

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO SERTÃO PERNAMBUCANO
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**CALIBRAÇÃO DE
ADUBAÇÃO FOSFATADA PARA HORTELÃ (*Mentha X villosa* Huds.)
PELO O MÉTODO MEHLICH -1**

BRENA SUELLEN RIBEIRO GOMES

**PETROLINA, PE
2022**

BRENA SUELLEN RIBEIRO GOMES

**CALIBRAÇÃO DE
ADUBAÇÃO FOSFATADA PARA HORTELÃ (*Mentha X villosa*
Huds.) PELO O MÉTODO MEHLICH -1**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao IFPERTÃOPE *Campus* Petrolina Zona Rural, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

**PETROLINA, PE
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G633 Gomes, Brena Suellen Ribeiro.

Calibração de adubação fosfatada para Hortelã (*Mentha x villosa* Huds.) pelo o método Mehlich -1 / Brena Suellen Ribeiro Gomes. - Petrolina, 2022.
48 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) -Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina Zona Rural, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Cícero Antônio de Sousa Araújo.

1. Ciências Agrárias. 2. Recomendação de adubação. 3. Plantas medicinais. 4. Classes de fertilidades. 5. Nível crítico de fósforo. I. Título.

CDD 630

BRENA SUELLEN RIBEIRO GOMES

**CALIBRAÇÃO DE
ADUBAÇÃO FOSFATADA PARA HORTELÃ (*Mentha X villosa*
Huds.) PELO MÉTODO MEHLICH -1.)**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado
ao IFSERTÃOPE *Campus* Petrolina Zona Rural,
como parte dos requisitos para a obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: 08 de dezembro de 2022.

**Fabio Freire de
Oliveira:09613688706**

Assinado digitalmente por Fabio Freire de Oliveira:09613688706
DN: CN=Fabio Freire de Oliveira:09613688706, OU=IFSERTÃOPE -
Instituto Federal de Educacao, Ciencia e Tecnologia do Sertao
Pernambucano, O=ICPEdu, C=BR
Razão: Eu sou o autor deste documento
Localização: CPZR
Data: 2023.03.03 21:44:06
Foxit Reader Versão: 9.0.1

Dr. Fabio Freire de Oliveira (1º Examinador)
IFSertãoPE, *Campus* Petrolina Zona Rural

**Flàvia Cartaxo
Ramalho Vilar**

Assinado de forma digital por
Flàvia Cartaxo Ramalho Vilar
Dados: 2023.03.02 11:45:15 -03'00'

Drª Flávia Cartaxo Ramalho Vilar (2º Examinador)
IFSertãoPE, *Campus* Petrolina Zona Rural

**Cicero Antonio de Sousa
Araujo:22296980368**

Assinado de forma digital por Cicero Antonio de Sousa Araujo:22296980368
DN: cn=Cicero Antonio de Sousa Araujo:22296980368, ou=IFSERTÃOPE -
Instituto Federal de Educacao, Ciencia e Tecnologia do Sertao Pernambucano,
o=ICPEdu, c=BR
Dados: 2023.03.03 18:11:16 -03'00'
Versão do Adobe Acrobat Reader: 2022.003.20322

Dr. Cícero Antônio de Sousa Araújo (Orientador)
IFSertãoPE, *Campus* Petrolina Zona Rural

RESUMO

As plantas medicinais tem suas propriedades curativas evidenciada pelo saber popular e concretizada pela ciência, fazendo com que essas desempenhem um grandioso papel em meio a sociedade. Hortelã é uma das principais espécies medicinais que apresentam um extensivo uso, por possuir diversas propriedades. Mesmo com tão grande importância declarada pouco se sabe a respeito sobre os aspectos agrônômicos, essencialmente quando se trata do manejo de nutrientes. Dentre os nutrientes, o fósforo desempenha um papel insubstituível, o mesmo atua como limitante no desenvolvimento das plantas. Um meio encontrado para sanar a falta de informação é por meio de estudos de calibração de adubação utilizando métodos de análises, sendo o Mehlich-1 um método bastante usual pelos laboratórios. O presente estudo teve como objetivo determinar níveis de fertilidade em diferentes classes de solo e estimar as dosagens recomendadas para fósforo, pelo Mehlich-1. O experimento foi realizado em casa de vegetal, onde a Hortelã foi cultivada em vasos de 3,6 L em três diferentes classes de solo, cambissolo, latossolo e luvisolo submetidas a 5 dosagens diferentes (0-10-20-40 e 60 mg dm³ de P₂O₅) com 4 repetições conduzidas, em or período de 52 dias após o transplântio. Após esse período, as plantas foram coletadas determinando-se a massa fresca e seca, o teor de P na parte aérea e na raiz. Estimou-se o acúmulo de P na parte aere, na raiz e total bem como a produção relativa. No solo foi determinado o teor de P, pelo método Mehlich-1. Os dados foram submetidos a análise de variância e regressão. Definiu-se os níveis críticos na folha e no solo, as classes de fertilidade e doses de P₂O₅ recomendada para cada solo. Registrou-se um Nível crítico de P de 13,7 mg.kg⁻¹ no Cambissolo, de 22,7 mg.kg⁻¹ no Latossolo e de 26,3 mg.kg⁻¹ no Luvisolo. Já os níveis críticos foliares foram: no Cambissolo 2,3 mg.kg⁻¹; no Latossolo 2,74 mg.kg⁻¹ e Luvisolo 5,42 mg.kg⁻¹. Nos três solos definiu-se as classes de fertilidade para P, pelo Mehlich-1: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto, e sua respectivas doses recomendadas de P₂O₅.

Palavras-chave: Recomendação de adubação, Plantas medicinais, Classes de Fertilidade, Nível Crítico de Fósforo.

DEDICATÓRIA

Dedico a toda comunidade científica que tanto agregam para nossa sociedade e a minha vó Bertolina Ribeiro dos Santos (*in memoriam*) por ter me acolhido e cuidado de mim até os últimos dias de sua vida.

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus, que mesmo eu sendo falha ele nunca me desamparou e se conseguir chegar até aqui foi devido a sua eterna bondade.

Agradeço a minha família. A minha grandiosa Mãe Sueli Ribeiro, se não fosse por seu esforço e todas as suas lutas eu não teria trilhado nem na metade do caminho que trilhei até hoje. Gratidão por tudo minha rainha, a senhora é tudo na minha vida. Ao meu queridíssimo padrasto Reginaldo de Souza, por toda paciência, atenção e incentivo, pelo o amor de pai que me dar diariamente. Meu muitíssimo obrigada, eu amo muito vocês.

Muitas pessoas foram essenciais nesse ciclo, agradeço aos bons colegas da minha turma AG 12, especialmente as minhas colegas Ana Paula e Danyela Coelho, ao meu amigo Anderson Moura por dividirem inúmeros sufocos comigo. A minha dinda de curso e agora amiga, Jessika Vanessa.

A minha querida amiga Barbara Luana por todo carinho, apoio e as boas risadas dos nossos momentos vividos nesse ciclo, gratidão. A minha dupla maior, meu irmão da vida, que esteve ao meu lado todos esses anos e continua até hoje me apoiando me aconselhando e partilhando comigo grandes momentos, Yuri Tavares. Vocês moram em meu coração, bonde.

Ao meu grupinho de Tcc e meus grandiosos amigos, Matheus Viana e Gabriel Anástacio por todo companheirismo, em todo esse período de curso e de tcc. E a membra mais ilustre desde grupo, minha companheira de longas datas, Eloisa Emanuelle, por se fazer presente em minha vida desde 2014, e dividir comigo muitos sufocos, saiba que sou grata por tudo, conta comigo pra sempre. Vocês são parte disso.

Agradeço de coração toda família do Horto Medicinal Orgânico. Vinicius Brandão, Giovany Giacomo, Ligia Emanuelle, Mateus Jacinto, Leonardo Feijó, Manuela Morgado, Valmir Nogueira, Ao MsC. Adelmo Santana e Dr. Vitor Lorenzo. Essa equipe é top.

E em especial a minha Professora, orientadora, e essa mãe de coração Dr^a Flávia Cartaxo, serei eternamente grata por tudo que a senhora fez por mim esses anos, eu não tenho palavras pra demonstrar a importância que a senhora teve na minha vida. Guardarei pra sempre em meu coração.

A equipe do Laboratório de solo, ao Prof Dr^o Fábio Freire por todos os ensinamentos partilhados. A Graciene Silva, por todo o apoio, você foi essencial nesse período. A minha amiga linda Catarina Santos, obrigada Felipe Silva, Leonardo Lima, Marina Souza, Gilberto Filho e os demais por todo suporte.

Ao meu ilustríssimo orientador Dr^o Cicero Antônio, por toda paciência, dedicação, ensinamentos, lições de vida. Por não ter soltado a minha mão mesmo quando eu mereci, o senhor foi incrível, serei eternamente grata.

Ao IFSERTÃOPE-CPZR, aos mestres e doutores que contribuíram na minha formação. A Washington, Jonathan e Cicero pelo suporte.

E aos demais que fazem parte da minha vida, Amanda Ramos, Wallas Araujo, Werbeth Oliveira, Victor Borges, Gabriele Fernandes, Emile Emanuelle, João Alves, Carla Moreira, Wictor Custodio, Lorena Viana, José Neto, Ricardo Carvalho, as minhas magias, Fernanda Souza, Ericka, Gessica Ellen e Camila Oliveira. Vocês moram meu meu coração.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1:** Produção relativa (%) (*Mentha X villosa* Huds) em função do P-Mehlich (mg.kg⁻¹) em Cambissolo.....28
- Figura 2:** Classes de fertilidade para a disponibilidade de P Mehlich em cambissolo. Mt Bx: Muito Baixa, Bx: Baixa, M: Média, A: Alta, Mt A: Muito Alta.....29
- Figura 3:** Produção relativa em função do teor de P na folha, em cambissolo.....30
- Figura 4.** Teores de P-Mehlich-1 do solo em função da dose de P₂O₅ aplicada, em cambissolo.....31
- Figura 5:** Produção relativa (%) (*Mentha X villosa* Huds) em função do P-Mehlich (mg.kg⁻¹) em latossolo.....32
- Figura 6:** Classes de fertilidade para a disponibilidade de P Mehlich em latossolo. Mt Bx: Muito Baixa, Bx: Baixa, M: Média, A: Alta, Mt A: Muito Alta.....33
- Figura 7:** Produção relativa em função do teor de P na folha, em latossolo.....34
- Figura 8.** Teores de P-Mehlich-1 do solo em função da dose de P₂O₅ aplicada, em latossolo.....34
- Figura 9:** Produção relativa (%) (*Mentha X villosa* Huds) em função do P-Mehlich (mg.kg⁻¹) em luvissole.....36
- Figura 10:** Classes de fertilidade para a disponibilidade de P-Mehlich em luvissole. Mt Bx: Muito Baixa, Bx: Baixa, M: Média, A: Alta, Mt A: Muito Alta.....36
- Figura 11:** Produção relativa em função do teor de P na folha, em luvissole.....37
- Figura 12.** Teores de P-Mehlich-1 do solo em função da dose de P₂O₅ aplicada, em luvissole.....38

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 :Caracterização química completa dos solos selecionados..... | 23 |
| Tabela 2 .Níveis críticos pré-estabelecidos por nutriente..... | 23 |
| Tabela 3 . Resumo da análise de variância em função do tipo de solo e das doses de fósforo..... | 27 |
| Tabela 4 . Doses recomendadas para os níveis de fertilidade em cambissolo para a cultura da Hortelã..... | 31 |
| Tabela 5 . Doses recomendadas para os níveis de fertilidade em latossolo para a cultura da Hortelã..... | 35 |
| Tabela 6 . Doses recomendadas para os níveis de fertilidade em luvisolo para a cultura da Hortelã..... | 36 |

SÚMARIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 11 |
| 2.1 PLANTAS MEDICINAIS | 11 |
| 2.2 GÊNERO MENTHA | 12 |
| 2.3 MENTHA X VILLOSA HUDS | 12 |
| 2.4 ASPECTOS AGRONÔMICOS DAS PLANTAS MEDICINAIS | 13 |
| 2.5 CLASSES DE SOLO | 13 |
| 2.5.1 CAMBISSOLO | 13 |
| 2.5.2 LATOSSOLO | 14 |
| 2.5.3 LUVISSOLO | 14 |
| 2.6 ELEMENTOS ESSENCIAIS E BENÉFICOS | 15 |
| 2.7 ELEMENTO FÓSFORO | 15 |
| 2.8 FÓSFORO NA PARTE AÉREA | 16 |
| 2.9 FÓSFORO EM SOLO | 17 |
| 2.10 MÉTODOS DE CALIBRAÇÃO | 18 |
| 2.11 EXTRATOR MEHLICH-1 | 19 |
| 2.12 ESTUDOS RELACIONADOS | 20 |
| 3. OBJETIVOS | 21 |
| 3.1 Objetivo Geral | 21 |
| 3.2 Objetivos específicos | 21 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS | 22 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 27 |
| Para as diferentes classes de solos, foi observado os seguintes resultados: | 28 |
| 5.1 | 28 |
| Cambissolo | 28 |
| 5.2 Latossolo | 32 |
| 5.3 Luvissole | 35 |
| 6 CONCLUSÃO | 39 |
| 7. REFERÊNCIAS | 40 |

1 INTRODUÇÃO

As plantas medicinais têm seu uso consolidado pela sociedade desde muito tempo e vem sendo aprimorado. Relatos afirmam que antes de Cristo essas já eram usadas para a melhoria da qualidade de vida humana (DA ROCHA, 2021). Atualmente, com seus fins comprovados cientificamente, sua exploração tem grande valia para as indústrias alimentícias, de bebidas, cosméticos e principalmente na indústria farmacêutica (DE SOUSA *et al.*, 2021).

As plantas medicinais, formam um conjunto de substâncias químicas, tendo seus potenciais utilizados de variadas maneiras pelo homem como terapia complementar a tratamentos instituídos (PEDROSO *et al.*, 2021). O seu uso tem se tornando mais evidente desde a implantação da fitoterapia e do uso das plantas medicinais na Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC) do SUS e da Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (PNPMF) (MELRO *et al.*, 2020; CACCIA *et al.*, 2017).

Essas espécies vegetais de efeito curativo surgem como uma excelente alternativa no alívio de sintomas ou dores, sendo uma ferramenta de fácil acesso. Com o avanço de estudos, a identificação e o isolamento dos princípios ativos vegetais e de muitas moléculas, permitiu que as fontes vegetais se tornassem medicamentos, consolidando e evidenciando o saber popular por meio da ciência (COLET *et al.*, 2015; SILVEIRA *et al.*, 2021).

Nas últimas décadas a Food and Drug Administration-FDA aprovou 1.881 novas moléculas para serem utilizadas como medicamentos nos Estados Unidos da América (NETO, 2020). No Brasil, a Relação Nacional de Medicamentos Essenciais-RENAME estabelece o uso de 12 fármacos provenientes das plantas medicinais (RENAME, 2022).

Dentre as moléculas liberadas para fabricação de medicamentos se tem o mentol e a mentona (RENAME, 2022) compostos ativos dos óleos essenciais do gênero *Mentha*. Lorenzo *et al.*, (2002) relata que o gênero *Mentha* apresenta alta capacidade de hibridização, dando origem a variáveis medicinalmente semelhantes dentre se destaca a Hortelã, que apresenta uma vasta história de uso e cultivo (IBRAHIM, 2017).

A Hortelã pertence à família das Lamiaceae, composta por aproximadamente 7.193 espécies, onde uma parcela significativa apresenta interesse econômico e medicinal (JUDD, 2009; Trindade *et al.*, 2016). Dentre as espécies se tem a Hortelã (*Mentha X villosa* Huds.) conhecida em todo mundo, nos mais variáveis nomes populares (RADÜNZ, 2004). A Hortelã apresenta ação antioxidantes, antisséptica, antifúngica, diurética, analgésica e aromática (Bellassoued *et al.*, 2018). Karimi (2018) cita que a Hortelã atua de forma terapêutica em propriedades carminativa, anti-convulsão e adstringente.

Além das características curativas do gênero, estudos afirmam que essa espécie tem capacidade antiparasitária (MATOS *et al.*, 1999). Tais ações destacam a Hortelã como uma grande aliada dos fitoterápicos.

Mesmo com tão grande importância declarada, pouco é sabido no que sobre os aspectos agrônômicos das plantas medicinais. As informações são provenientes de manuais desatualizados, não contendo detalhes a respeito da especificidade de cada solo, nem teores dos nutrientes essenciais para seu cultivo, impossibilitando uma recomendação adequada a fim de alcançar o alto nível de potencial produtivo da cultura.

Paulus *et al.*, (2007) relata em seus estudos que os aspectos relacionados a fertilidade e manejo do solo contribuiram para a redução drástica na produção de *Mentha* no Brasil, baixos níveis de nutrientes pode afetar na quantidade produzida de biomassa de compostos bioativos (SARRICO, 2022). Uma adubação ideal torna a planta mais resistente ao ataque de pragas e doenças, possibilitando maiores produções.

Dentre os nutrientes essenciais, o fósforo chama atenção por ser um elemento limitante no desenvolvimento e nutrição das plantas, não somente pelas baixas capacidade de absorção pelas plantas, mas também devido a sua baixa capacidade de mobilidade no solo (PEIXOTO *et al.*, 1987). O fosforo contribui diretamente no desenvolvimento e crescimento das plantas, especialmente na parte aérea. Faz parte de estruturas químicas importantes para as plantas, DNA, RNA e moléculas intermediárias do metabolismo secundário responsáveis pela formação e diferenciação celular (MAIA, 1998; MALAVOLTA *et al.*, 1989).

O modo encontrado para sanar a falta de informações é por meio de estudos relacionados a adubação eficiente da cultura. Essa pesquisa pode ser conduzida por meio decalibração que consiste em estimar e relacionar o teor do nutriente a planta,

do solo e da parte aérea utilizando de um método de avaliação para a análise química com base nas características das plantas (SCHLINDWEIN, 2008).

Existem diversos métodos para avaliação de Fósforo (P) disponível no solo. O Mehlich-1 se destaca por ser um método barato e eficiente. O Mehlich-1 ($\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$) (EMBRAPA, 1979). Esse método apresenta boa capacidade de predição da disponibilidade de fósforo (MIRANDA, 2002).

Nesse sentido, o presente trabalho pretende determinar os níveis de fertilidade de fosforo em Hortelã (*Mentha X villosa* Huds.) calibrados pelo método Mehlich-1 em diferentes classes de solo e estimar as doses recomendadas para cada nível.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PLANTAS MEDICINAIS

O uso das plantas se faz presente desde os tempos longínquos. Essa arte foi cada vez mais fundamentada com o acúmulo de informações passadas pelo saber popular. As plantas medicinais muitas vezes representam o único recurso terapêutico para muitas comunidades (SALESSE *et al.*, 2018; FRANCO; LAMANO FERREIRA; FERREIRA, 2011).

O surgimento da industrialização refletiu no uso das plantas medicinais, que começaram a ser tratadas como atraso tecnológico, levando, em partes a sociedade a substituição da medicina caseira pelos fármacos sintéticos (TOMAZZONI; NEGRELLE; CENTA, 2006). No entanto, desde que a comunidade científica elucidou a eficácia dos produtos naturais esses retornam a ser a principal fonte terapêutica utilizada pela sociedade (ALEXANDRE, BAGATINI & SIMÕES, 2007).

E por meio desse conhecimento científico muitas novas moléculas com atividade terapêutica foram sendo descobertas e desenvolvidas para a formação de fármacos, possibilitando a tecnologia farmacêutica e o desenvolvimento de fitoterápicos mais eficientes (SCHENKEL *et al.*, 2003).

Brião *et al.*, (2016) relatam que nos países em desenvolvimento o uso das plantas medicinais se torna mais evidente, contribuindo para a substituição das drogas importadas, fortalecendo a autossuficiência econômica. Desde modo, os países vêm investindo em diversos marcos regulatórios para incentivar e fomentar o uso seguro das plantas medicinais.

Em 2008 a ANVISA publicou a resolução que relata orientações para o registro simplificado de drogas vegetais, a publicação da RDC para Boas Práticas de Manipulação de Fitoterápicos em 2010, no mesmo ano a ANVISA lançou Resoluções RDC sobre as drogas vegetais, ainda nesse ano foi publicado a quinta edição da Farmacopeia Brasileira e o formulário Terapêutico Nacional Fitoterápico. Em 2010 foi marcado pela oficialização das Farmácias Vivas, com normas para o cultivo e as oficinas farmacêuticas (ALMEIDA, 2011).

No cenário nacional, é perceptível o interesse popular e institucional pela utilização de fitoterápicos e plantas medicinais (ANVISA, 2021). Silva & Silvana

(2018) e Menezes Filho & Castro (2019) relatam que de modo geral isso se dar pelo fácil acesso e baixo custo para tratamentos eficientes.

2.2 GÊNERO MENTHA

O gênero *Mentha* é classificado como um dos mais complexos, isso se dar pela facilidade de cruzamento espontâneo que gera um vasto polimorfismo químico entre e dentro das espécies (SILVA, 2022). Sendo composta por um vasto número de espécies, variedades e híbridos que dificultam sua classificação (Bunsawat, *et al.*, 2004)

O gênero *Mentha* é de extrema importância para a família das Lamiaceae, representado por 19 espécies e 13 híbridos naturais. Sendo caracterizado por apresentar caules ramificados; folhas opostas e serradas, flor com quatro estames, corola não distintamente labiada, sem o conjunto de caracteres, e a corola campanulada, com quatro lobos eretos e cálice campanulado, 5-lobado, dispostas em espigas terminais ou axilares, lilases ou azuladas (BARROSO, 1986).

Suas partes aéreas são utilizadas para a obtenção dos óleos essenciais, que são ricos em compostos químicos como o mentol, mentona, isomentona e mentofurano (GUPTA *et al.*, 2017; MOKHTARIKHAH *et al.*, 2020; SOILHI *et al.*, 2019). Sendo seu óleo um dos mais comercializados no mundo (FERREIRA, 2008).

Seu óleo pode ser utilizado nas mais diversas finalidades, como produtos aromatizantes de uso oral, tais como cremes dentais, anti-sépticos bucais, gomas de mascar, em cigarros e também são utilizados na confecção de sabonetes, loções, perfumes e na medicina alternativa (Garlet, *et al.*, 2007).

Das espécies desse gênero a *M. pulegium*, *M. crispa*, *M. piperita* e *M. villosa*, se encontram listadas na relação nacional de plantas de interesse ao Sistema Único de Saúde (SOILHI *et al.*, 2019).

2.3 MENTHA X VILLOSA HUDS

A Hortelã-miúda, dentre os seus inúmeros nomes populares é uma das espécies do gênero *Mentha* mais exploradas, esse pertence ao RENISUS que facilita e incentiva o uso das plantas medicinais como fitoterápico na promoção da saúde humana e animal no Sistema Único de Saúde. (MARMITT *et al.*, 2016)

Apresenta folhas em forma oval, pequenas e pecioladas. Tem aroma característico e excessivo, flores em forma de espigas curtas. É estolonífera, onde

esses estolhos crescem e dão origem a novos caules (LORENZI & MATOS; 2002) o que facilita a sua multiplicação.

O óleo essencial da *Mentha X villosa Huds* é rico em compostos que se mostraram eficientes no combate de fungos causadores de doenças em frutas. (ALMEIDA *et al.*, 2018; GUERRA *et al.*, 2015).

2.4 ASPECTOS AGRONÔMICOS DAS PLANTAS MEDICINAIS

As plantas medicinais apresentam aspecto de crescimento acelerado e fácil. Pouco se sabe sobre o manejo eficiente das plantas do gênero *Mentha*. Apesar de suas raízes serem vastas e vigorosas não suportam déficit hídrico prolongados, devido a suas raízes serem pouco profundas, tendo seu sistema radicular evidenciado nos primeiros 10 cm do solo, necessitando de água em abundância e uma boa drenagem. (FERREIRA, 2008).

Lorenzi & Matos (2002) relatam que o formato estolonífero possibilita uma maior propagação. Contudo suas mudas podem ser produzidas por propagação vegetativa. Ortega Junior (2001) relata que é método mais eficiente e uniforme. São exigentes com iluminação solar (ASSIS, 2022).

Muitas vezes o cultivo das plantas medicinais é desprovido de conhecimentos técnicos, essencialmente no que desrespeito às instruções sobre manejo da fertilidade (MONTEIRO *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2018)

A fertilidade influencia diretamente na produção, o uso de insumos aumenta a produtividade (ANTONIOLLI, 2005).

2.5 CLASSES DE SOLO

2.5.1 CAMBISSOLO

Os cambissolos são caracterizados por terem um desenvolvimento pedogenético incipiente que influencia na sua profundidade, podendo apresentar fragmentos de rocha, alto teor mineral, e variações pequenas em relação a quantidade de argila (MANIÇOBA, 2018). Ribeiro *et al.*, (2022) relatam que os cambissolos são solos pouco evoluídos.

Tem fertilidade natural, apresentando potencial para o uso agrícola. (MOTA *et al.*, 2007); Estando distribuído em todo território brasileiro.

Os cambissolos localizados na região nordeste são predominantemente originários de rochas básicas (BECKER, 2008). Ocorrem em maior expansão no

território baiano (MANIÇOBA, 2018), essencialmente na região de Irecê e no extremo sul, outra extensão significativa fica localizada na região do estado do Ceará e do Rio Grande do Norte. Estima-se 27.500 Km² e constituem 3,6 % da região semiárida.

Apresentam drenagem imperfeita, com horizonte B incipiente (Bi) de textura franco-arenosa ou mais argilosa. espessura mediana entre 50 a 100 cm (CUNHA *et al.*, 2010).

No estado de Pernambuco possuem um bom aproveitamento agrícola, essencialmente na região de Triunfo-PE (SOUZA, 2009).

2.5.2 LATOSSOLO

Os latossolos são solos consideravelmente velhos, tem predominância em todo território brasileiro. E são muito intemperados (FERNANDES, 2004)

Solos profundos de boa drenagem, horizonte superficial pouco espesso e apresenta baixos teores de matéria orgânica. Com coloração avermelhada, alaranjada ou amarela (SANTOS, 2013)

Os primeiros minerais nesse solo têm pouca resistência ao intemperismo (SILVA, SILVA & CAVALCANTI, 2005).

A profundidade desse solo pode chegar de 1 a 2 m, apresenta baixa fertilidade.

Santos *et al.*, (2011) afirmam que esses fazem parte de 31,6% dos solos no Brasil. Tem alta estabilidade, pouco risco de erosão, quando manejados por práticas de adubação se tornam mais produtivos.

De grande ocorrência nas extensões territoriais do sul do Piauí, Bahia e Sertão Pernambucano, bastante explorado pela agricultura irrigada, porém também são usuais para a agricultura de sequeiro (CUNHA *et al.*, 2010)

Alguns latossolos apresentam deficiência de fósforo por ocorrência dos processos de intemperismo (PAULA, 2022).

2.5.3 LUVISSOLO

São solos jovens com acúmulo de argila no horizonte B e apresentam alta fertilidade. Tem pouca ocorrência no território brasileiro, tendo grande relevância na região semiárida. Solos minerais não hidromórficos, B textural com alta atividade de argila (EMBRAPA, 2013). Apesar da alta fertilidade seu uso é limitado pois apresenta alta suscetibilidade à erosão, além da sua má drenagem (AMARAL *et al.*, 2013).

Eutróficos com horizonte A de consistência dura a muito dura, quando secos, estrutura maciça ou em blocos fracamente desenvolvidos, seguida por um horizonte B pouco espesso realçado pela cor vermelha, usualmente com mudança textura abrupta (entre o horizonte A e o B), estrutura em blocos bem desenvolvidos. São solos que apresentam uma tendência muito forte a erosão e ocorrência de forte pedregosidade na superfície, característica desses solos (SILVA, SILVA & CAVALCANTI, 2006).

2.6 ELEMENTOS ESSENCIAIS E BENÉFICOS

A essencialidade de um nutriente está ligada a alguns critérios. Quanto ao ciclo biológico da planta, na ausência de algum dos elementos pode ocorrer uma estagnação do ciclo, fazendo com que ele não se complete (MOREIRA, 2021). O elemento tem funções específicas em que sua falta ou abundância gera sintomas característicos que só pode ser sancionado caso seja realizada a correção do mesmo, a presença ou a ausência tem implicância diretamente na nutrição vegetal (MENDES, 2007)

Mendes (2007) ainda cita que os elementos benéficos são caracterizados como aqueles elementos que não são essenciais, mas que de alguma maneira contribui para o desenvolvimento da planta.

São contabilizados dezessete elementos essenciais, são eles: Carbono (C), Hidrogênio (H), Oxigênio (O), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Boro (B), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Zinco (Zn).

Dentre os elementos benéficos estão o Sódio (Na), Silício (Si), Selênio (Se) e Cobalto (Co) (DECHEN e NACHTIGAL, 2007).

Os elementos essenciais são classificados como micro, e macro nutrientes que se diferem quanto a quantidade necessária pelas plantas, na qual os micros são exigidos em quantidades menores que os macros.

2.7 ELEMENTO FÓSFORO

Fósforo é um macro nutriente de importância imensurável, o mesmo desempenha papel em processos de extrema necessidade para o vegetal, como a fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular e crescimento foliar (Mendes, 2007). Faz parte do ATP como componente de enzimas, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos e substratos metabólicos, além de

promover rápida formação e crescimento de raízes, melhora a qualidade dos frutos, hortaliças e grãos (TAIZ e ZEIGER, 2012; MENDES, 2007).

Encontra-se disposto principalmente no solo, mesmo que de maneira não é bem absorvido pela planta, nem pelo solo, favorecendo uma espécie de travamento do nutriente no solo (ZAPAROLI, 2019). O solo ainda é considerado fonte, quando o mesmo apresenta características favoráveis a planta, ou seja, quando apresenta reservas nutricionais. Caso não esteja em quantidades ideais esse nutriente no solo, deixa de agir como fonte e passa atuar como dreno, isso pode ser solucionado com a utilização de fertilizantes de fonte de fosforo para diminuir essa inversão de papéis (MALAVOLTA *et al.*, 1989).

Fatores como intemperismo, favorece essa mudança gradual de fonte para drenos, processos como erosão, e em solos arenosos podem vim acarretar em um poder de adsorção máxima deste elemento mais lento (PEIXOTO *et al.*, 1987).

O P na forma orgânica é mais facilmente lixiviado (Malavolta *et al.*, 1989). A lixiviação pode favorecer a eutrofização de águas. Outro P em solução, em função das condições físico-químicas dos solos, a exemplo de elevado pH, poderá precipitar em formas de baixa solubilidade, passando a constituir as fontes minerais, fenômeno apresentado como retrogradação, promovendo seus acréscimos, reduzindo a concentração de P-Solução e o suprimento de P à planta (STAMFORD, 2006)

A labilidade do P adicionado no solo, ocorre tanto pela precipitação de P em solução de formas iônicas, e pela absorção pelos oxidoxidos. Com isso é importante verificar a quantidade de P-Solução disponível, e se está servindo para a planta ou para o solo, pois em quantidades desregulares vem acarretar inúmeros problemas (GATIBONI, 2007).

2.8 FÓSFORO NA PARTE AÉREA

P é o elemento responsável por diversos processos na planta (MALAVOLTA *et al.*, 1997). A fosforilação é necessária para a produção dos isoprenos, que são os precursores do óleo essencial, vale ressaltar que o ATP é o composto essencial para a planta pois fornece energia para a reação de fosforilação. Contudo, Marschner (2012) afirma que a aplicação de P pode vim a interferir na produção de glicose que é o substrato para a produção da Acetil CoA e na produção de isoprenos interferindo na produção do óleo essencial.

Para Rodrigues (2003) a adição de P contribui no crescimento da planta. Apresentando grande poder limitante sobre o crescimento dos vegetais (ALEXANDRE, 1973). Participando de processos indispensáveis para a planta, como, fotossíntese, formação de proteínas, respiração, divisão celular, armazenamento e transferência de energia (SILVA, 2011).

Korndorfer (2004) cita que além de todos os processos citados, o fósforo desempenha funções no aumento da eficiência da utilização da água pela planta e influencia no aumento da resistência do vegetal a doenças.

A absorção de P pelas plantas depende do contato dos íons com o sistema *radicular*, ocorrendo pelo processo de difusão. Entra nas células por mecanismos de absorção ativo do tipo simporte, movimentando-se muito rapidamente dos tecidos mais velhos para os mais novos (Dechen e Nachtigall, 2007).

2.9 FÓSFORO EM SOLO

O P no solo está disposto em várias formas, que variam de acordo com a natureza química do seu ligante e com a relação energética entre o nutriente e o solo. (Gatiboni *et al.*, 2007). P limita a produção vegetal (Novais e Smyth, 1999).

Noivais *et al.*, (2007) destaca que P no solo está distribuído em cinco formas diferentes: precipitado com o Alumínio, Ferro ou Cálcio, adsorvido aos colóides da fração argila, em solução, na forma orgânica, integrado a compostos insolúveis. Da solução do solo pode ser absorvido nas formas aniônicas (H_2PO_4^- e HPO_4^{2-}) que tem forte ligação covalente com que ao ligar-se com os átomos de C formam complexos polifosfatados como a ATP e ADP essenciais para o metabolismo, ou seja para os processos de transformação de energia para as plantas (SCHLINDWEN, 2003)

Em solos podem estar dispostos de forma oclusa nas imperfeições estruturais minerais dos óxidos de alumínio, estando dividido em três frações: fósforo em solução, disponível para as plantas, fósforo lábil e não lábil em forma fixa de compostos insolúveis não dispostos a planta, mas que podem se tornar lentamente (Gonçalves *et al.*, 1989).

A absorção irá acontecer principalmente entre o fósforo e as superfícies dos óxidos de Fe e Al e a precipitação acontece nos íons de Fe e Al em solos com pH baixo, ou com Ca em solos neutros ou alcalinos (NOVAIS e SMITH, 1999). O único P propriamente disponível para a planta é o da solução do solo (RAIJ, 1983). Na

solução é onde tem se um equilíbrio químico entre o fósforo em solução fracamente associado aos minerais do solo e matéria orgânica (P-lábil). O pH tende a influenciar no formato químico que o fósforo encontrará na solução e em como a planta vai realizar a utilização eficiente desse elemento (RAIJ, 1997). Esse afeta a solubilidade dos minerais, o formato dominante dos íons da solução, nas reações de adsorção e dessorção.

Vários são os atributos do solo que podem influenciar a adsorção de fosfato, sendo os principais: o tipo e teor de argila, de colóides amorfos e de matéria orgânica (Novais & Smith, 1999). Malavolta (2006) cita que a disponibilidade de P na solução do solo a dissolução e precipitação de carreadores de P, adsorção/desadsorção do fosfato das superfícies do solo e a hidrólise da matéria orgânica (HINSINGER, 2001)

2.10 MÉTODOS DE CALIBRAÇÃO

A análise de solo é uma prática indispensável para recomendação econômica de fertilizantes. Porém essa análise só se torna consideravelmente viável caso seja apoiada por uma metodologia de calibração com base no rendimento das culturas.

A calibração de um método consiste em avaliar ou relacionar o nível do elemento no solo, utilizando de procedimentos eficientes para análise no solo em função do rendimento da cultura (SCHLINDWEN, 2003).

A calibração se caracteriza como uma das etapas finais para a recomendação de adubação para as culturas. Neste é relacionado o teor do nutriente extraído e o desempenho da planta sob aplicação desse nutriente, ajustado matematicamente (Schlindwein & Anghinoni, 2000; Heckman *et al.*, 2006).

Para Cantarutti *et al.*, (2007) utilizar da produção relativa (PR) como parâmetro para a calibração, diminui a influência de variáveis não controladas. Reunindo em uma única base de dados os resultados das amostras que tiveram alguma interferência (Heckman *et al.*, 2006).

Contendo os dados eficientes do teor, rendimentos médios das parcelas, ajusta os resultados em um modelo que melhor se enquadre, gerando a curva de resposta da cultura. Especificando as faixas de fertilidade e o percentual de reposta na cultura em relação ao nível de nutriente no solo (Heckman *et al.*, 2006; Schlindwein e Gianello, 2008).

Estima-se o nível crítico para a determinação das dosagens de máxima eficiência física e máxima eficiência econômica da cultura. O nível crítico é o teor do nutriente no solo que possa vim a ser utilizado pela planta requerido para o alcance de máxima eficiência econômica desde que os outros nutrientes e fatores não atuem como limitantes (DEUS *et al.*, 2015). Estabelecer o nível crítico e classes de teores do elemento no solo por esses métodos de análise torna-se necessário para auxiliar as recomendações de adubação (FARIA *et al.*, 1986)

Geralmente as pesquisas para calibração são feitas em campo, onde há uma junção dos fatores que influenciam na fertilidade do solo e no percentual produtivo das culturas (Sims e Johnson, 1991). Experimentos conduzidos em casa de vegetação possibilita um estudo mais preciso e controlado dos fatores, detalhando as variações dos níveis críticos e taxas de recuperação em uma maior quantidade de solos (Souza, 1999), atrelado a economia de tempo e recursos (Novais *et al.*, 1991).

2.11 EXTRATOR MEHLICH-1

Faria *et al.*, (1986) afirma que diversos extratores foram testados, porém o mehlich-1 se mostrou eficiente na extração de P-labil no solo. Nos laboratórios de rotinas é comum o uso do Mehlich-1 (RAIJ *et al.*, 2001; SILVA *et al.*, 1998).

Utiliza-se a solução de Mehlich-1 (duplo ácido – H_2SO_4 0,0125 mol dm^{-3} + HCl 0,05 mol dm^{-3}) para avaliação da disponibilidade de fósforo no solo para as plantas, (Mehlich, 1953).

Este método tem como princípio:

A solubilização, pelos íons H^+ , de fosfatos de cálcio e pequenas porções de fosfatos de alumínio e ferro. O sulfato, por troca iônica, desloca o P adsorvido com fraca energia nos óxidos hidratados de ferro e alumínio, além de diminuir a readsorção do fósforo removido pelos íons H^+ (Mehlich, 1953).

Entre as vantagens de usar o Mehlich-1 como extrator, estão a facilidade de execução, custo acessível, otimização de tempo e a limpidez do extrato após a decantação, não sendo necessário a filtração desse extrato para leitura (Tedesco *et al.*, 1995; Silva & Raij, 1999)

Além de propor uma resposta ao uso do extrator Mehlich-1. Para Simões Neto *et al.*, (2015) o extrator que se correlacionar significativamente com os indicadores quantitativos das plantas se torna o mais adequado para avaliação da

disponibilidade de fósforo. Contudo pode se afirmar que o extrator Mehlich -1 se mostrou eficiente.

2.12 ESTUDOS RELACIONADOS

Na literatura encontrasse diversos trabalhos sobre a calibração de adubação fosfatada, essencialmente para as culturas de soja, milho e trigo, feijão para diversos locais. Cubilla *et al.*, (2007); Schlindwein e Gianello, (2008); Miranda *et al.*, (2002);

Para o estado de Pernambuco encontras-se calibração para a cultura da cana de açúcar (Simões Neto *et al.*, 2015) e para o tomateiro (FARIA *et al.*, 1986).

Para o gênero *Mentha* são escassas informações sobre calibração da adubação fosfatada em solos. Os estudos encontrados correlacionam crescimento, rendimento do óleo essencial com estimativa das concentrações de fósforo efetiva apenas para o cultivo em solução nutritiva. (Faquin *et al.*, 2004); (Maia, 1998); (Rodrigues, 2003); (Ramos *et al.*, 2005).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Definir os níveis de fertilidade e dosagem recomendada para adubação fosfata por calibração do extrator Mehlich-1 para a cultura da Hortelã (*Mentha X villosa Huds*) em diferentes classes de solo.

3.2 Objetivos específicos

- Definir o nível crítico de P para hortelã em três tipos de solo;
- Determinar o nível crítico de P na folha de hortelã, em três tipos de solo;
- Estabelecer classes de interpretação da disponibilidade de P em três tipos de solo;
- Indicar as doses de P_2O_5 a serem recomendadas de acordo com a disponibilidade de P para a cultura da Hortelã, em três tipos de solo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE), *Campus* Petrolina, Zona Rural, localizado no perímetro de Irrigação Senador Nilo Coelho (PISNC), no município de Petrolina (09.º 09' S, 40.º O e 365,5 m de altitude) em casa de vegetação, ambiente totalmente protegido, coberto com sombrite de 50%.

Segundo dados do Weather Spark a temperatura mínima variou de 20,0 e 24,0 °C com média de 21,66 °C e a máxima variou de 30,0 a 34,0 °C com média de 32,66 °C, a precipitação de chuva foi no máximo 5 mm no período de execução da pesquisa.

O cultivo foi em vaso com capacidade de 3,6 L, onde foram combinados 5 doses de fósforo (0, 10, 20, 40, 60 mg/dm³ de P), com 3 diferentes classes de solo (Cambissolo, Latossolo e Luvisolo), com 4 repetições, conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), totalizando 60 vasos para avaliação da produtividade seca da Hortelã, a irrigação foi automatizada em sistema de gotejo com uma vazão de 1,9 L/ hora.

As análises realizadas nesse experimento foram feitas no laboratório de solos do IFSertãoPE.

4.1 Amostragem e seleção das classes de solo

O processo de amostragem para determinação das classes de solo a serem estudadas. Iniciou-se com a coletado de solos em diferentes áreas, do Instituto do *Campus* Petrolina Zona Rural em uma profundidade de 0-20 cm ideal para as características do sistema radicular da Hortelã, que apesar de vasto, apresenta baixa profundidade (HERBOTECNIA, 2007).

As amostras foram identificadas, secas ao ar livre, como recomenda a metodologia utilizada pelo laboratório de solos do IFSertãoPE, posteriormente foram submetidas a análise química de P(dis) por Mehlich-1 seguindo o manual usual descrito pela EMBRAPA (2017).

Com base nos resultados, foram selecionadas três classes de solo (Cambissolo, Latossolo e Luvisolo), que apresentaram os menores teores de P-Mehlich-1, de classes de fertilidade muito baixa e baixa, devido o teor de P variar de 0 a 10 mg/dm³. Nos solos escolhidos realizou-se a caracterização química completa (Tabela 1).

Tabela 1: Caracterização química completa do Cambissolo (Cam), do Latossolo (Lato) e do Luvisolo (Luvi) , utilizados no estudo.

| Solo | pH | CE | MO | Pdisp | K | Na | Ca | Mg | H+Al | Zn | Mn | Fe | Cu | B |
|-------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | H ₂ O | dSm ⁻¹ | gkg ⁻¹ | mgkg ⁻¹ | | Cmolc/kg | | | | | | | | |
| Cam | 5,6 | 0,212 | 30,4 | 2,99 | 0,49 | 0,04 | 3,42 | 0,95 | 1,39 | 0,93 | 7,56 | 147 | 0,8 | 0,55 |
| Lato | 5,94 | 0,55 | 14,99 | 5,79 | 0,31 | 0 | 2,18 | 0,56 | 1,4 | 0,7 | 0 | 64,6 | 1,9 | 0,57 |
| Luvi | 6,5 | 0,268 | 22 | 4,16 | 0,23 | 0 | 2,18 | 0,25 | 0,63 | 0,53 | 0,42 | 130 | 0,7 | 0,55 |

pH: Potencial Hidrogeniônico, CE: Condutividade Elétrica, Mo: Matéria Orgânica, Pdisp: Fósforo Disponível, K: Potássio, Na: Sódio, Ca: Cálcio, Mg: Magnésio, H+Al: Hidrogênio + Alumínio, Zn: Zinco, Mn: Manganês, Fe: Ferro, Cu: Cobre, Bo: Boro.

4.2 Preparo das mudas

Para o preparo das mudas foram coletadas estacas do matrizeiro do Horto Medicinal Orgânico, medindo de 10 a 12 cm de altura, com 6 gemas. As estacas foram colocadas em bandejas preparadas com vermiculita hidratada e dispostas suspensas em solução nutritiva em sistema hidropônico por um período de 24 dias.

4.3 Recomendação e preparo das soluções para adubação

Foi estabelecido que os teores no solo de cada nutriente, exceto o P, seriam elevados para níveis sugeridos para a maioria de culturas agrônômicas (Tabela 2). Conforme o laudo completo das análises, foi calculado as adubações para os níveis considerados.

Tabela 2. Níveis críticos pré-estabelecidos por nutriente

| Cultura | Macro | | | | Micro | | | | |
|----------------|--------------------|-----|-----|---------|-------------------------------|----|----|-----|-----|
| | K | Ca | Mg | N | Zn | Mn | Fe | Cu | B |
| |Cmolc/Kg..... | | | mg. L-1 |mg/dm ³ | | | | |
| Hortelã | 0,6 | 3,6 | 0,8 | 112 | 1,5 | 8 | 30 | 1,2 | 0,6 |

Macro: Macronutrientes, Micro: Micronutrientes, K: Potássio, Ca: Cálcio, Mg: Magnésio, N: Nitrogênio, Zn: Zinco, Mn: Manganês, Fe: Ferro; Cu: Cobre, Bo: Boro

Para atingir os níveis eficientes de nitrogênio utilizou Nitrato de Amônia e Nitrato de cálcio, utilizando o formulado (*Lithothamnium calcareum*) como fonte de complementação para cálcio. As demais fontes foram Sulfato de potássio, Sulfato de Manganês, Sulfato de Zinco, Sulfato de Cobre, Ácido Bórico, não se fez necessária aplicação de ferro.

A fonte de fósforo foi o MAP Fosfato monoamônico (52% de P₂O₅). Com relação à quantidade de fósforo que contem no MAP fez se necessário a aplicação de 137,4 mg, 279,8 mg, 549,6 mg e 824,4 mg para atingir os níveis de 10-20-40-60 mg/dm³ de P respectivamente.

Todas as parcelas continham o mesmo nível de todos os elementos (K, Ca, Mg, N, Zn, Mn, Cu, B) variando apenas os níveis de P.

As fontes foram pesadas, diluídas em água destilada e armazenadas para a aplicação.

4.4 Preparo dos vasos, transplântio e manejo durante o ciclo

O cultivo foi em vaso com capacidade de 3,6 L onde foi pesado e preenchido conforme a densidade de cada solo para que atingissem o volume estimado. Adicionou uma alíquota das soluções de adubação nos vasos de forma homogeneizada. Os vasos foram dispostos em bancada e com 24 dias após o plantio (DAP) as mudas foram transplantadas para os vasos. Realizou um controle preventivo e curativo com fungicidas e inseticidas, respectivamente.

4.5 Coleta das plantas e do solo

Com 52 dias após o transplântio (DAT) nos vasos foi efetuado o corte das plantas e a coleta de amostras do solo de cada vaso. Em seguida, determinou o peso da massa fresca de cada planta, pesadas em balança analítica, logo as plantas foram acondicionadas em sacos de papel, previamente identificados, e postas para secagem, em estufa com circulação forçada de ar, na temperatura de 65 °C, onde permaneceram até atingirem peso constante, quando determinou-se a massa seca das plantas por meio de pesagem em balança de precisão.

4.6 Preparo do material vegetal para análise

Após a secagem determinadas pelo peso constante, as amostras foram pesadas e determinadas a massa seca, trituradas por moinho tipo Wiley e encaminhadas para a digestão sulfúrica seguindo a metodologia descrita por Thomas *et al.*, (1967) e lidas em espectrofotômetro de absorção molecular em um comprimento de onda de 880 nm.

4.7 Análise do solo

As amostras de solo foram secas seguindo recomendações da (EMBRAPA, 2017), preparadas e analisadas conforme a metodologia para Mehlich-1 descrita por (Mehlich, 1953). E lidas em espectrofotômetro em um comprimento de onda de 660nm.

4.8 Variáveis avaliadas e análises estatísticas

Foram determinados a produção de massa seca (parte aérea, raiz e total), teor de P na parte aérea, teor de P no solo. Calculando a produção relativa (PR-%), o acúmulo de P nas diferentes partes da planta e total, bem como o acúmulo de P por hectare.

As variáveis foram submetidas análise de variância pelo teste F a $p < 0,05$. Os graus de liberdade (GL) para dose foram desdobrados em análise de regressão e os modelos foram escolhidos com base nos maiores valores de R^2 . Os GL referentes a fator solo, foram analisados pelo teste de Tukey, $p < 0,05$, usando o programa SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

A Produção relativa com base na massa seca, é dada pela equação 1:

$$PR = MSD \times 100 \div MMS \quad \text{eq.1}$$

Onde:

PR = Produção relativa (%);

MSD = Massa seca de cada dose (g);

MMS = Máxima massa seca alcançada (g).

O nível crítico para máxima eficiência física foi dado por meio da derivação da equação polinomial resultante da função entre Produção relativa (%) X teor de P-Mehlich-1 (mg dm^3). Os limites superiores de P no solo, para as classes de fertilidade, foram definidos para as produções relativas de 50% (muito baixa), de 75% (baixa) e de 90% (média), estimados pelos modelos ajustados. O limite superior da classe média corresponde ao Nível crítico econômico (N_c) ou teor no solo que possibilita a Máxima Eficiência Econômica (M.E.E.). Já a Máxima Eficiência Física

(M.E.F.) foi estimada igualando a derivada primeira, do modelo matemático ajustado, a zero.

Para estimar as doses recomendadas, para cada classe de fertilidade, foi necessário determinar a taxa de recuperação de P do solo pelo Mehlich-1, a partir do modelo ajustado para determinação do teor de P no solo (mg dm^{-3}) em função das doses de P_2O_5 aplicadas.

$$DR = (Nc - Psolo) \div \text{Taxa de recuperação} \quad \text{eq.2}$$

Onde:

DR = Dose recomendada

NC = Nível crítico

Psolo = Teor de P-mehlich-1 no solo

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses de fósforo (P) nos solos influenciaram significativamente a produção de matéria seca, apresentando uma resposta quadrática, com R^2 0,9509. A produção de matéria seca não diferiram nas diferentes classes de solo. As concentrações de fósforo na parte aérea foram influenciadas pelos fatores de estudo. P no solo foi significativo em relação ao acréscimo das doses de P (Tabela 3)

Tabela 3. Resumo da análise de variância da Massa seca em relação a classe de solo e das doses de fósforo.

| FV | GL | QM | | |
|---------------|----|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| | | MSPA | P NA P. A | P |
| SOLO | 2 | 0,6529 ^{NS} | 1,509 ^{***} | 66,794 ^{NS} |
| DOSES | 4 | 58,870 ^{***} | 0,847 ^{***} | 943,76 ^{***} |
| SOLO*DOSES | 8 | 3,70 ^{NS} | 0,198 ^{***} | 30,44 ^{NS} |
| CV (%) | | 28,24 | 11,08 | 39,68 |

Fv: Fator de variância, GL: Grau de Liberdade, QM: Quadrado da média, MSPA: Massa seca parte aérea, PR: Produção Relativa; P NA P.A: Fósforo na parte aérea, P no solo: Fósforo em solo. NS: Não significativo; *** Altamente significativo.

Com 30 (DAT) das mudas para os vasos as plantas começaram apresentar sintomas de deficiência, ganhando uma coloração arroxeadada nas folhas mais velhas, ocasionado pelo acúmulo de antocianinas (MALAVOLTA, 2002).

O acréscimo da concentração de P resultou em um aumento da quantidade de matéria seca da planta, descrito por um modelo quadrático com R^2 0,9201.

Segundo Rodrigues (2003) é válido ressaltar que a nutrição ideal de P favorece para o crescimento da parte aérea da planta. Maia (1998) também observou o aumento da parte aérea da *Mentha crispera* com o aumento das doses de P em sistema com solução nutritiva, porém os números encontrados nesta pesquisa da relação de massa seca, se mostraram superiores aos encontrados pelo o autor. Sausen *et al.*, (2020) explicam que a pouca disponibilidade de fósforo ocasiona a diminuição nos valores de matéria seca foliar e caules. O fósforo desempenha papel

essencial no armazenamento de energia ou síntese ácidos orgânicos, processos fundamentais para a célula e para o desenvolvimento da planta (MARSCHNER, 2012; TAIZ *et al.*, 2017).

5.1 Cambissolo

5.1.1 Nível crítico (NC) no solo e foliar de fósforo

O nível crítico refere-se ao estado da fertilidade em que respostas significativas referentes a adubação será baixa, teores inferiores ao nível crítico a probabilidade de resposta da adubação aumenta gradativamente (DEUS *et al.*, 2015).

Os níveis críticos para a máxima eficiência física (M.E.F) e máxima eficiência econômica (M.E.E) foram de 13,7 mg.kg¹ e 8,67 mg.kg⁻¹ (Figura 1).

Os dados encontrados nesse estudo estabelecem um parâmetro de recomendação de nível crítico para a cultura da Hortelã cultivada no estado de Pernambuco.

O manual de recomendação do estado de São Paulo estima um nível crítico de 40 mg dm³ de fósforo pra culturas anuais, em contra partida Siqueira *et al.*, (2000) estabelecem um nível crítico de 25 a 30 mg dm³ para os mais variados solos do Rio Grande do Sul.

A partir das equações entre os teores de P foliar em função dos teores P-Mehlich-1, estimou-se o NC foliar de P para a Hortelã. Apresentando 2,3 mg.kg⁻¹ para o Cambissolo, contribuindo como um parâmetro para recomendação de análise foliar.

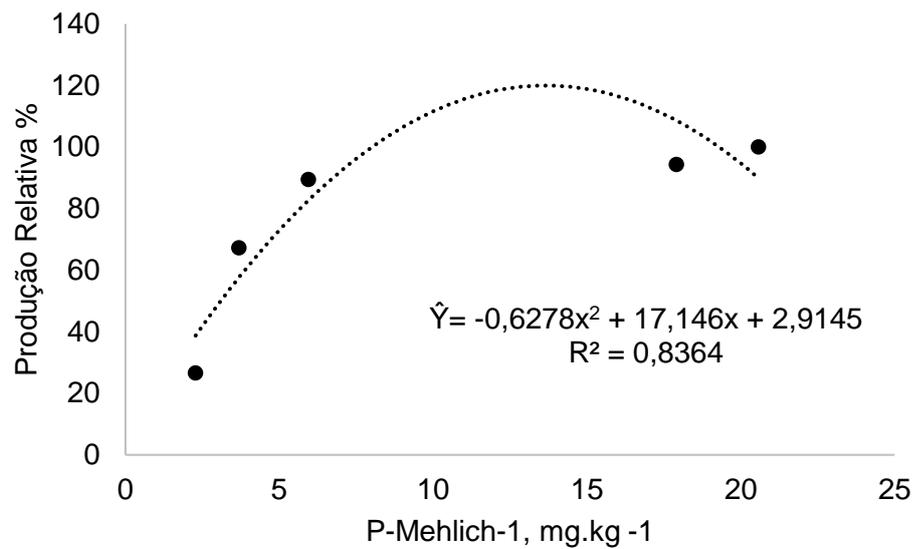


Figura 1: Produção relativa (%) de *Mentha X Villosa Huds*, em função do P-Mehlich (mg.kg⁻¹), em Cambissolo.

5.1.2 Classes de fertilidade

As classes de fertilidade para a disponibilidade de P, pelo extrator Mehlich-1, foram estimadas como muito baixa (<3 mg/dm³), baixa (3 – 5,2 mg/dm³), média (5,3 – 6,8 mg/dm³), alta (6,9-13,7 mg/dm³), muito alta (>13,7 mg/dm³) para o Cambissolo. (Figura 2).

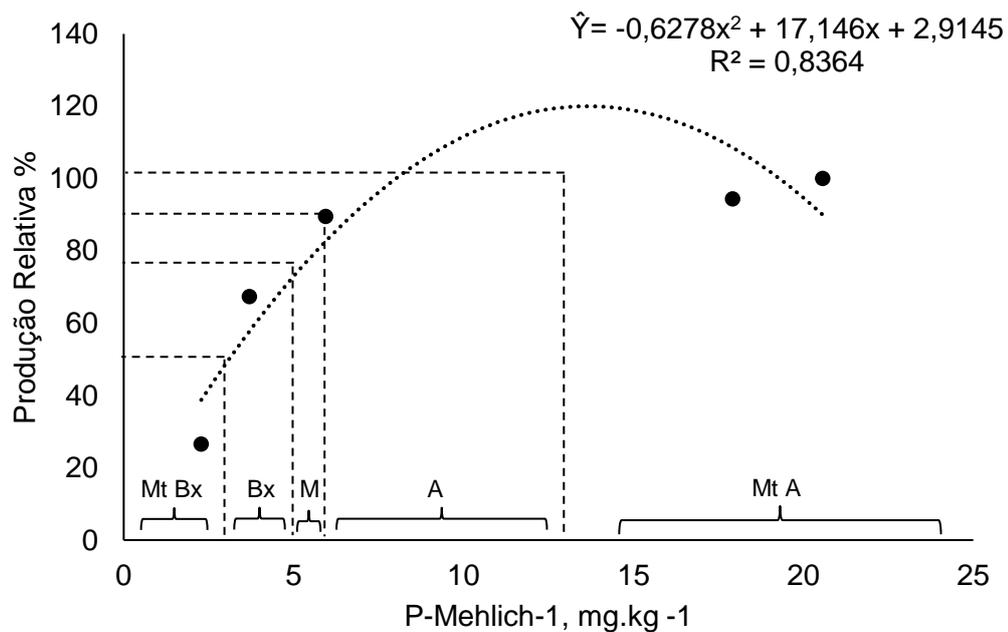


Figura 2: Classes de fertilidade para a disponibilidade de P-Mehlich-1 em Cambissolo. Mt Bx: Muito Baixa, Bx: Baixa, M: Média, A: Alta, Mt A: Muito Alta.

5.1.3 Pontos de máxima eficiência física (M.E.F) e máxima eficiência econômica (M.E.E)

A produção da massa seca da Hortelã aumentou com o aumento das doses de P_2O_5 , Cambissolo estudados. Isso indica que apesar das diferenciações dos solos os teores de P disponibilizados foram eficientes para que as plantas atingissem uma produção suficientes em adição de P (SIMÕES Neto *et al.*, 2015).

O nível crítico na folha para M.E.E no Cambissolo ficou em torno de 2,16 $mg.kg^{-1}$ para uma produção relativa equivalente a 90% e para a M.E.F em 2,36 $mg.kg^{-1}$.

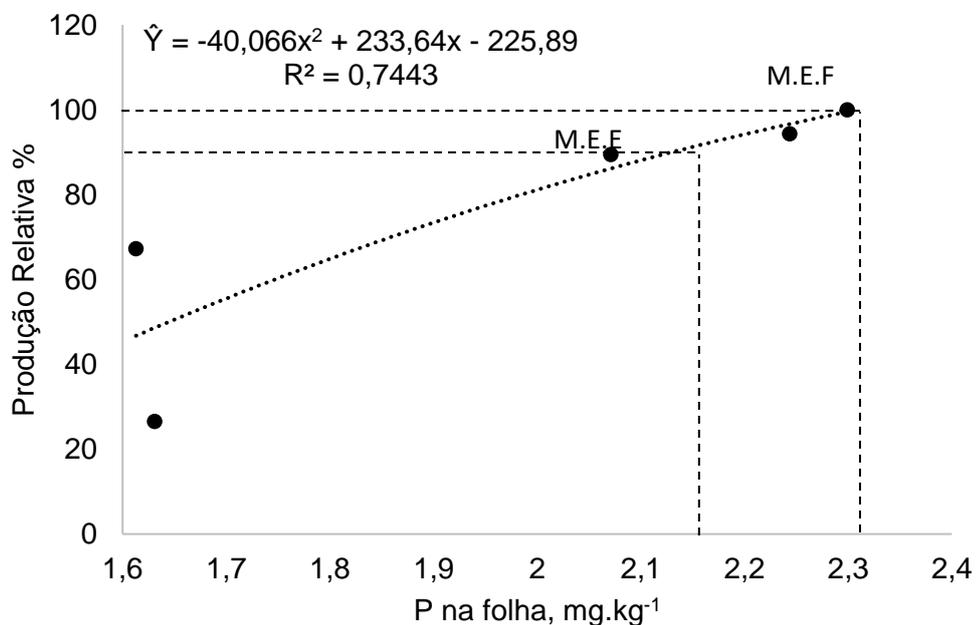


Figura 3: Produção relativa em função do teor de P na folha, em Cambissolo.

5.1.4 Doses recomendadas

Os teores de P extraído nos solos avaliados aumentaram em função da elevação das doses aplicadas de P_2O_5 , apresentando uma resposta linear e R^2 0,9417 e uma taxa de recuperação de 0,0749 $mg.kg^{-1}$ de P-Mehlich-1 por kg de P_2O_5 aplicado no solo (Figura 4). O P-Mehlich-1 mostrou-se eficiente, favorecendo a alta capacidade preditiva das doses de P_2O_5 . As características do solo tendem a influenciar a capacidade de extração do elemento pelos extratores (Farias *et al.*, 2009; Simões Neto *et al.*, 2015).

A determinação dose recomenda de P_2O_5 (DR) pode ser estimada como segue:

$$DR = (Nc - Psolo) \div \text{Taxa de recuperação} \quad \text{eq.2}$$

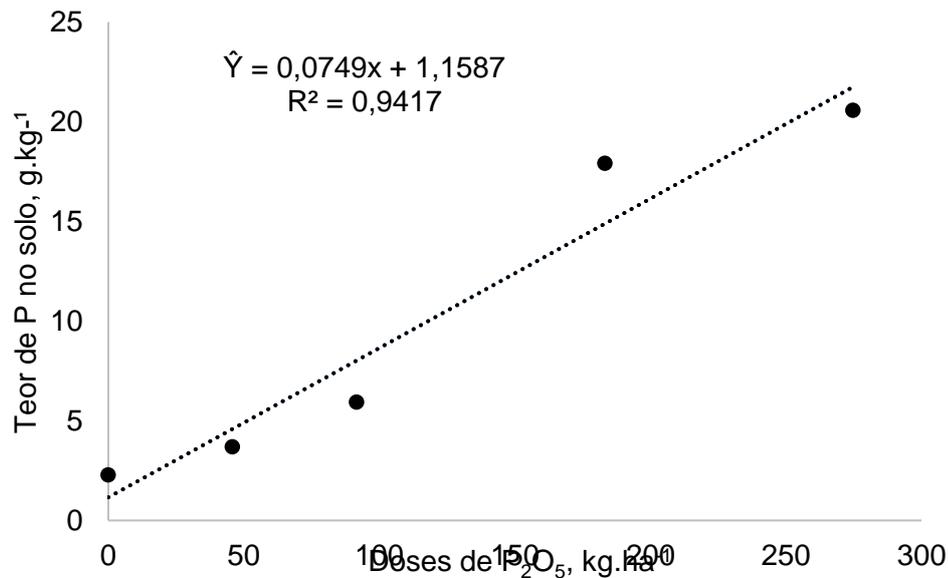


Figura 4. Teores de P-Mehlich-1 do solo em função da dose de P_2O_5 aplicada, em cambissolo.

5.1.5 Doses de P recomendadas .

As doses de P_2O_5 recomendadas a partir da eq.1, para as diferentes classes de fertilidade do Cambissolo, estão apresentadas na (Tabela 4).

Tabela 4. Doses recomendadas para os níveis de fertilidade em Cambissolo para a cultura da Hortelã.

| Classe de fertilidade | Teor de P-Mehlich no solo (mg.kg ⁻¹) | Limite Inferior | Limite Superior | Média |
|-----------------------|--|---|-----------------|--------|
| | | ----- kg ha ⁻¹ de P_2O_5 ----- | | |
| Muito baixa | >3 | 182,91 | 142,85 | 162,88 |
| Baixa | 3 - X | 141,52 | 113,48 | 127,50 |
| Média | X1 - X2 | 112,14 | 92,12 | 102,13 |
| Alta | X2.1 - X3 | 89,45 | 25 | 44,72 |
| Muito Alta | >X3 | 25 | 25 | 25 |

As doses de P_2O_5 para a classe alta e muito alta, basearam-se na Lei da Restituição, onde com base no acúmulo da massa seca...aplicou-se a lei da restituição enunciada que estabelece que deve restituir os nutrientes perdidos ou removidos.

5.2 Latossolo

5.2.1 Nível crítico (NC) no solo e foliar

Observa-se que os teores de fósforo no solo tiveram influência significativa na produtividade da Hortelã. Ajustando satisfatoriamente ao modelo quadrado o para o extrator Mehlich -1. Estimando um nível crítico de $22,7 \text{ mg dm}^3$ para a máxima eficiência física e de $20,7 \text{ mg dm}^3$ para máxima eficiência econômica. O NC foliar ficou em torno de $2,74 \text{ mg. dm}^3$

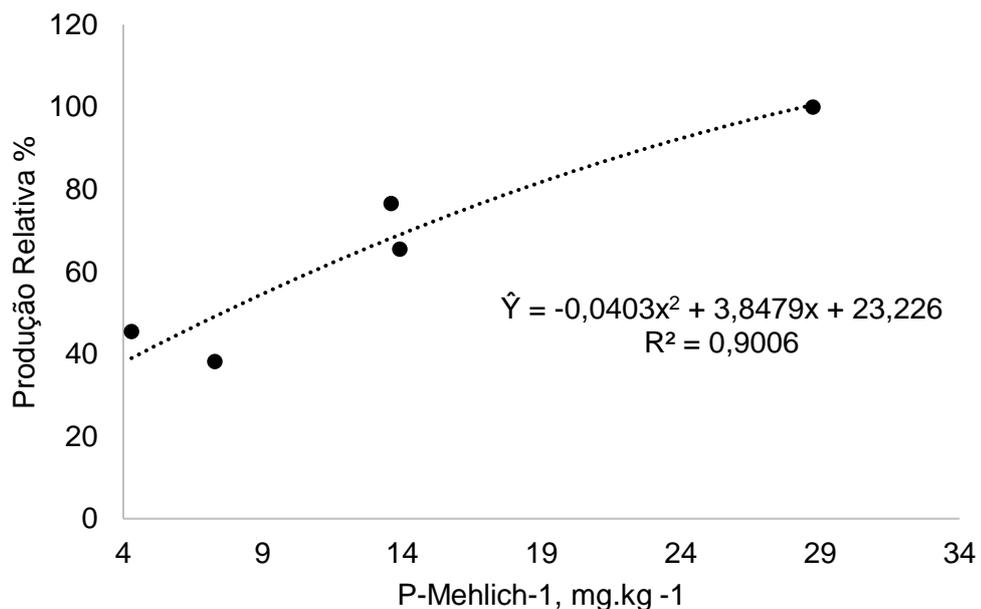


Figura 5: Produção relativa (%) (*Mentha X villosa Huds*) em função do P-Mehlich (mg.kg^{-1}) em latossolo.

5.2.2 Classe de fertilidade

Com os ajustes matemático com a substituição de Y pelos valores estimados para as classes de 50, 75, 90 e 100 (Muito baixa, baixa, média, alta e muita alta)

respectivamente, encontrou os valores, traçados na (Figura 6) para as classes de fertilidade do latossolo, para a cultura da Hortelã.

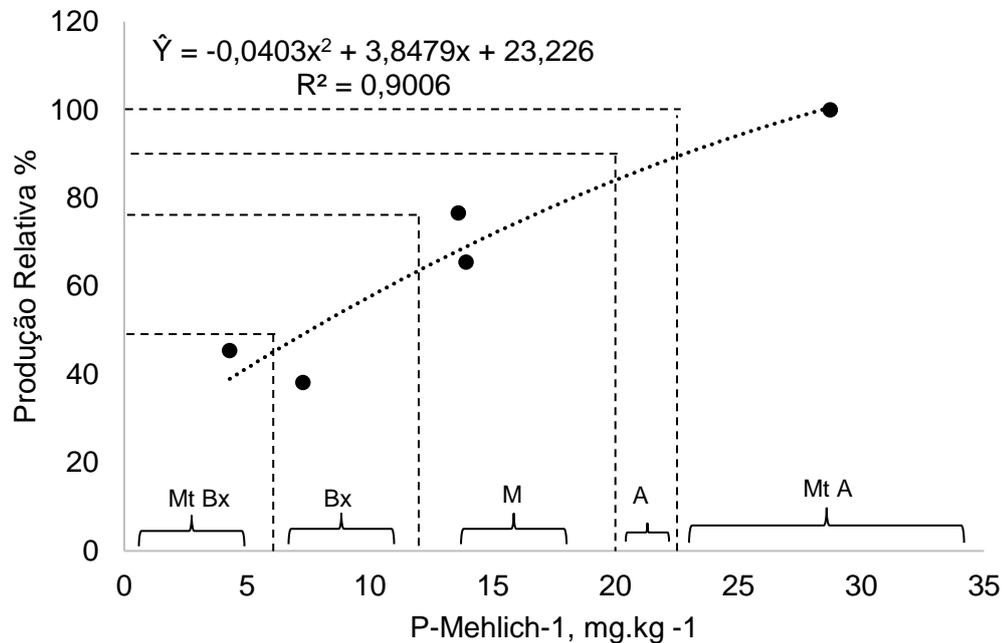


Figura 6: Classes de fertilidade para a disponibilidade de P-Mehlich em Latossolo. Mt Bx: Muito Baixa, Bx: Baixa, M: Média, A: Alta, Mt A: Muito Alta.

As classes alcançaram os valores: muito baixa (<6,9 mg/dm³), baixa (7,0 – 12,9 mg/dm³), média (13 – 20,7 mg/dm³), alta (20,8 – 22,7 mg/dm³), muito alta (>22,7 mg/dm³). Esses valores assemelham-se com os valores estimados por Faria et al., (1986) para a cultura do tomate nos solos do vale do São Francisco.

5.2.3 Pontos de máxima eficiência física (M.E.F) e máxima eficiência econômica (M.E.E)

Esses pontos podem variar de acordo com o rendimento relativo. Nesse caso foi estimado 100 % para a máxima eficiência física e 90% para a máxima eficiência econômica.

Em latossolo os teores encontrados da M.E.E foi 2,80 mg.kg⁻¹ e a M.E.F em 2,93 mg.kg⁻¹.

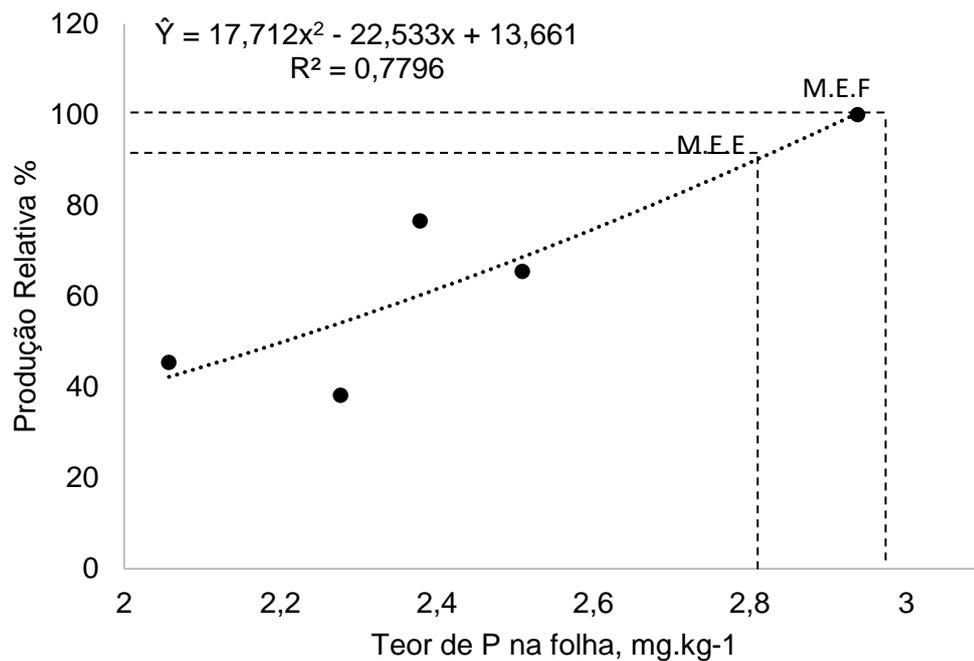


Figura 7: Produção relativa em função do teor de P na folha, em latossolo.

5.2.4 Taxa de recuperação

Obteve-se uma resposta positiva a equação linear proposta para essa variação. Alcançando um $R^2 = 0,8877$ e um coeficiente de determinação de 0,0806 que irá servir para atribuir as dosagens recomendadas para essa classe de solo.

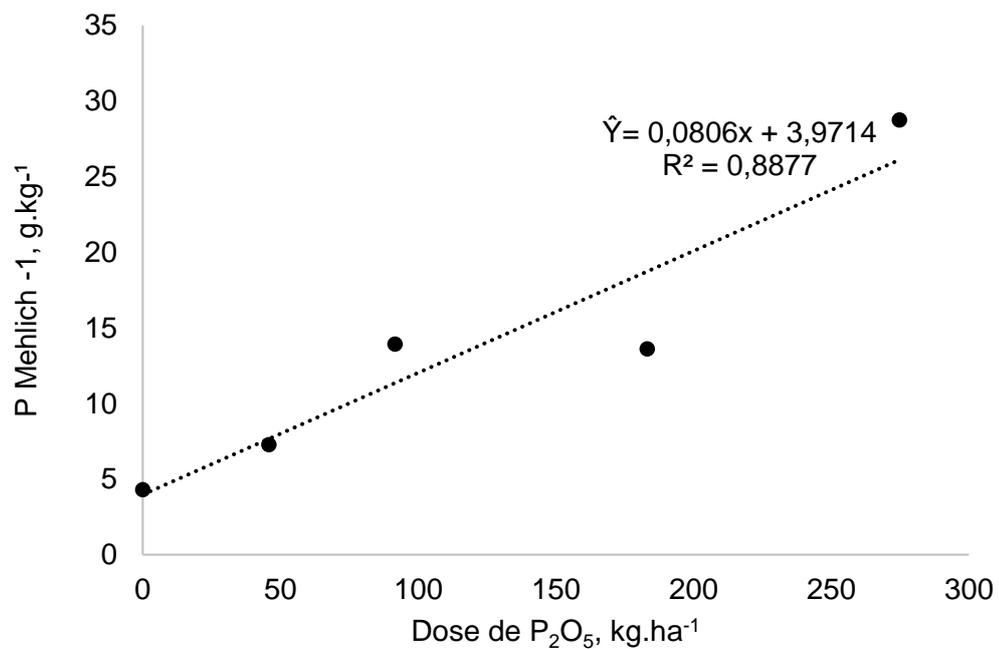


Figura 8. Teores de P-Mehlich-1 do solo em função da dose de P₂O₅ aplicada, em Latossolo.

5.2.5 Doses de P recomendadas

As doses recomendadas para o latossolo em função das classes de fertilidade do solo (Tabela 4). Contribui para a recomendação de adubação para a Hortelã nessa classe de solo.

Tabela 5. Doses recomendadas para os níveis de fertilidade em latossolo para a cultura da Hortelã.

| Solo | Latossolo | | |
|-----------------------|--|-----------------|--------|
| | Limite Inferior | Limite Superior | Média |
| Classe de fertilidade | ----- kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ ----- | | |
| Muito baixa | 281,63 | 196,02 | 238,83 |
| Baixa | 194,78 | 121,58 | 158,18 |
| Média | 120,34 | 24,81 | 72,58 |
| Alta | 23,57 | 35 | 11,78 |
| Muito Alta | 35 | 35 | 35 |

Maia (1998) recomenda os teores de 120 kg/ha de P₂O₅ para as classes de fertilidade baixa de 0-15 , 80 kg/ha de P₂O₅ para as classes médias de 16-40 e para classes >40 , 40 kg/há de P₂O₅ extraído por P-resina (mg/dm³) em solos da região de São Paulo.

5.3 Luvissolo

5.3.1 Nível crítico (NC) no solo e foliar

Características do solo está inteiramente ligada com a capacidade do solo em diminuir ou aumentar a disponibilidade do nutriente no solo. *Deus et al.*, (2015). O nível crítico no Luvissolo ficou em torno de 26,3 mg.kg⁻¹ para a máxima eficiência física e de 21,21 mg.kg⁻¹.

A partir das equações entre os teores de P foliar em função das doses P-Mehlich-1 ajustado para X (equivalente ao NC de cada solo) estimou o NC foliar de P para a Hortelã 5,42 g.kg⁻¹ para o luvissolo.

Demonstrando comportamento semelhante ao NC de P em solo. O comportamento de NC foliar nesse estudo se correlaciona os resultados obtidos por Simões Neto *et al.*, (2012) e Silva (2018) em que o crítico foliar varia conforme o nível crítico no solo.

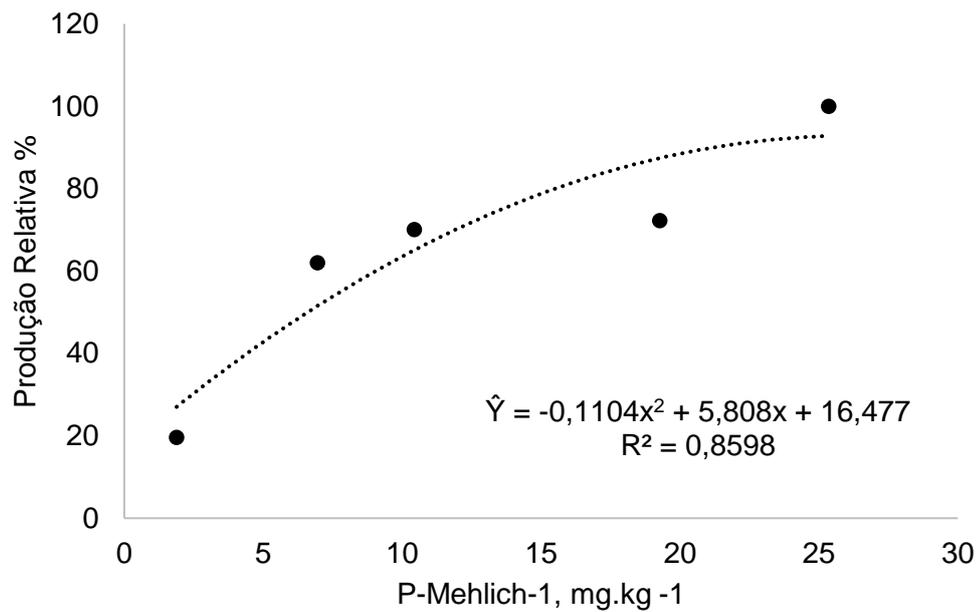


Figura 9. Produção relativa da Hortelã (*Mentha X villosa* Huds) em função de P-Mehlich-1 em Luvisso.

5.3.2 Classe de fertilidade

O luvisso apresentou: muito baixa (<6,6 mg/dm³), baixa (6,7 – 13,6 mg/dm³), média (13,7 – 21,2 mg/dm³), alta (21,3 – 26,3 mg/dm³), muito alta (>26,3 mg/dm³).

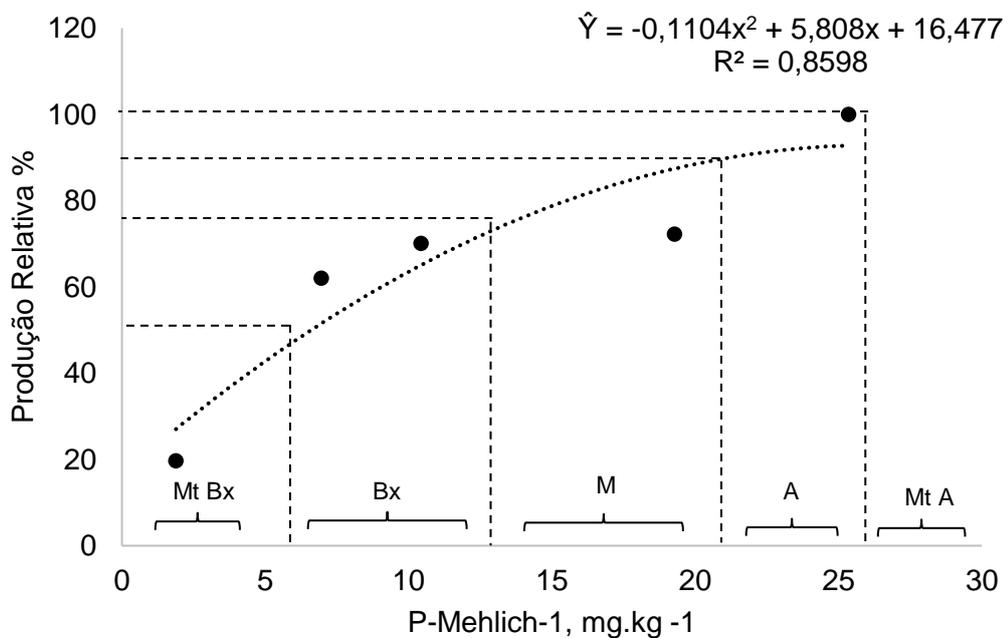


Figura 10: Classes de fertilidade para a disponibilidade de P-Mehlich em Luvisso. Mt Bx: Muito Baixa, Bx: Baixa, M: Média, A: Alta, Mt A: Muito Alta.

5.3.3 Pontos de máxima eficiência física (M.E.F) e máxima eficiência econômica (M.E.E)

No Luvisso solo o ponto de M.E.E ficou em torno de 1,80 mg.kg⁻¹ enquanto o M.E.F ficou em 2,48 mg.kg⁻¹. Teores superiores a esse apenas geram custos, pois a diferença na produtividade é consideravelmente baixa.

Esses teores evidenciam um parâmetro para análise foliar, caso seja feita uma análise foliar e as plantas apresentarem teores de fósforo próximos, semelhante ou superior aos apresentados nesse estudo, as mesmas não responderam a adubação.

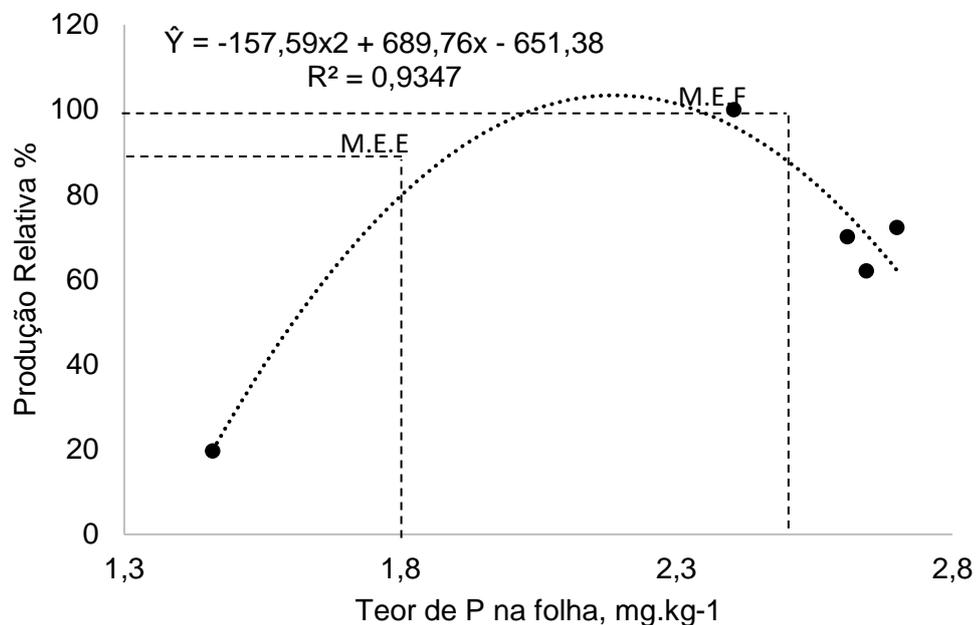


Figura 11: Produção relativa em função do teor de P na folha, em Luvisso solo.

5.3.4 Taxa de recuperação

Obteve-se uma resposta positiva a equação linear proposta para essa variação. Alcançando um $R^2 = 0,9936$ e um coeficiente de determinação de 0,0856 que irá servir para atribuir as dosagens recomendadas para essa classe de solo

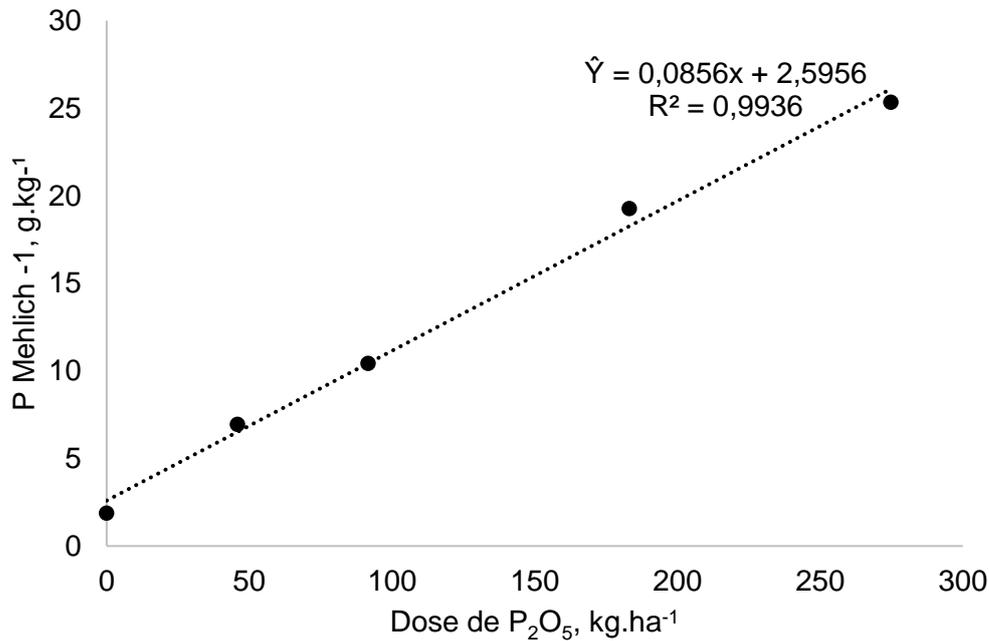


Figura 12. Teores de P-Mehlich-1 do solo em função da dose de P₂O₅ aplicada, em Luvissole.

5.3.5 Doses recomendadas

As doses recomendadas para o latossolo em função das classes de fertilidade do solo (Tabela 5). Contribuindo para a recomendação de adubação para a Hortelã nessa classe de solo.

Tabela 6. Doses recomendadas para os níveis de fertilidade em luvissole para a cultura da Hortelã.

| Solo | Luvissole | | |
|-----------------------|--|-----------------|--------|
| | Limite Inferior | Limite Superior | Média |
| Classe de fertilidade | ----- kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ ----- | | |
| Muito baixa | 351,60 | 263,36 | 307,48 |
| Baixa | 262,03 | 169,78 | 215,90 |
| Média | 168,44 | 68,18 | 118,31 |
| Alta | 66,84 | 58 | 33,42 |
| Muito Alta | 58 | 58 | 58 |

No manual de recomendação para o estado de Pernambuco não contem dados sobre os teores a serem considerados no solo ou maiores informações sobre a recomendação de adubação para a Hortelã.

6 CONCLUSÃO

Acerca do nível crítico no solo, o Cambissolo apresentou resultados em torno de $13,7 \text{ mg.kg}^{-1}$, o Latossolo manifestou um nível crítico de $22,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ ao passo que o Luvisolo teve seu nível crítico de $26,3 \text{ mg.kg}^{-1}$.

No que diz respeito ao nível crítico foliar, foi observado valores de $2,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ para as plantas cultivadas no Cambissolo, $2,74 \text{ mg.kg}^{-1}$ para as do Latossolo e $5,42 \text{ mg.kg}^{-1}$ para as do Luvisolo.

As classes de fertilidade para a disponibilidade de P pelo extrator Mehlich-1 foram: muito baixa ($<3 \text{ mg/dm}^3$), baixa ($3 - 5,2 \text{ mg/dm}^3$), média ($5,3 - 6,8 \text{ mg/dm}^3$), alta ($6,9 - 13,7 \text{ mg/dm}^3$), muito alta ($>13,7 \text{ mg/dm}^3$) para o Cambissolo. Muito baixa ($<6,9 \text{ mg/dm}^3$), baixa ($7,0 - 12,9 \text{ mg/dm}^3$), média ($13 - 20,7 \text{ mg/dm}^3$), alta ($20,8 - 22,7 \text{ mg/dm}^3$), muito alta ($>22,7 \text{ mg/dm}^3$) para o Latossolo e o Luvisolo apresentou: muito baixa ($<6,6 \text{ mg/dm}^3$), baixa ($6,7 - 13,6 \text{ mg/dm}^3$), média ($13,7 - 21,2 \text{ mg/dm}^3$), alta ($21,3 - 26,3 \text{ mg/dm}^3$), muito alta ($>26,3 \text{ mg/dm}^3$).

As dosagens recomendadas foram: muito baixa ($182,91 - 142,85 \text{ kg.ha}^{-1}$), baixa ($141,52 - 113,48 \text{ kg.ha}^{-1}$), média ($112,14 - 94,12 \text{ kg.ha}^{-1}$), alta ($89,45 - 25 \text{ kg.ha}^{-1}$); para muito alta estima-se uma dosagem baseada na lei da restituição 25 kg.ha^{-1} de P_2O_5 para o Cambissolo. Para os limites inferior e superior respectivamente, para o Latossolo recomenda-se muito baixa ($281,63 - 196,02$) baixa ($194,78 - 121,58$); média ($120,34 - 24,81$), alta ($23,57 - 35$), muito alta 35 Kg ha^{-1} de P_2O_5 também para os limites inferior e superior respectivamente e por fim para o Luvisolo, muito baixa ($351,60 - 263,36$) baixa ($262,03 - 169,78$), média ($168,44 - 68,18$), alta ($66,84 - 58$), muito alta 58 Kg ha^{-1} de P_2O_5 para os limites inferior e superior respectivamente.

7. REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, A. G. Sugarcane physiology: a comprehensive study of the Saccharum souce-to-sink system. Amsterdam: Elsevier, 1973. 752p.
- ALEXANDRE, R. F.; BAGATINI, F.; SIMÕES, C. M. O. Interações entre fármacos e medicamentos fitoterápicos à base de ginkgo ou ginseng. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 18, n. 1, p. 117-126, 2008.
- ALMEIDA, E.T.C., BARBOSA, I.M., TAVARES, J.F., BARBOSA-FILHO, J.M., MAGNANI, M., DE SOUZA, E.L. Inactivation of spoilage yeasts by *Mentha spicata* L. and *M. x villosa* Huds. essential oils in cashew, guava, mango, and pineapple juices. *Frontiers in Microbiology*, v. 9, 2018
- ALMEIDA, M. Z. Plantas medicinais. 3ed. Salvador, **EDUFBA**, 2011, 221p.
- AMARAL, E.F. do et al. Ocorrência e distribuição das principais classes de solos do estado do Acre. In: ANJOS, L.H.C. dos et al. Guia de campo da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos. Rio Branco: EMBRAPA, 2013. p. 97-127.
- ANTONIOLLI, L. R. Sistema de Produção de Uva de Mesa do Norte de Minas Gerais: Colheita e manuseio pós-colheita. Embrapa Uva e Vinho. ISSN, p. 1678-8761, 2005
- ANVISA, Formulário de Fitoterápicos da Farmacopéia Brasileira 2 ed. Agência Nacional de Vigilância Sanitária , 2021
- BARROSO, G.M. Sistemática de Angiospermas do Brasil. v.3. Viçosa/MG: Imp. Univ., 1986. 326 p.
- BECKER, E. L. S. Solo do Rio Grande do Sul e sua relação com o clima. 2008. 95 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2008.
- BELLASSOUED, Khaled et al. Protective effects of *Mentha piperita* L. leaf essential oil against CCl₄ induced hepatic oxidative damage and renal failure in rats. **Lipids in health and disease**, v. 17, n. 1, p. 1-14, 2018.
- Brião D, Artico LL, Lima FP and Menezes APS (2016) Utilização de plantas medicinais em um município inserido no Bioma Pampa Brasileiro. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde** 14 (2): 206-219.

BUNSAWAT, J.; ELLIOTT, N.E.; HERTWECK, K.L.; SPROLES, E. & ALICE, L.A. Phylogenetics of *Mentha* (Lamiaceae): Evidence from chloroplast DNA sequences. *Systematic Botany*, American Society of Plant Taxonomists. 2004. p. 959-964

Caccia-Bava MdCGG, Bertoni BW, Pereira AMS, Martinez EZ. Disponibilidade de medicamentos fitoterápicos e plantas medicinais nas unidades de atenção básica do Estado de São Paulo: resultados do Programa Nacional de Melhoria do Acesso e da Qualidade da Atenção Básica (PMAQ). **Ciênc Saúde Colet**. 2017; 22: 1651-9. [<https://doi.org/10.1590/1413-81232017225.16722015>].

CANTARUTTI, R. B.; F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007, p. 91-132.

COLET, Cristiane F. et al. Análises das embalagens de plantas medicinais comercializadas em farmácias e drogarias do município de Ijuí/RS. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 331-339, Jun. 2015.

CUBILLA, M.M. et al. Calibração visando à fertilização com fósforo para as principais culturas de grãos sob sistema plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1463-1474, 2007.

CUNHA et al. Cambissolos - Portal Embrapa. <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/solos/cambissolos>. Acessado 30 de novembro de 2022.

DA ROCHA, Luiz Paulo Bezerra et al. Uso de plantas medicinais: Histórico e relevância. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 10, p. e44101018282-e44101018282, 2021

DE ASSIS, Rafael Marlon Alves et al. Cultivo sob diferentes malhas e níveis de sombreamento afetam a produção de biomassa, teor, rendimento e composição química do óleo essencial de *Mentha arvensis* L. 2022.

DE SOUSA, Thallysson Jose Dourado et al. **O uso de plantas medicinais em infecções bucais: uma alternativa eficaz**. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, v. 13, n. 4, p. e6880-e6880, 2021

DECHEN, Antonio Roque; NACHTIGALL, Gilmar Ribeiro. Elementos essenciais e benéficos às plantas superiores. **Nutrição mineral de plantas**, p. 1-5, 2006.

DEUS, J. A. L et al. **Determinação do nível crítico de fósforo no solo em função do requerimento de nutriente pelo meloeiro e fósforo remanescente**. Congresso Brasileiro de Ciência do solo. Natal-RN 2015

DI LORENZO, Giuseppe et al. Expression of epidermal growth factor receptor correlates with disease relapse and progression to androgen-independence in human prostate cancer. **Clinical cancer research**, v. 8, n. 11, p. 3438-3444, 2002.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Classificação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: **Embrapa-SNLCS**, 1979. 255p.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3 ed. Brasília, DF: 2013. 353 p

Faquin, V., Rodrigues, C. R., Trevisan, D., Pinto, J. E. B., Bertolucci, S. K. V., & Rodrigues, T. M. (2004). Nutrição mineral, crescimento e teor de óleo essencial da menta em solução nutritiva sob diferentes concentrações de fósforo e épocas de coleta. *Horticultura Brasileira*, 22, 573-578.

FARIA, C. M. B., PEREIRA, J. R., & MORGADO, L. (1986). Disponibilidade de fosforo no solo e estimativa de doses adequadas de adubacao fosfatada para o tomateiro no Submedio Sao Francisco.

FARIAS, Daise Ribeiro de et al. Fósforo em solos representativos do estado da Paraíba: II-Disponibilidade de fósforo para plantas de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 633-646, 2009.

FERNANDES, R. B. A. et al. Quantificação de óxidos de ferro de Latossolos brasileiros por espectroscopia de refletância difusa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 245-257, 2004.

FERREIRA, C.P. Caracterização química e morfológica de genótipos de *Mentha* spp. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2008, 96 p. Dissertação de Mestrado

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FRANCO, F.; LAMANO-FERREIRA, A. P. N.; FERREIRA, M. Etnobotânica: aspectos históricos e aplicativos desta ciência. Caderno de Cultura e Ciência 2011 dez.; Ano VI, v.10, n.2.

GARLET, T.M.B.; SANTOS, O.S.; MEDEIROS, S.L.P.; MANFRON, P.A.; GARCIA, D.C.; BORCIONI, E.I. & FLEIG, V. Produção e qualidade do óleo essencial de menta em hidroponia com doses de potássio. v.37. Santa Maria/RS: *Ciência Rural*, n.4, 2007. p. 956-962.

GATIBONI, Luciano Colpo et al. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p. 691-699, 2007.

GUERRA, I. C. D.; OLIVEIRA, P. D. L.; PONTES, A. L. S.; LÚCIO, A. S. S. C.; TAVARES, J. F., BARBOSA-FILHO, J. M., Coatings comprising chitosan and *Mentha piperita* L. or *Mentha x villosa* Huds essential oils to prevent common postharvest

mold infections and maintain the quality of cherry tomato fruit. *International Journal of Food Microbiology*, v. 214, p. 168-178, 2015.

GUPTA, A. K.; MISHRA, R.; SINGH, A. K.; SRIVASTAVA, A.; LAL, R. K. Genetic variability and correlations of essential oil yield with agro-economic traits in *Mentha* species and identification of promising cultivars. *Industrial Crops and Products*, v. 95, p. 726-732, 2017. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.11.041>.

HECKMAN, J. R. et al. Soil test calibration for predicting corn response to phosphorus in the northeast USA. *Agronomy Journal*, v. 98, n. 2, p. 280-288, 2006.

HERBOTECNIA. Tecnologías de cultivo y poscosecha de plantas medicinales, aromáticas y tintóreas. *Mentha arvensis*. Disponível em: <<http://www.herbotecnia.com.ar/exotica-mentajaponesa.html>>. Acesso em: 10 Nov 2022.

HINSINGER, Philippe. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. *Plant and soil*, v. 237, n. 2, p. 173-195, 2001.

IBRAHIM, Ibrahim Anwar; KHATIB, Tamer. A novel hybrid model for hourly global solar radiation prediction using random forests technique and firefly algorithm. *Energy Conversion and Management*, v. 138, p. 413-425, 2017.

JUDD. *Sistemática Vegetal: Um Enfoque Filogenético*. 3^o Edição. 2009.

KARIMI, Sajjad et al. Use of organic wastes and industrial by-products to produce filamentous fungi with potential as aqua-feed ingredients. *Sustainability*, v. 10, n. 9, p. 3296, 2018.

KORNDÖRFER, G. H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. In: FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA., 2004, Piracicaba. Anais... São Pedro: POTAFOS, 2004. p. 291-305.

LORENZI, H; MATOS, F. J. A. *Plantas Medicinais no Brasil – Nativas e Exóticas*. 1^a ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002.p.554.

MAIA, N. B. *Produção e qualidade do óleo essencial de duas espécies de menta cultivadas em soluções nutritivas*. 1998. 105 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Universidade Estadual de São Paulo, Piracicaba.

MALAVOLTA E; VITTI GC; OLIVEIRA SA. 1989. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: POTAFOS. 201p

MALAVOLTA, E. *Adubos e adubações*. São Paulo: Nobel, 2002

MALAVOLTA, E. *Manual de Nutrição de Plantas*. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MANIÇOBA, Francisco Elisângela. Caracterização e pedogênese de cambissolos de origem calcária no semiárido nordestino. 2018.

MARMITT, Diorge Jônatas et al. RENISUS plants and their potential antitumor effects in clinical trials and registered patents. **Nutrition and Cancer**, v. 73, n. 10, p. 1821-1848, 2021.

MARSCHNER, H. 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. 3 Ed. 672p

MATOS DE A, Francisco José et al. Medicinal plants of Northeast Brazil containing thymol and carvacrol-Lippia sidoides Cham. and L. gracillis HBK (Verbenaceae). **Journal of Essential Oil Research**, v. 11, n. 6, p. 666-668, 1999.

MEHLICH, AJNCSTD. Determination of P, Ca, mg, K, Na, and NH₄. **North Carolina Soil Test Division (Mimeo 1953)**, p. 23-89, 1953.

MELRO, J. C. Lima et al., **Ethnodirigid study of Medicinal plants used by the population assisted by the “Progra.ma de Saúde da Família” (Family Health Program)** in Marechal Deodoro - AL, Brazil. *Braz. J. Biol.*, São Carlos, v. 80, n. 2, p. 410- 423, June 2020.

MENDES, Alessandra Monteiro Salviano. Introdução a fertilidade do solo. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CURSO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 2007, Barreiras. Palestras... Barreiras: MAPA; SFA-BA: Embrapa Semi-Árido; Embrapa Solos-UEP Recife, 2007. 1 CD-ROM., 2007.

MENEZES FILHO, A. C. P., & CASTRO, C. F. S. (2019). Identificação de classes metabólicas secundárias em extratos etanólicos foliares de *Byrsonima verbascifolia*, *Cardiopetalum calophyllum*, *Curatella americanae* *Qualea grandiflora*. **Coloquium Agrariae**, 15(4), 39-50.

MIRANDA, Leo Nobre de et al. Calibração de métodos de análise de fósforo e resposta do feijão ao fósforo no sulco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1621-1627, 2002.

MOTA, Jaedson Cláudio Anunciato et al. Atributos mineralógicos de três solos explorados com a cultura do melão na chapada do Apodi: RN. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 445-454, 2007.

MOKHTARIKHAH, G.; EBADI, M.; AYYARI, M. Qualitative changes of spearmint essential oil as affected by drying methods. *Industrial Crops and Production*, v. 153, p. 1-8, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112492>.

MOREIRA, S. L. S. et al. Evolução do conhecimento e importância da conservação do solo. In: CARMO, D. L. et al. (Org.). *Diálogos transdisciplinares em Agroecologia: Projeto Café com Agroecologia*. Viçosa: FACEV, 2021. cap. 4, p. 195-209.

NETO, Humberto. As plantas medicinais numa abordagem histórica e etnofarmacológica. In: DONATO, Micheline. **Bioprospecção e inovação tecnológica de produtos naturais e derivados de plantas e animais**. João Pessoa: Editora UFPB. 2020.p.23-42.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. & NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F. et al. (Eds.). Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, 2007. p.471-550.

PAULA, Camila Andreia Costa. Avaliação da influência de diferentes tipos de solos no crescimento de plantas de *Solanum sessiliflorum* a partir de análises fisiológicas. 2022.

PAULUS, D., MEDEIROS, S. L. P., SANTOS, O. S., MANFRON, P. A., PAULUS, E., FABBRIN, E. Teor e qualidade do óleo essencial de menta (*Mentha arvensis* L.) produzida sob cultivo hidropônico e em solo. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v. 9, 2007. Disponível em: http://www.sbpmed.org.br/download/issn_07_2/artigo10_v9n2_80-87.pdf. Acesso em 17 de set de 2022.

PEDROSO, Reginaldo dos Santos; ANDRADE, Géssica; PIRES, Regina Helena. **Plantas medicinais: uma abordagem sobre o uso seguro e racional**. Physis: Revista de Saúde Coletiva, v. 31, 2021.

PEIXOTO, R.T.G.; FRANCO, A.A.; ALMEIDA, D.L. Efeito do lixo urbano compostado com fosfato natural na nodulação, crescimento e absorção de fósforo em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, p.1117-32, 1987.

RADÜNZ, Lauri Lourenço. Efeito da temperatura do ar de secagem no teor e na composição dos óleos essenciais de guaco (*Mikania glomerata* Sprengel) e hortelã-comum (*Mentha x villosa* Huds). 2004.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico/ Fundação IAC. 1997. 285p. (Boletim 100)

RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: LAFRAME; Piracicaba-SP, 1983. 142p.

RAMOS, S. J. et al. Produção de matéria seca e óleo essencial de menta sob diferentes doses de fósforo. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v. 8, n. 1, p. 9-12, 2005

Relação Nacional de medicamentos Essenciais- **RENAME** 2022. 183p. 2022 Disponível em: <https://www.conass.org.br/wp-content/uploads/2022/01/RENAME-2022.pdf>. Rio de Janeiro. Secretária Municipal de Saúde.

RIBEIRO, Joaquim Correa; VICENS, Raul Sanchez. Processos erosivos em unidades de paisagens da Bacia Hidrográfica do Rio Itiquira/BAP/Mato Grosso. **Contribuições para a Geografia de Mato Grosso**, p. 9, 2022.

RODRIGUES, C.R. Crescimento, nutrição mineral e teor de óleo essencial da menta (*Mentha piperita* L.) em solução nutritiva sob diferentes concentrações de fósforo. Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, 2003. 49 p. Dissertação de Mestrado.

SALESSE, D. et al. Etnobotânica e etnofarmacologia das espécies de amaryllidaceae, anacardiaceae, annonaceae e apiaceae. *Arq. Ciênc. Saúde UNIPAR* 2018 set./dez.; v. 22, n. 3, p. 205-216.

SANTOS, H.G. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Rio de Janeiro, **Embrapa Solos**, 2013a. 353 p.

SANTOS, Sandy Karolline Souza et al. Transferibilidade de marcadores SSR, diversidade e estrutura genética em *Syagrus oleracea*. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 59931-59947, 2020.

SAUSEN, Darlene et al. Biomassa de clones de batata submetidos a doses contrastantes de fósforo no solo. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 7479-7487, 2020.

SARRICO LD, et al. Um estudo do uso de chás da hortelã (*Mentha x Villosa* Huds), folha de Maracujá (*Passiflora Edulis*), Camomila-vulgar (*Matricaria Chamomilla* L.) E de Erva-cidreira (*Melissa Officinalis*) no auxílio ao tratamento e prevenção à ansiedade: uma revisão bibliográfica. *Brazilian Journal of Development*, 2022; 8(9): 61985-62005.

SCHENKEL, E. P.; GOSMAN, G.; PETROVICK, P. R. **Produtos de origem vegetal e o desenvolvimento de medicamentos**. In: SIMÕES, C. M.O. et al. (Ed.). *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 5. ed. Porto Alegre: Ed. UFSC, 2003

SCHLINDWEIN, J. A.; GIANELLO, C. Calibração de métodos de determinação de fósforo em solos cultivados sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2037-2049, 2008.

SCHLINDWEIN, J.A. ; ANGHINONI, I. Variabilidade vertical de fósforo e potássio disponíveis e profundidade de amostragem do solo no sistema plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.30, n.4, p.611-617, 2000.

Silva, F. C. D., & Raij, B. V. (1999). Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34, 267-288.

SILVA, F. H. B. B.; SILVA, M. S. L.; CAVALCANTI, A. C. Descrição das principais classes de solos. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CURSO [SOBRE] MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 2., 2006,

Juazeiro. Palestras... Juazeiro: MAPA; SFA-BA; Embrapa Semi-Árido; Embrapa Solos, 2006., 2006.

SILVA, Mateus Guimarães da et al. Avaliação e calibração de extratores de fósforo disponível em solos da zona abacaxicultora paraibana. 2018.

SILVA, Tamires Thassane Souza. Caracterização agrônômica de acesso de *Mentha piperita* L. e seu cultivo em sistema hidropônico através de mudas de estaquia. 2022.

SILVA, Tharley Wellington Santos da. EFEITO RESIDUAL DE DOSES DE FÓSFORO NO CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E ATRIBUTOS TECNOLÓGICOS DA CANA DE AÇUCAR. 2011.

SILVEIRA, Adrielle Prestes; BASSAN, Josiana Scherer. Plantas medicinais e suas possíveis contribuições: um estudo bibliográfico em dissertações e teses presentes na BDTD no período 2015-2020. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 11, p. e451101119907-e451101119907, 2021

SIMÕES NETO, Djalma Euzébio et al. Adubação fosfatada para cana-de-açúcar em solos representativos para o cultivo da espécie no Nordeste brasileiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 50, p. 73-81, 2015.

SIMS, J. T.; JOHNSON, G. V. Micronutrient soil tests. **Micronutrients in agriculture**, v. 4, p. 427-476, 1991.

SIQUEIRA, O.J.W. de; PERUZZO, G.; KOCHHANN, R.A. et al. Comparação de métodos analíticos para fósforo extraível do solo e desdobramentos para avaliação da sua disponibilidade – RS/SC. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 6.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 4.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria, RS. Resumos... Santa Maria: Fertibio, 2000. 5p. CD-ROM.

SOILHI, Zayneb et al. Essential oil chemical diversity of Tunisian *Mentha* spp. collection. **Industrial Crops and Products**, v. 131, p. 330-340, 2019.

SOUZA, R. V. C. C. de. Caracterização de solos em uma topoclimossequência no maciço de Triunfo-Sertão de Pernambuco. 2009. 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2009.

SOUZA, Ronessa Bartolomeu de. Níveis críticos de enxofre em solos e em folhas de cultivares de café. 1999.

STAMFORD, Newton P. et al. Propriedades físicas e químicas dos solos. *Ecologia e Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais*, p. 41, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Plant Physiology. Editora Artmed, 6 ed. 888 p. 2017.

TEDESCO, M. J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, 1995. 147 p

TEIXEIRA, Paulo César et al. Manual de métodos de análise de solo. **EMBRAPA SOLOS**. 3ª edição revista e ampliada. Embrapa Brasília, DF. **2017**.

THOMAS, R.L.; SHEARRD, R.W.; MOYER, J.R. Comparasion of conventional and automated procedures for N, P and K analysis of plant material using a single digestion. Agronomy Journal, Madison, v.59, n.3, p.240-243, 1967

TOMAZZONI, M. I.; NEGRELLE, R. R. B.; CENTA, M. L. Fitoterapia popular: a busca instrumental enquanto prática terapêutica. Texto & Contexto: Enferm. [online]. 2006, vol.15, n.1, pp.115-121.

TRINDADE, E.L.; GARCIA, F.; FERREIRA, R.; PASA, M.C. Lamiaceae: levantamento de dados das plantas medicinais recorrentes no estado de Mato Grosso presentes no herbário UFMT Campus de Cuiabá-MT. **Biodiversidade**, v.15, n.2, p.183-190, 2016.

ZAPAROLI, Murilo Rezende. Produtividade de milho para silagem em resposta ao manejo da fertilização fosfatada combinada com fertilizante orgânico cama de aviário. 2019.