soluto do estoque B (0,0864 g/L de N; 0,7008g/L de K₂O).

Volume total de soluto = 540 ml de soluto

Estoque A: Nitrato de cálcio 700g /1000L: Fornece 14% de N, dando uma concentração de 0,098g/L Concentrado do estoque A: Nitrato de cálcio 700g/ 1,2L, concentração de 81.6g/L.

Estoque B: Nitrato de potássio 120g (12% de N e 44% de K₂O) + Sulfato de potássio 200g (48% de K₂O) + MKP 80g (33% de K₂O) + MAP 80g (9% de N) /1000L: dando uma concentração de 0,0216 de N e 0,1752 de K₂O.

Para realizar o preparo de cada dose, foi utilizado água mineral.

4.5. Avaliações

Para as avaliações individual dos parâmetros pH, condutividade elétrica (CE), teor de nitrato e teor de potássio, foram utilizados os instrumentos mencionados acima. Para correlação dos parâmetros na solução aplicada e na solução coletadas, teor de íons com pH e condutividade elétrica foi usado a regressão linear.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise foi utilizado a regressão linear, com o objetivo de correlacionar as doses de solução aplicada com as doses de solução coletada, usando o coeficiente de correlação para averiguar a eficácia das equações obtidas tem de estimar os valores de Y.

5.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Figura 10 A, B e C referente às repetições e figura 11, à média das repetições:

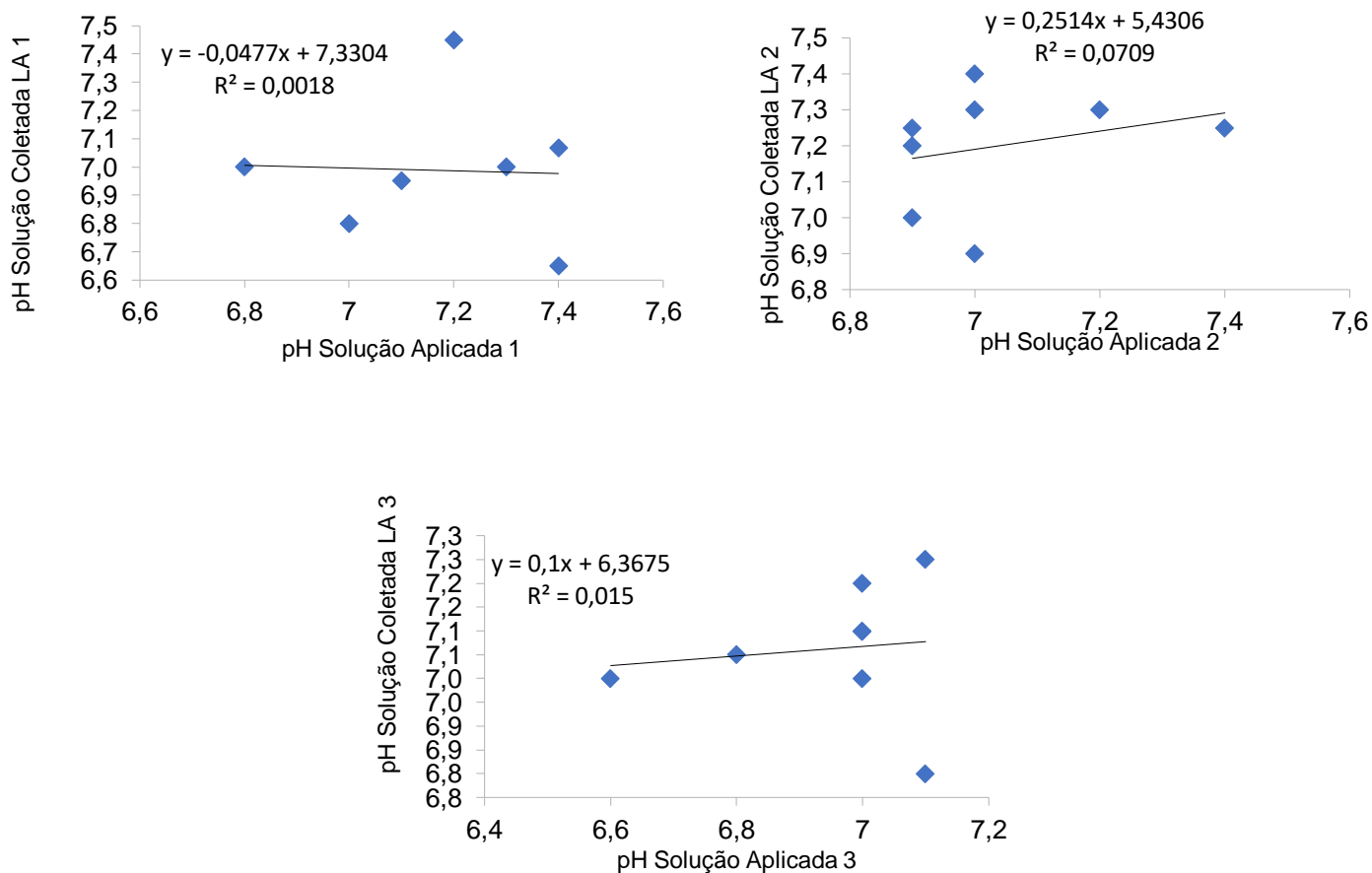


Figura 10 A, B e C . Correlação pH da solução aplicada com o pH da solução coletada no Latossolo Amarelo, repetição 1,2 e 3

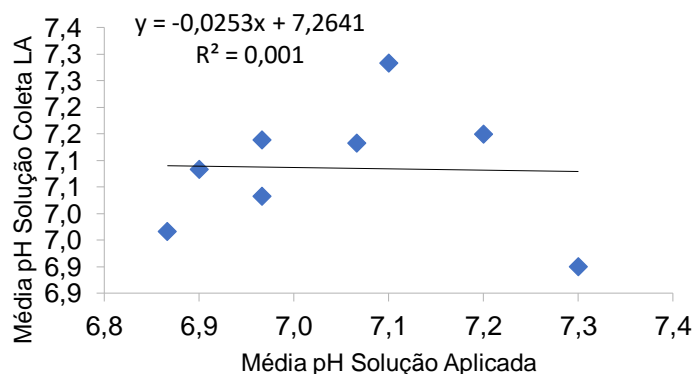


Figura 10. Correlação da média do pH da solução aplicada com a média do pH da solução coletada no Amarelo,

Analisando os gráficos das repetições, figura 9 A, B e C, no Latossolo Amarelo os dados das doses em ambas as soluções, ficaram bem dispersos com coeficiente de correlação baixo, de 0,015 a 0,07, em todas repetições. O mesmo acontece quando se analisa a média (figura 10) das soluções coletadas em relação à solução aplicada, porém com R^2 menor (0,001). Já Gomes et. al (2019), avaliando o pH extrato de saturação do solo em doses diferentes de K_2O (0; 90; 150; 210; 270 g), observou uma tendência de variação no pH de acordo com aumento da dose, o modelo que foi utilizado foi o de regressão polinomial quadrática, comparando o pH da solução do solo com o teor de K_2O presente na mesma.

5.2 Condutividade Elétrica

Figura 12 A, B e C referente às repetições e figura 13, à média das repetições:

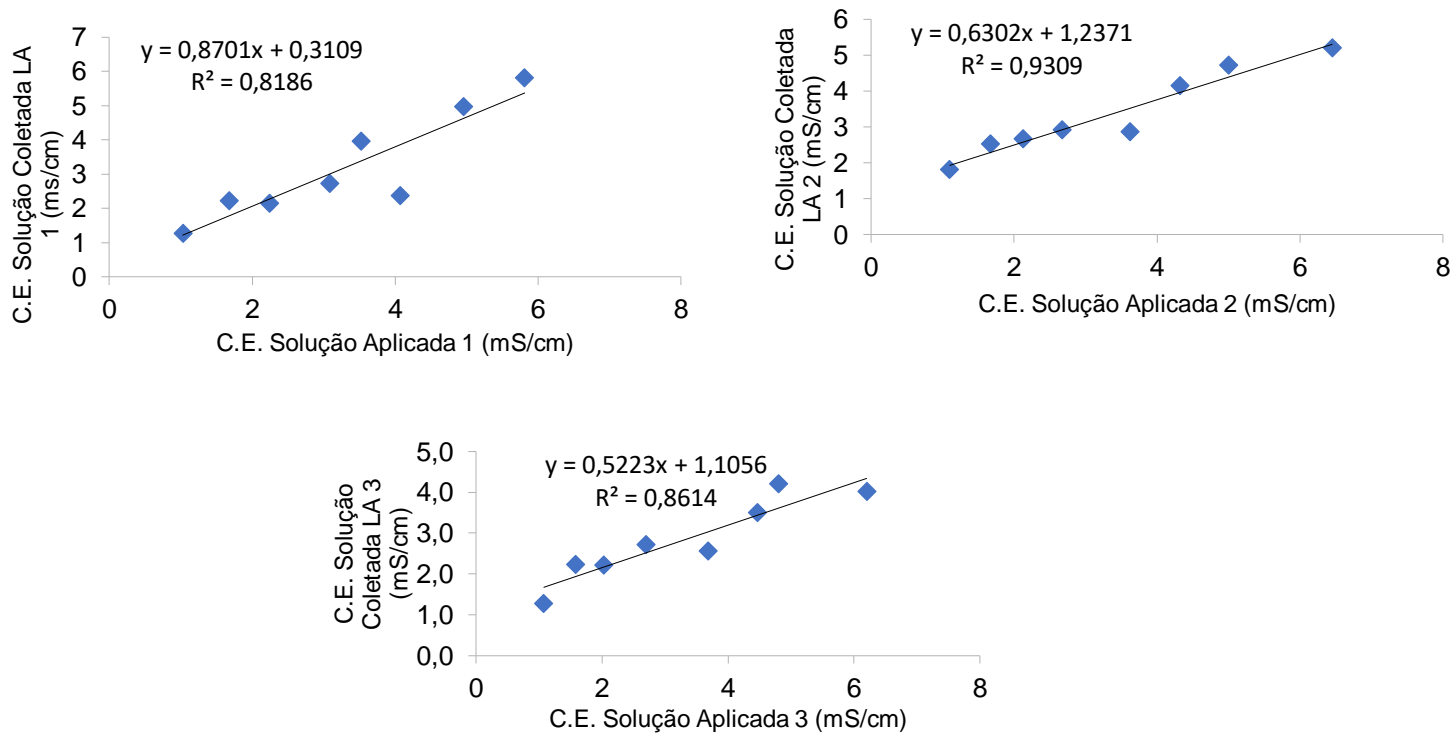


Figura 12 A, B e C. Correlação C.E da solução aplicada com a C.E. da solução coletada no Amarelo, repetição 1,2 e 3.

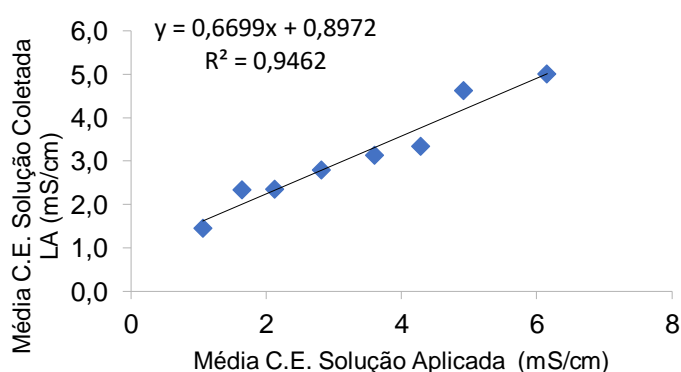


Figura 13. Correlação da média da C.E. da solução aplicada com a média da C.E. da solução coletada no Amarelo.

No parâmetro da condutividade elétrica, nas repetições, figura 11 A, B e C, a correlação foi satisfatório (0,81 a 0,93) com pouca dispersão dos dados. O semelhante ocorre com a média (figura 12), para o Latossolo Amarelo com um coeficiente de

correlação maior que das repetições (R^2 de 0,94). Resultado semelhante foi encontrado por Oliveira (2008), que avalia esse parâmetro em um solo argiloso (Latosolo Vermelho-Amarelo) com diferentes doses de solução nutritiva para hidroponia (que contém fertilizantes com nitrogênio e potássio), e encontrando forte correlação, como esse trabalho Oliveira avaliou a condutividade elétrica das soluções aplicadas com a das soluções coletadas, e obtém com o modelo linear um R^2 de 0,94. E Silva (2000), que avaliou o monitoramento da condutividade elétrica e o teor de potássio em fertirrigação com uso de extratores, porém em Terra Roxa Estruturada, e em modelo linear obteve coeficiente de correlação 0,78.

5.3 Teor de Potássio

Figura 14 A, B e C referente às repetições e figura 15, à média das repetições:

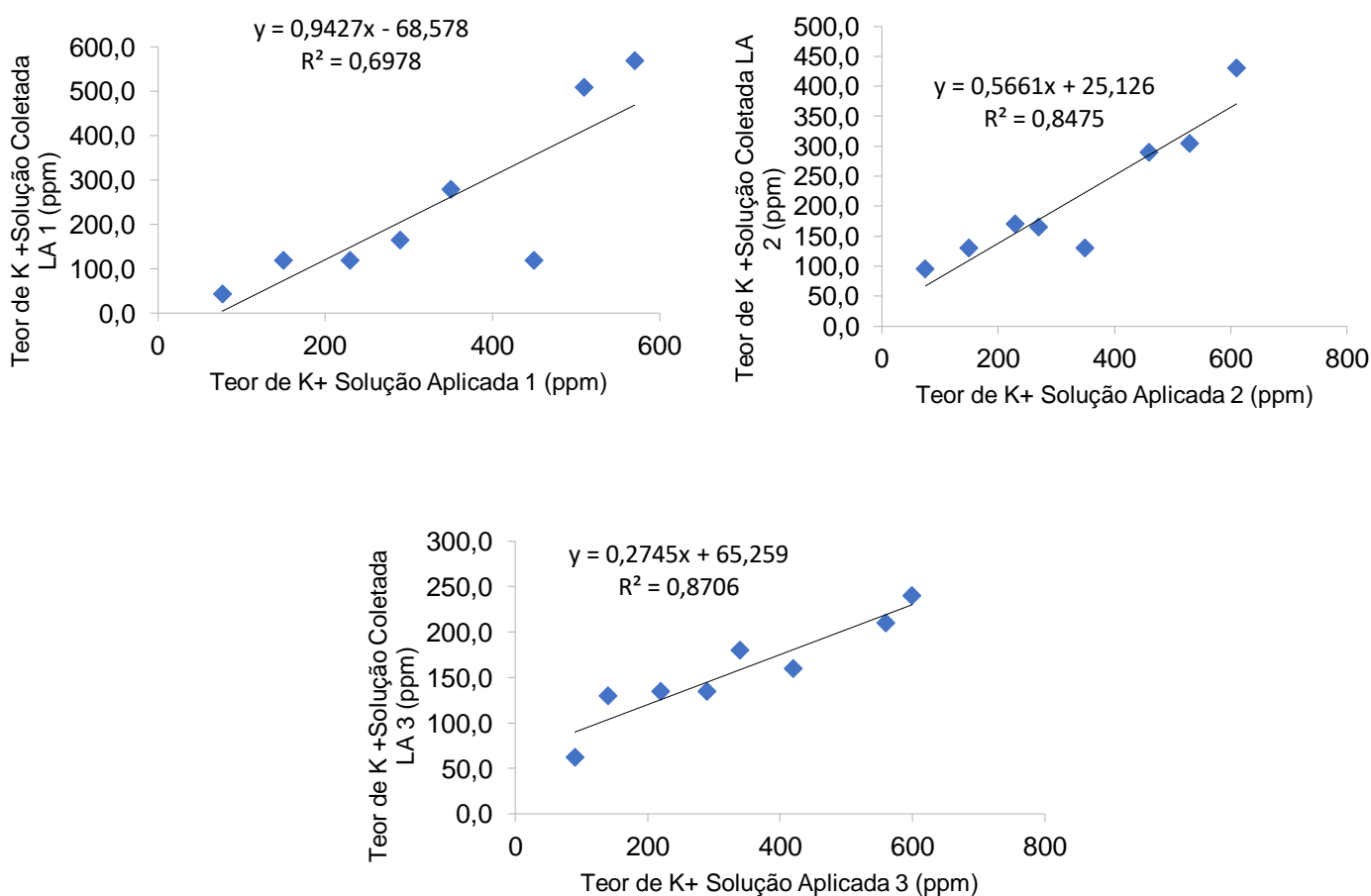
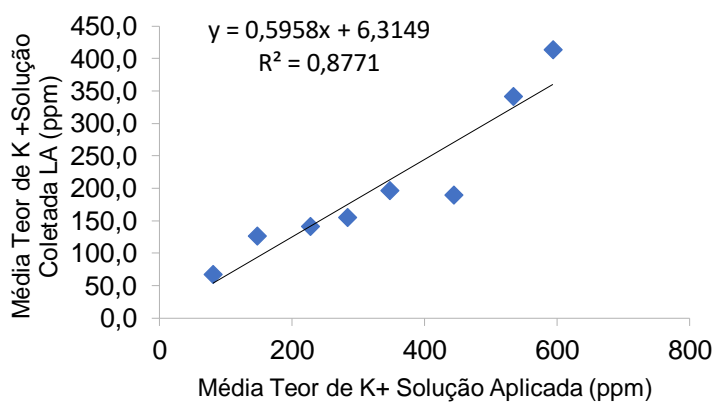


Figura 14 A, B e C. Correlação do teor de K^+ da solução aplicada com do teor de K^+ da solução coletada no Latossolo Amarelo, repetição 1,2 e 3



Figuras 15. Correlação da média do teor de K^+ da solução aplicada com a média do teor de K^+ da solução coletada no Amarelo.

Para o teor de potássio, nas repetições, figura 13 A, B e C, a correlação obteve pouca dispersão dos dados, com apenas um coeficiente de correlação R^2 (0,8771) de menor na primeira repetição. Na média, figura 14, o mesmo ocorre, para o Latossolo Amarelo, com um coeficiente de correlação semelhante com as repetições. Silva (2000) e Oliveira (2008), que avaliam o teor de potássio na solução do solo com uso de extratores, chegam a resultados semelhantes, com coeficiente de correlação de 0,70 e 0,89 respectivamente. Assim a curva de calibração obtida nesse trabalho consegue estimar, com boa precisão, o teor de potássio na solução do solo baseado em valores da solução que vai ser aplicada.

5.4 Teor de Nitrato

Figura 16 A, B e C referente às repetições e figura 17, à média das repetições:

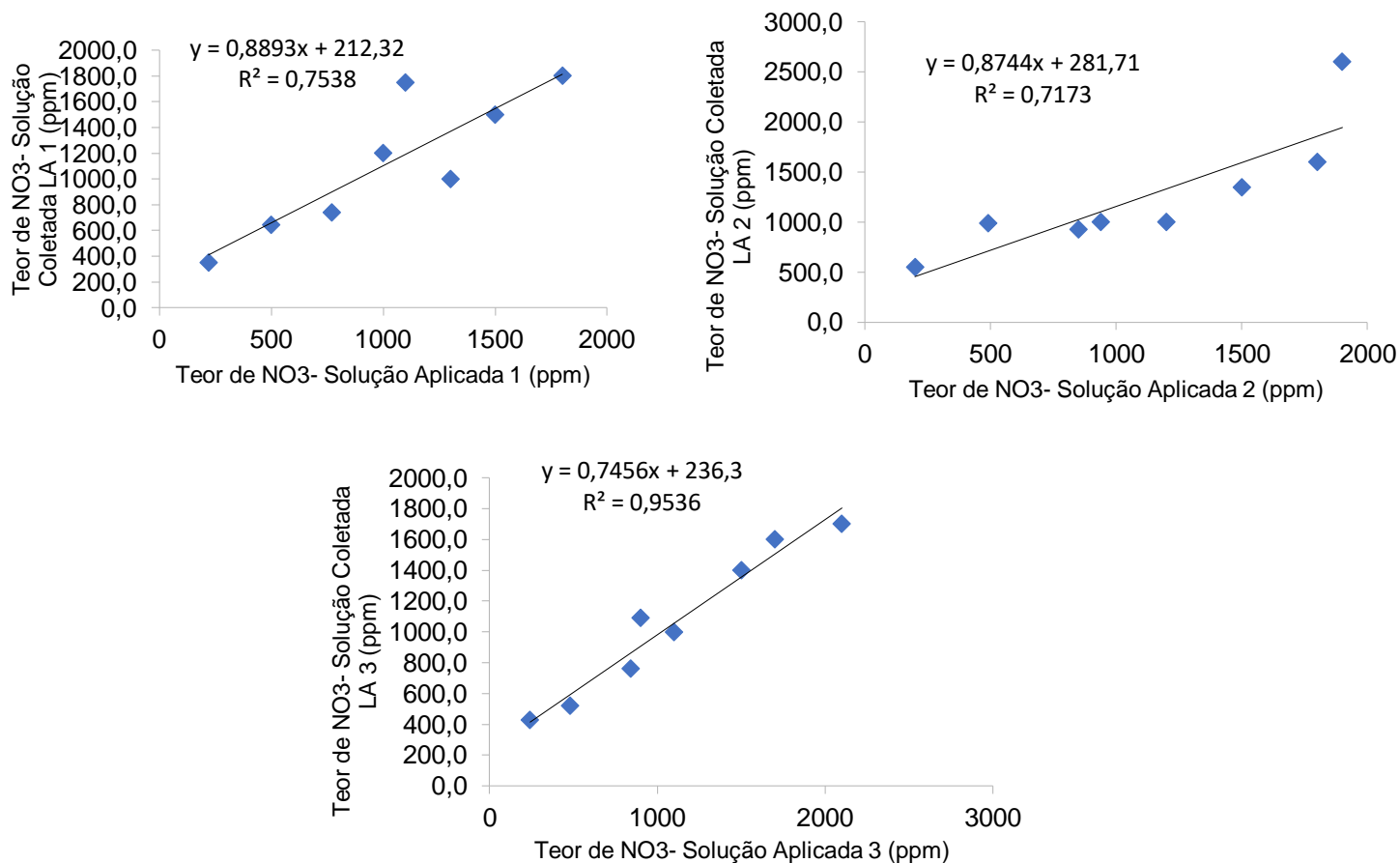


Figura 16 A, B e C. Correlação do teor de NO₃⁻ da solução aplicada com do teor de NO₃⁻ da solução coletada no Latossolo Amarelo, repetição 1,2 e 3

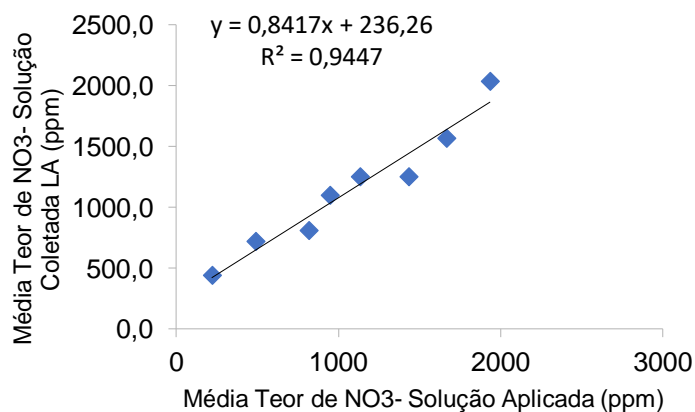
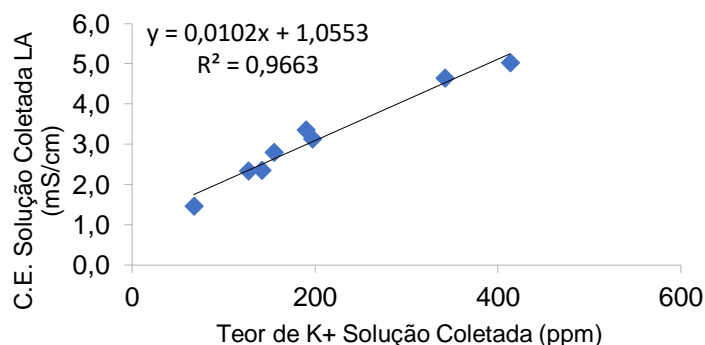


Figura 17. Correlação da média do teor de NO₃⁻ da solução aplicada com a média do teor de NO₃⁻ da solução coletada Amarelo.

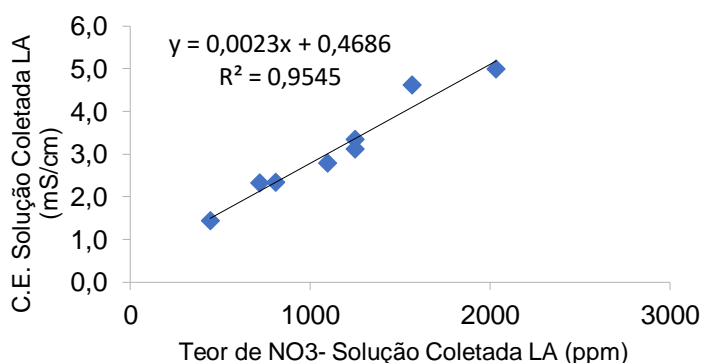
No parâmetro do teor de nitrato, nas repetições (figura 15 A, B e C). Os valores de Coeficiente de correlação obtidos foram de (0,94, 0,70 e 0,89) com dispersão moderada dos dados. O semelhante ocorre com a média (figura 16), para o Latossolo Amarelo, com um coeficiente de correlação próximo ao 0,99. Resultado também encontrado por Oliveira (2008), que o obtém próximo à 0,95 de R^2 . Resultado bem similar ao encontrado no potássio e na condutividade elétrica.

5.5 Condutividade Elétrica X Teor dos Íons

Figura 18 referente à correlação com o potássio e figura 19, à com o nitrato.



Figuras 18. Correlação do teor de K^+ da solução coletada com a C.E solução coletada no Amarelo.



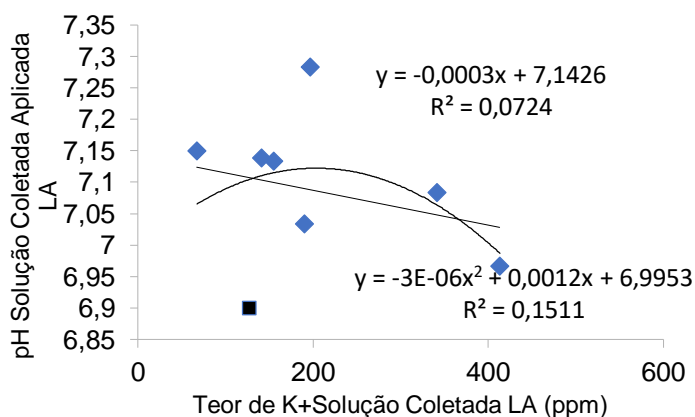
Figuras 19. Correlação do teor de NO_3^- da solução coletada com a C.E da solução coletada no Vermelho e Amarelo.

Nas figuras 17 e 18, avaliando os parâmetros individualmente, pode-se observar que a condutividade elétrica, teor de potássio e teor de nitrato tem um

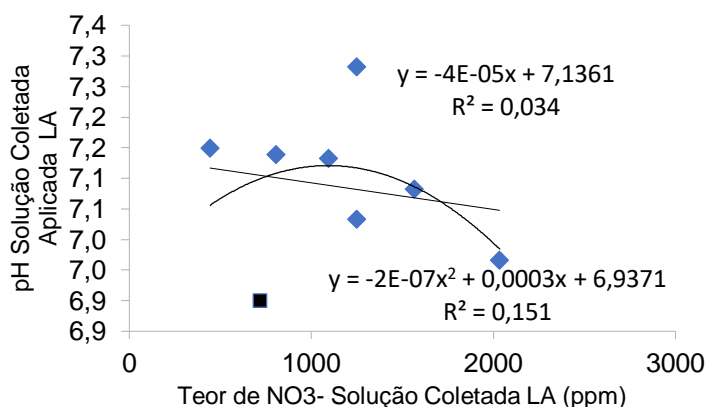
comportamento semelhante. Isso ocorre porque a concentração de íons diluídos em uma solução é proporcional à condutividade elétrica, fato esse que pode ser comprovado nos gráficos acima. A medida que a dose aumenta, os valores de nitrato e potássio aumentam, e também o de condutividade. Essa conclusão corrobora com o que Ferreira e Martinez (1997), afirmam: “[...] a condutividade elétrica depende, além de outros fatores, do número de cargas iônicas presentes na solução [...]”. Nos trabalhos de Gomes (2019), Oliveira (2008) e Silva (2000), qualquer variação de teor de íons afetam diretamente na condutividade elétrica, o que gera ainda mais embasamento na proporção entre esses parâmetros. Porém Barros (2010), avaliando a condutividade elétrica baseado na concentração de nitrato e profundidade, usando concentrações de 2,4; 5,1; 7,0 e 9,6 g L⁻¹, não encontra concordância entre as soluções aplicadas e a condutividade elétrica do solo.

5.6 Potencial Hidrogeniônico X Teor dos Íons

Figura 20 referente à correlação com o potássio e figura 21, à com o nitrato.



Figuras 20. Correlação do teor de K⁺ da solução coletada com o pH da solução coletada no Amarelo.



Figuras 21. Correlação do teor de NO₃⁻ da solução coletada com o pH da solução coletada no Amarelo.

Agora analisando os gráficos (figuras 19 e 20) da correlação do teor de potássio e nitrato com o pH, é possível observar resultados com coeficientes próximo a zero (0,07 e 0,03) no modelo linear, e de 0,15 para o modelo quadrático. Esse último modelo só foi usado para definir uma melhor base de comparação com os resultados encontrados por Gomes et. al (2019), que afirmam que ocorre uma sutil variação do pH com o aumento de teor de K⁺. Barros (2010) atesta que concentração de fertilizantes solução aplicada não teve influência no pH da solução do solo.

6. CONCLUSÃO

Com a utilização dos extratores de cápsula porosa aliado às curvas de calibração, é possível determinar no Latossolo Amarelo a concentração de íons e condutividade elétrica com precisão.

Correlacionando os teores de NO_3^- , K^+ , condutividade elétrica e pH, foi possível aferir que o aumento na concentração de íons da solução aplicada influencia diretamente nos valores da solução obtida, com exceção do pH, que não acompanhou a correlação da solução aplicada com a solução obtida, e nem com a variação do teor de nitrato e potássio

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AVILA, V. S.; ABREU, V. M. N.; FIGUEIREDO, E. A. P.; OLIVEIRA, U.; BRUM, P. A.. **Valor agrônomo da cama de frango após reutilização por vários lotes consecutivos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007.
- BARROS, D.L.; COELHO, E.F.; COSTA, F.S.; NETO, T.M.A.; SANTOS, B.C.; SILVA, A.C.P. **pH e condutividade elétrica do extrato de saturação e da solução do solo pela aplicação de nitrato de potássio em diferentes concentrações durante o ciclo da bananeira 'Terra' fertirrigada**. Jornada Científica – Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2010
- BLANCO, F. F. **Manual de construção e utilização de extratores de cápsula porosa para obtenção da solução do solo**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2006.
- BURGUEÑO, H. **La fertirrigacion en cultivos hortícolas com acolchado plástico**. Culiacan, 1996. v.1, 45p.
- BURT, C.M.,T. RUEHR, and K. O'CONNOR. 1995. **Fertigation. Irrig. Training and Research Center, Cal Poly, San Luis Obispo, CA 93407. p.295**
- CARMELLO, Quirino Augusto de Camargo; MONTEIRO, Francisco Antônio; DECHEN, Antonio Roque. **Curso de nutrição mineral de plantas: módulo 12 - cultivo hidropônico de plantas**. [S.l: s.n.], 1999.
- COELHO, E. F.; OR, D.; SOUSA. V. F. de. **Aspectos básicos em fertirrigação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.
Ri
- DIAS, D.; MATOS, C. L. S. A. **ANÁLISES DE PH, CONDUTIVIDADE E DUREZA EM ÁGUAS SUPERFICIAIS EM CAÇAPAVA DO SUL/RS**. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 9, n. 2, 3 mar. 2020.
- EPSTEIN, EMANUEL E BLOOM, Arnold. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas. trad. Maria Edna Tenório Nunes** – Londrina: Editora Planta, 2006
- FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas -- Lavras: A Distância: Solos e Meio Ambiente UFLA / FAEPE**, 2005. p.: il.
- FERREIRA, P.A.; MARTINEZ, M.A. **Movimento e modelagem de sais no solo**. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. (Ed.). Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB; SBEA, 1997. cap.6, p.171-206.
- FRIZZONE, J. A. ; OLITTA, A. F. L. ; PEREIRA, G. T. **Funcoes de Respostas do Feijoeiro (Phaseolus Vulgaris, L) Ao Uso do Nitrogenio e Lamina de Irrigacao: I Reg. de Prod. Racional**. REVISTA ITEM, v. 28, p. 26-32, 1987.
- FURLANI, P.R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de Hidroponia NFT**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1998, 30p. (Boletim técnico, 168).

GOMES, F.S.; ARANTES, A.M.; SANTOS, R.A.; MARTINS, C.H.C.; OLIVEIRA, L. **Condutividade elétrica e ph do extrato de saturação do solo adubado com doses crescentes de cloreto de potássio**. 2019

KLUTE, A. **Water retention: laboratory methods**. In: KLUTE, A. (ed.). Methods of soil analysis. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p.563-596

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral das plantas. São Paulo-SP : Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W. L.C. **Tomateiro para processamento industrial: irrigação e fertirrigação por gotejamento**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2002. 31p. (Circular Técnica da Embrapa Hortaliças, 30).

OLIVEIRA, F.A. **Manejo da fertirrigação para a cultura do melão utilizando extratores de solução do solo**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2008

TEIXEIRA, L.A.J.; MARTINS, A.L.M.; NATALE, W.; BETTIOL NETO, J.E. **Nitrogênio e potássio em bananeira via fertirrigação e adubação convencional-atributos químicos do solo**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.29, p.143-152, 2006.

SILVA, E.F.; ANTI, G.R.; CARMELLO, Q.A.C.; DUARTE, S.N. **Extratores de cápsulas porosas para o monitoramento da condutividade elétrica e do teor de potássio na solução de um solo**. Scientia Agricola, v.57, n.4, p.785-789, out./dez. 2000