



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DANIELLY CRISTINA DA SILVA MARQUES**

**UTILIZAÇÃO DE KIESERITA EM CITROS CULTIVADO NA REGIÃO  
NORDESTE DO PARÁ**

**BELÉM  
2017**

**DANIELLY CRISTINA DA SILVA MARQUES**

**UTILIZAÇÃO DE KIESERITA EM CITROS CULTIVADO NA REGIÃO  
NORDESTE DO PARÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do programa de pós-graduação em Agronomia, para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Shigueru Okumura. Co-orientador: Dr. Eduardo César Medeiros Saldanha

**BELÉM  
2017**

**DANIELLY CRISTINA DA SILVA MARQUES**

**UTILIZAÇÃO DE KIESERITA EM CITROS CULTIVADO NA REGIÃO  
NORDESTE DO PARÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Dr. Eduardo César Medeiros Saldanha - Co-orientador  
EMPRESA – YARA BRASIL

---

Dr. Augusto José Silva Pedroso - 1º Examinador  
INSTITUTO FEDERAL DO PARÁ – IFPA

---

Dr. Jessivaldo Rodrigues Galvão - 2º Examinador  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

---

Dr. Rafael Silva Guedes - 3º Examinador  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

Esse grande momento da minha vida em especial ao meu avô Edgar Araújo Marques “in memória”, tenho certeza que continuará ao meu lado me guiando como um anjo.

## **DEDICO**

A minha avó Piedade da Silva Marques, pelo amor, exemplo de vida, dedicação à família e força que sempre me fizeram seguir em frente.

## **OFEREÇO**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, minha fonte inesgotável de fé e coragem, que vem iluminando meu caminho em momentos de dificuldades. A Ele toda gratidão pelas bênçãos concedidas.

A Universidade Federal Rural da Amazônia pela oportunidade de cursar o mestrado em Agronomia e desenvolver todos os meus trabalhos.

A minha mãe, Maria Izalina da Silva Marques, por ter me dado a vida, pelo exemplo de vida, por não medir esforços, sempre me apoiando incondicionalmente.

A todos os meus Familiares, pelo carinho, ajuda e força concedida quando precisei. Em especial à minha tia e madrinha Maria Amélia A. da Silva, pela força e apoio incondicional me incentivando sempre na busca de conhecimentos. Serei eternamente grata.

Ao meu querido, Melquizedec Estevam, pela força nos momentos difíceis, mesmo longe, por me estimular a alcançar meus objetivos e entender minha dedicação ao curso.

Ao professor e orientador Dr. Ricardo Shigueru Okumura, pela confiança, atenção e paciência. E ao co-orientador Dr. Eduardo César Medeiros Saldanha, pelo grande auxílio e colaboração.

Aos meus amigos Lucélia Rosa de Jesus, Josué Valente Lima, Diego Correia Sodré, cativados durante o curso, que lutaram a mesma batalha, tiveram as mesmas incertezas e dúvidas, mas que a partir da união, solidariedade e ajuda mútua nos foi dada mais esta conquista.

Aos colegas da Ufra - Campus Capitão Poço, Shirlene Oliveira, Jucimar Silva e Leandro Araújo, por toda contribuição e auxílio prestado durante o experimento e análises.

Aos colegas da pós por todas as colaborações, experiências compartilhadas e por todo apoio prestado durante essa jornada e pelos bons momentos vividos.

A todos aqueles que sentem-se contribuintes direta ou indiretamente para esse momento de realização na minha vida e que embora não citados aqui, não deixam de merecer meu profundo agradecimento.

Muito obrigada!

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>9</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>10</b>
<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>12</b>
2.1 Origem e dispersão da laranjeira.....	12
2.2 Histórico da Citricultura Brasileira .....	12
2.3 Kieserita .....	15
2.4 Importância do Magnésio.....	16
2.5 Importância do enxofre .....	17
<b>3 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
4.1 Caracterização da área experimental e localização. ....	22
4.2 Caracterização do Solo e clima .....	22
4.3 Delineamento experimental e Tratamentos.....	23
4.4 Amostragem do solo.....	24
4.5 Análise foliar .....	25
4.6 Avaliação físico-químico dos frutos .....	26
4.6.1 Diâmetro e Comprimento do fruto .....	27
4.6.2 Volume de suco.....	27
4.6.3 Massa do fruto.....	27
4.6.4 Espessura da casca .....	28
4.6.5 Sólidos solúveis (SS).....	28
4.6.6 pH.....	28
4.7 Análises dos dados .....	29
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
5.1 Análises físico-químicas do fruto.....	30
5.2 Atributos químico do solo .....	37
5.3 Teor foliar.....	44
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>49</b>

## UTILIZAÇÃO DE KIESERITA EM CITROS CULTIVADO NA REGIÃO NORDESTE DO PARÁ

### RESUMO:

O magnésio (Mg) é um dos macronutrientes essenciais utilizados em grande quantidade pelas plantas para o seu desenvolvimento reprodutivo, além de exercer importantes funções nos processos bioquímicos e fisiológicos em vegetais. O enxofre é o décimo terceiro elemento mais abundante da crosta terrestre, desempenha um papel fundamental para as plantas, na formação da parte vegetativa e na frutificação, nos teores de óleo e proteínas, além de contribuir com fixação simbiótica de nitrogênios pelas leguminosas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de atributos químicos do solo, desenvolvimento vegetativo, nutricional, produtividade e qualidade de frutos de laranjeiras, em Latossolo Amarelo distrófico. O delineamento experimental empregado foi em blocos ao acaso, com três repetições, cada repetição por bloco foi composta de 16 plantas da variedade “Pêra rio”, com quatro anos de idade, espaçadas 7 m entre fileiras e 4 m entre plantas. Os tratamentos consistiram de cinco doses de Kieserita (0, 280, 560, 840 e 1120 g/planta). Foram realizadas amostragens de solo antes da aplicação e tecido foliar após a aplicação, aos 6 e 12 meses após adubação, os frutos então coletados, avaliando-se o diâmetro, massa, comprimento, volume, espessura da casca sólidos solúveis totais (°Brix), acidez total (pH) e produtividade; foram avaliados atributos químicos do solo (pH, Ca, P, K, Mg, e CTC), assim como concentrações foliares de K, Ca, Mg e S. Os resultados foram submetidos às análises estatísticas, por meio do software estatístico SISVAR. A aplicação de Kieserita proporciona resultados positivos, para as variáveis físico-químicas do fruto, exceto para as variáveis comprimento do fruto e pH. A kieserita promove aumentos nos atributos químicos do solo (pH, P, K, Mg, e CTC), exceto para o teor de Ca, independente do período avaliado. Os teores foliares de Mg e S aumentam com as doses de kieserita. Por outro lado, os níveis de K e Ca na folha variam com as doses aplicadas.

**PALAVRAS CHAVES:** *Citrus sinensis*. Adubação. Macronutrientes. Nutrição de plantas.

## UTILIZACION OF KIESERITE IN CITRUS CULTIVATED IN THE NORTHEAST REGION OF PARÁ

### ABSTRACT

Magnesium (Mg) is one of the essential macronutrients used in large quantities by plants for their reproductive development, as well as exerting important functions in the biochemical and physiological processes in plants. Sulfur is the thirteenth most abundant element of the earth's crust, plays a fundamental role for plants, vegetative formation and fruiting, oil and protein contents, and contribute to the symbiotic fixation of nitrogen by legumes. The objective of this work was to evaluate the behavior of soil chemical attributes, vegetative, nutritional development, productivity and fruit quality of orange trees in Dystrophic Yellow Latosol. The experimental design was a randomized complete block design with three replicates, each replicate per block was composed of 16 plants of the "Pêra rio" variety, with four years of age, spaced 7 m between rows and 4 m between plants. Treatments consisted of five doses of Kieserite (0, 280, 560, 840 and 1120 g / plant). Soil samples were collected before application and foliar tissue after application, at 6 and 12 months after fertilization, the fruits then collected, evaluating the diameter, mass, length, volume, thickness of the total soluble solids (°Brix), Total acidity (pH) and productivity; (PH, Ca, P, K, Mg, and CTC), as well as foliar concentrations of K, Ca, Mg and S. The results were submitted to statistical analysis using the statistical software SISVAR. The application of Kieserite provides positive results for the physical-chemical variables of the fruit, except for the fruit length and pH variables. Kieserite promotes increases in soil chemical attributes (pH, P, K, Mg, and CTC), except for the Ca content, regardless of the period evaluated. The leaf contents of Mg and S increased with the doses of kieserite. On the other hand, the levels of K and Ca in the leaf vary with the applied doses.

**KEYWORDS:** *Citrus sinensis*. Fertilizing. Macronutrients. Plant nutrition

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A citricultura brasileira é um dos setores mais competitivos e de maior potencial de crescimento do agronegócio, sendo o país considerado o terceiro maior produtor mundial de frutas frescas e o maior produtor mundial de citros, onde a produção no Brasil foi de 16.001.662 toneladas, o estado do Pará atua neste cenário como o sexto maior produtor (IBRAF, 2015; IBGE, 2015).

No Estado do Pará, o pólo citrícola se encontra em uma região cujos solos são de baixa fertilidade natural, ácidos e com baixa saturação por bases razão pela qual são utilizadas elevadas doses de fertilizantes que podem causar danos ao meio ambiente e têm elevados os custos de produção (OLIVEIRA et al., 2009), aliado a isso na produção de citros ocorre exportação de nutrientes pelas frutas e, por conseguinte, diminuição dos teores de nutrientes no solo (FIDALSKI e AULER, 2008),

Experimentos com adubações químicas em diferentes solos foram realizados para determinar os efeitos na nutrição, produtividade e qualidade e frutos, de diferentes fontes de fertilizantes na disponibilidade de magnésio e enxofre às plantas (HARDTER et al., 2004; GRANSEE e FÜHRS, 2013; NEUHAUS et al., 2014; JEZEK et al., 2015). No entanto, ainda são escassos experimentos em campo que avaliem esses fatores com a aplicação de produtos de origem natural em citros.

Portanto a adubação assume relevante importância quando se constata a existência de grandes áreas citrícolas, em solos de baixa fertilidade, devido à sua composição química, que possibilita o fornecimento de Mg e de S, na forma de sulfato, a Kieserita é um produto com alto potencial de utilização como fonte desses nutrientes.

Diante do exposto, objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de atributos químicos do solo, desenvolvimento vegetativo, nutricional, produção e a qualidade dos frutos de laranja da variedade Pera Rio submetidos a diferentes doses de kieserita.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Origem e dispersão da laranja**

A disseminação mundial de citros tem sido associada às grandes explorações e aos conflitos da história, incluindo as conquistas de Alexandre, o Grande, a dispersão do muçulmanismo e as explorações de Colombo, que trouxeram para o novo mundo as plantas cítricas (KOEHLER-SANTOS et al., 2003). Segundo KOLLER (1994; 2006), as laranjeiras foram introduzidas na Europa, antes de Cristo, pelos romanos, que as cultivavam no jardim, em casas de vegetação visando protegê-las do frio no inverno. E por Cristóvão Colombo, em suas explorações, que trouxeram para as Américas as plantas cítricas no final do século XV. A citricultura foi introduzida no Brasil pelos primeiros colonizadores, nos primórdios do descobrimento, mais especificamente no atual Estado da Bahia, em seguida, levadas para o Rio de Janeiro, São Paulo e demais regiões produtoras.

As frutas brasileiras, com raras exceções, foram relegadas à posição secundária pelos colonizadores europeus, tanto é que, durante os primeiros anos do Brasil colônia, dezenas de espécies frutíferas foram introduzidas de outros continentes e se consolidaram, ao longo dos anos, como culturas importantes, é o caso, por exemplo, da laranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) e de outras espécies do gênero *Citrus* (SOUZA, 2001).

Os citros compreendem um grande grupo de plantas do gênero *Citrus* e outros gêneros afins (*Fortunella* e *Poncirus*) ou híbridos da família Rutaceae, representado, na maioria, por laranjas (*Citrus sinensis*), tangerinas (*Citrus reticulata* e *Citrus deliciosa*), limões (*Citrus limon*), limas ácidas como o Tahiti (*Citrus latifolia*) e o Galego (*Citrus aurantiifolia*), e doces como a lima da Pérsia (*Citrus limettioides*), pomelo (*Citrus paradisi*), cidra (*Citrus medica*), laranja-azedada (*Citrus aurantium*) e toranjas (*Citrus grandis*) (LOPES et al, 2011).

### **2.2 Histórico da Citricultura Brasileira**

No Brasil a primeira introdução foi realizada pelos portugueses, no começo do século XVI, a partir de 1530, quando teve início a colonização, no Estado da Bahia, em seguida, levadas para o Rio de Janeiro (Oliveira et al., 2012). Os citros estão entre as frutas mais produzidas e consumidas no mundo, sendo seu cultivo expressivo em países de clima tropical. Com grande importância econômica para o Brasil, que detém o título de maior produtor mundial de laranjas (SOARES et al., 2015).

De acordo com dados estatísticos do IBGE (2015), no ano de 2015, a produção (t) no Brasil foi de 16.001.662 , com área de 694.131 ha e produtividade de frutos de 23.053 kg ha<sup>-1</sup>. Tal cenário inseriu a citricultura em posição de destaque na expansão do agronegócio brasileiro, especialmente pelo seu potencial de geração de emprego, distribuição de renda e melhoria na qualidade de vidas nas comunidades (DANTAS et al., 2009; LEMOS, 2009).

A citricultura exerce papel preponderante na economia agrícola brasileira, apresentando, nos últimos anos, boas perspectivas de expansão a fim de suprir o consumo interno e externo (FERNANDES et al., 2010 ). O Brasil ostenta inigualável padrão mundial de produção, com custos agrícolas e industriais imbatíveis. Além disso, possui capacidade de produção de todos os tipos de suco de laranja (fresco, pasteurizado, reconstituído e suco concentrado congelado, permitindo atender tanto ao mercado interno como ao exigente mercado externo (NEVES, 2010).

A laranja representa importante produto na pauta de exportações, tanto sob a forma de suco concentrado congelado, como de suco pronto para beber, com valores de US\$ 412,8 milhões e US\$ 887,7 milhões, respectivamente (SECEX/MDIC, 2011). Assim, tem proporcionado trabalho para uma série de pessoas, tanto no transporte e comercialização de frutas, indústrias de sucos e de óleos essenciais, bem como na produção e comercialização de máquinas, equipamentos, ferramentas, embalagens, fertilizantes e diversos outros insumos que são utilizados na cadeia produtiva, desde o pomar até que as laranjas ou seus produtos alcancem o consumidor final (KOLLER, 2006).

Dentre as variedades de laranjas comerciais, a Pêra tem lugar de destaque tanto para o consumo de frutos *in natura* como para o processamento do suco, por apresentar características peculiares de sabor, sendo mais doce e menos ácida comparativamente as outras variedades (CEAGESP, 2009).

De acordo com Oliveira et al. (2009), o Brasil se tornou na desde 1980, o maior produtor mundial de citros, sendo que o Estado do Pará responde por 1,02% (258.758 toneladas) da produção de Laranja no Brasil, desse montante o município de Capitão Poço, localizado no nordeste paraense, é responsável por 57% (146.370 toneladas) do total produzido no Estado, onde e a área plantada é de 12.110 hectares.

No Estado do Pará, a produção de laranja atingiu índices elevados de crescimento nos últimos dez anos, principalmente na microrregião do Guamá, em que concentram os principais municípios produtores como Capitão Poço, Garrafão do Norte, Irituia e Ourém,

constituindo o chamado pólo citrícola do Estado, sendo importante dentro de uma perspectiva social, econômica e ecológica, uma vez que tem proporcionado cerca de 50 milhões de reais e cerca de 30 mil empregos diretos e indiretos temporariamente, ou seja, quase 60% da população do município, que é de 52 mil habitantes (IBGE, 2015). De acordo com o Boletim Agropecuário do Estado do Pará 2015

Apesar da importância econômica de Capitão Poço no cultivo de citros da região, o nível tecnológico da maioria dos produtores é baixo e os investimentos na propriedade agrícola são limitados, além da falta de assistência técnica, o que contribui para a aplicação de manejos e práticas inadequadas (ALVES et al., 2015).

Na microrregião do Guamá, o solo predominante é o Latossolo Amarelo Distrófico textura média (EMBRAPA, 2013) com baixa fertilidade natural, (OLIVEIRA et al., 2009), assim a implantação de pomares ocorre em solos com baixos teores de nutrientes, o que sugere a aplicação intensiva de adubos, bem como a correção da acidez para se alcançar elevadas produtividades.

Os frutos da laranja apresentam características importantes para seu uso, inegavelmente, a sua maior importância reside nas qualidades da laranja, por ser um fruto muito saboroso, tanto para consumo fresco como na forma de suco, e rico em vitamina C. Por sua vez, a árvore tem o seu valor, pois das folhas extraem óleos essenciais, usado no preparo de perfumes e cosméticos, e a madeira, que é resistente, fornece lenha de elevado valor calorífico para utilização em fogões, lareiras, caldeiras, secadores e preparo de carvão vegetal (KOOLER, 2006).

Além de ser consumido como fruto na forma natural e/ou suco, a laranja tem uma série de outras utilidades, como as da casca e da polpa, que possibilitam o preparo de produtos de confeitaria. Da casca, são extraídos óleos essenciais para diversas finalidades, sendo a pectina extraída do albedo, que é a parte branca da casca (KOOLER, 2006).

A qualidade dos frutos cítricos é importante para sua aceitação no mercado, seja para o consumo in natura, seja para o processamento industrial. Os frutos das diferentes cultivares de citros precisam atender a determinados requisitos de qualidade para consumo in natura, tais como tamanho apropriado, espessura da casca adequada, teor de sólidos solúveis totais (SST). Para o processamento industrial, embora a boa aparência dos frutos seja desejável, o rendimento do suco, sólidos solúveis totais no suco, são variáveis mais importantes a serem consideradas (Auler et al., 2008; Tazima et al., 2009; Khalid et al., 2012).

### 2.3 Kieserita

A Kieserita (sulfato de magnésio) é um mineral mono-hidrato de sulfato de magnésio ( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), cujo peso molecular é  $138,8 \text{ g mol}^{-1}$  (KALI, 2013), que ocorre naturalmente obtido a partir de extração de minérios de potássio (HARDTER et al., 2004), contém 25% de magnésio, 20% de enxofre, caracterizado por ser um fertilizante refinado, granulado e solúvel, de origem natural, com altos conteúdos de Mg e S, de disponibilidade imediata (RIASCOS, 2004). É produzida a partir de minas situadas na Alemanha, por ser fonte de Mg e S, possui múltiplas aplicações tanto na agricultura como na indústrias, podendo ser usada como fertilizante, sobre tudo em culturas exigentes nesses nutrientes (MIKKELSEN, 2010; ORLOVIUS e MCHOUL, 2015).

É um mineral marinho evaporado, amplamente distribuído em estágios avançados, em solução salina potássio com halita, carnallite, silvina, polyhalite, anidrita. É encontrada na América Latina e nos Andes, Bolívia, Argentina, Chile (GARCÉS, 2010).

A Kieserita foi, inicialmente, descoberta na Alemanha em depósitos marinhos do mar Zechstein, como um componente de Hartsalz (sal duro), uma mistura mineral composto de NaCl, KCl e  $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , formados a 230 milhões de anos atrás, quando grandes áreas foram cobertas por água do mar. Nos lagos houve vários períodos com entrada e evaporação da água do mar, o que promoveu a deposição de sal cristalizado no fundo destas lagoas. O nome Kieserita foi em homenagem ao professor Dietrich Georg Kieser (1779-1826), que foi o primeiro a descrever as características únicas do sulfato de magnésio com uma molécula de cristal de água (GARCÉS, 2010).

Marin et al. (2008) estudando os efeitos de kieserita na cultura do Tabaco, observou o aumento no teor de Mg em todos os tratamentos em comparação com o controle, devido a melhoria no equilíbrio químico no solo, o que facilitou a absorção da planta. Em um experimento com o uso da kieserita em batatas, ORLOVIUS e MCHOUL (2015), observaram que houve um aumento significativo no rendimento da produção de tubérculos, de  $3,30 \text{ t ha}^{-1}$  indicando maior disponibilidade de Mg à planta.

De acordo com Hardter et al. (2004), umas das características do Sulfato de Mg, é em relação rápida a liberação de nutrientes, que são essenciais para o fornecimento sustentado de Mg para plantas, enquanto fontes de liberação muito lenta ocasiona um maior tempo para se disponibilizar às plantas, especialmente as culturas com uma intensa taxa de absorção.

## 2.4 Importância do Magnésio

A principal fonte de magnésio nas condições naturais são as rochas eruptivas, sedimentares e metamórficas. Não havendo, necessariamente, uma relação direta entre teor de magnésio na rocha-mãe e o solo que a originou (MALAVOLTA, 2006).

O magnésio faz parte do grupo dos nutrientes considerados essenciais para o desenvolvimento das plantas, sendo utilizado em grandes quantidades (WILLIAMS e SAL, 2009) essencial nos processos bioquímicos e fisiológicos em plantas, nas quais suas funções biológicas incluem um papel chave na fotossíntese, na síntese de proteína, bem como no metabolismo de nucleotídeos.

O magnésio é um cátion altamente móvel no floema, que pode ser translocado dentro da planta para locais de alta demanda de nutrientes (WHITE e BROADLEY, 2009). Este nutriente está envolvido em numerosos processos fisiológicos durante o crescimento e desenvolvimento da planta, que vai muito além de sua função conhecida como átomo central de clorofila. Ativa mais de 300 enzimas, por exemplo, ribulose-1,5-bifosfato-carboxilase/oxigenase (RuBisCO), glutamina-sintetase ou glutatona-sintase, e, por conseguinte, participa na assimilação de carbono, nitrogênio e enxofre, respectivamente (CAKMAK e KIRKBY, 2008; MARSCHNER, 2012).

O Magnésio juntamente com outros nutrientes, é essencial para o crescimento e desenvolvimento de plantas, a função mais familiar, certamente, é a participação na molécula de clorofila, porém, cerca de 75% das moléculas de magnésio nas folhas estão envolvidos na síntese de proteínas, apenas uma pequena proporção, cerca de 15 a 20% do total, está ligado a esta molécula, que se encontra nas membranas dos tilacóides nos cloroplastos (KARLEY e WHITE, 2009; WHITE e BROADLEY, 2009).

O nutriente é absorvido pelas plantas como cátion divalente  $Mg^{2+}$  (na forma de Mg dissolvido na solução do solo), sendo a força de ligação de  $Mg^{2+}$  aos colóides do solo baixa, em decorrência de apresentar grande raio hidratado. Assim, o magnésio é altamente susceptível a lixiviação, particularmente em solos ácidos, com baixa capacidade de troca de cátions. De acordo com Hermans et al. (2004) a lixiviação é considerado o fator chave que afeta a disponibilidade do nutriente para as raízes.

O principal local de armazenamento do magnésio é o vacúolo, que tem grande importância na homeostase do “pool” metabólico, e também no balanço cátion/ânion e regulação do turgor das células (PRADO e CASALI, 2006).

De maneira geral, a exigência de Mg para o crescimento das plantas ideal é de 1,5-3,5 g kg<sup>-1</sup> em partes vegetativas e na solução do solo deve situar entre 25 cmol √dm<sup>3</sup> e 8,5 mmol L<sup>-1</sup>, valores suficientes para suportar o crescimento das plantas (KARLEY, 2009; MARSCHNER, 2012). Para a cultura da laranja os teores adequados são de 2,5- 4,0 g kg<sup>-1</sup> (CRAVO et al, 2010) no tecido foliar, e no solo de 0,5 a 0,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (RAIJ et al. 1997).

Deficiência de Mg no solo são verificados em algumas condições, tais como solos ácidos, com baixa capacidade de troca catiônica, alta pluviosidade, principalmente nas regiões tropicais, proporciona a lixiviação do Mg (GRANSEE e FUHRS, 2013; SUN et al., 2013), principalmente, em condições de solos ácidos e arenosos (Farhat et al., 2016), podendo alcançar valores de até 25 kg ha<sup>-1</sup> (GRANSEE e FÜHRS, 2013).

A longo prazo outra forma de causa da deficiência no solo e planta é por meio de fertilização desequilibrada com NPK pode levar ao esgotamento de Mg, assim como a competição catiônica entre K, Ca e Mg pelo mesmo sítio ativo de absorção (MAGUIRE e COWAN, 2002).

A deficiência do Mg é um problema crescente e fator limitante que afeta a saúde humana e animal, especialmente, em sistemas de produção intensiva (CAKMAK, 2013). É conhecido o impacto do Mg sobre o metabolismo em plantas, porém, este nutriente tem recebido pouca atenção na pesquisa agrícola nas últimas décadas, embora a sua deficiência pode causar reduções graves no rendimento e na qualidade das culturas (GRANSEE e FÜHRS, 2013; NEUHAUS et al., 2014)

Por ser um elemento móvel dentro da planta, os sintomas de deficiências aparecem com uma clorose nas folhas mais baixas e mais velhas (CAKMAK e KIRKBY, 2008), mais precisamente, as folhas velhas apresentam clorose internerval, com uma faixa estreita de tecido verde ao longo das nervuras, e com a progressão da deficiência as folhas tornam-se amarelas, com parte das margens necrosada e queda intensa de folhas (FREITAS et al., 2011).

## **2.5 Importância do enxofre**

O enxofre é o décimo terceiro elemento mais abundante da crosta terrestre, com teor ao redor de 0,06%, ocorrendo em compostos sólidos, como sais solúveis e insolúveis e na forma de gases (TISDALE et al. 1993). Os principais minerais que contêm este elemento, nas rochas e nos solos, são: o gesso, a epsomita, a mirabilita e a pirita. No material de origem do solo, os minerais silicatados contêm em média 0,01% de S, porém este teor pode ser maior na biotita, na clorita e em outros minerais.

Cravo et al., (2010) coloca que o enxofre desempenha um papel fundamental para as plantas, como na formação da parte vegetativa e na frutificação, nos teores de óleo e proteínas, além de contribuir com fixação simbiótica de nitrogênios pelas leguminosas. O enxofre ocorre no solo em formas orgânicas e inorgânicas. A proporção entre estas duas formas de enxofre no solo varia com o tipo de solo e a sua profundidade. Nos horizontes superficiais dos solos, principalmente os tropicais, o enxofre orgânico constitui a maior parte do S total. Contudo, com o aumento da profundidade, o enxofre orgânico diminui com o decréscimo da matéria orgânica (DUKE e REISENAUER, 1986).

Com relação ao enxofre inorgânico, a forma disponível para as plantas ocorre na forma de ânion sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ). Em decorrência de sua carga negativa, o  $\text{SO}_4^{-2}$  não é atraído para as superfícies da argila do solo e da matéria orgânica, exceto em determinadas condições de acidez, permanecendo na solução do solo, com isso, susceptível a movimentação da água no solo, ou seja, prontamente lixiviado. Em condições de solos específicos ocorrem acúmulo de  $\text{SO}_4^{-2}$  no subsolo, por existir maior quantidade de cargas positivas, disponibilizando o nutriente para culturas com sistema radicular mais profundo.

Diferentemente do cálcio e do magnésio, que são absorvidos pelas plantas como cátions, o enxofre é absorvido como ânion  $\text{SO}_4^{-2}$ , podendo também, ser absorvido nas folhas das plantas como gás dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ). A capacidade do solo em suprir a demanda da planta pelo nutriente está estreitamente relacionada com o teor de matéria orgânica e sua mineralização, que, gradualmente, disponibilizará o S na forma de sulfato para a solução do solo (TIECHER et al., 2012). O cultivo intensivo de solos com baixo teor de matéria orgânica e de argila, a utilização de fertilizantes concentrados, e a exportação contínua de S, sem substituição pode levar a uma diminuição na disponibilidade deste elemento para as plantas, causando a sua deficiência e, conseqüentemente, uma diminuição na produção da cultura (SILVA et al., 2013).

O enxofre é considerado nutriente de mobilidade intermediária na planta, não sendo tão móvel quanto o N, P e K nem tão imóvel como Ca (FREITAS et al., 2011), tendo a sua importância nas plantas em decorrência de ser constituinte de 2 aminoácidos metionina e cisteína, que constituem cerca de 90% do total de S na planta (CRUSCIOL, et al. 2006), sendo necessário na formação de proteínas (SFREDO, 2007), assim, tem um impacto importante na taxa fotossintética.

Os sintomas de deficiência caracterizaram-se por redução no tamanho e clorose das folhas mais novas, sendo que, nessas folhas, com a evolução da sintomatologia, apareceram pequenas manchas mais claras no limbo. A deficiência de S pode ainda ser potencializada quando plantas exigentes por este nutriente são cultivadas em sistemas de cultivo com alta produtividade e que utilizam fertilizantes minerais concentrados com baixos teores de S (TIECHER et al., 2013).

Solos com baixo teor de argila e matéria orgânica apresentam baixa disponibilidade de enxofre (S) e, por isso, as culturas podem responder à adubação sulfatada. No entanto, a mobilidade de S no perfil do solo e sua deposição atmosférica pela água da chuva dificultam o estabelecimento do nível de suficiência do nutriente no solo (TIECHER et al., 2013).

De uma maneira geral, existem poucos estudos sobre a resposta das plantas ao S. O cultivo intensivo de solos com baixo teor de matéria orgânica e de argila, o uso de fertilizantes concentrados e a contínua exportação de S sem reposição podem levar à diminuição da disponibilidade de S às plantas, possibilitando a deficiência de S e a diminuição do rendimento das culturas (FILHO, 2007).

### 3 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador de suco de laranja e de seus derivados do mundo, com uma produção de 16.273.634 toneladas de laranja no ano de 2015. Os estados que têm importante participação na citricultura brasileira são: São Paulo (11.749.470), Paraná (980.000), Bahia (925.361), Sergipe (552.751), Rio Grande do Sul (356.395) e o Pará, que se destaca como o maior produtor da região Norte do país, produzindo 200.072 toneladas (IBGE, 2016).

No entanto, nos últimos anos, observa-se a descentralização da produção paulista, com expansão da citricultura para outros Estados da federação. Dentre estes, destaca-se o Estado do Pará, em que a citricultura exerce importante papel econômico e social, por meio de divisas para o Estado, além da geração de empregos e renda, e do aquecimento da economia local (FARIAS et al., 2012). No Pará a citricultura teve início em 1990 nos municípios de Capitão Poço, Irituia, Garrafão do Norte e Ourém, integrantes da microrregião do Guamá.

O município de Capitão Poço se destaca pela maior produção de laranja, do tipo Pêra, de mesa, apresentando 12 mil hectares de área plantada com uma produção de cerca de 216.00 toneladas do fruto, e em constante expansão, registrando crescimento entre 5 a 10% anualmente (EMATER, 2016). A citricultura é a maior fonte de economia do município, com pelo menos mil agricultores dedicados a cultura, o que tem proporcionado 50 milhões de reais e 30 mil empregos diretos e indiretos, levando em consideração que a população é de aproximadamente 52.693 mil habitantes (IBGE, 2016), ou seja, quase 60% da população do município.

A região produtora de citros é caracterizada por apresentar solos de baixa fertilidade natural, ácidos e com baixa saturação por bases, aliada a este fato, a quase ausência de tratamentos fitossanitários (OLIVEIRA et al., 2009). Reis et al. (2008), em estudo acerca das características químicas de solos, cultivados com laranjeiras, constataram que o solo predominante é o Latossolo Amarelo distrófico de textura média, na microrregião do Guamá, com baixa fertilidade natural. Mesmo apresentando tais características de solos, o estado do Pará apresenta condições edafoclimáticas favoráveis à citricultura.

Sabe-se que uma adubação adequada confere às plantas maior produtividade, melhor qualidade dos frutos, maior tolerância e resistência a pragas e doenças. Entretanto, para se fazer uma adubação adequada faz-se necessária uma avaliação do estado nutricional das lavouras (VELOSO et al., 2002).

Conforme Portela et al. (2016), o aumento da produtividade de frutas pode ser obtido por meio do equilíbrio nutricional das plantas, tornando importante a adubação adequada. Assim, faz-se necessária adoção de técnicas que determinem o estado nutricional das plantas, visando recomendar de forma racional a quantidade de fertilizante a ser fornecida (OLIVEIRA JUNIOR et al., 1994).

A otimização da adubação, que visa atender a elevada exigência nutricional e amenizar os desequilíbrios nutricionais, para o aumento da produtividade e melhoria da qualidade dos frutos, tem como suporte a caracterização de atributos químicos do solo e a diagnose foliar, obtendo assim uma orientação mais segura para a produção do pomar (FERNANDES et al., 2010).

A nutrição com magnésio é frequentemente negligenciada, sendo que a deficiência do nutriente ocasionado por baixos valores de magnésio no solo e/ou induzida por níveis elevados de elementos antagônicos, potássio e cálcio, que inibem fortemente a absorção pelas plantas (VERBRUGGEN e HERMANS, 2013), nas quais promovem uma desordem nutricional generalizada, afetando o crescimento das plantas, conseqüentemente a produtividade e a qualidade no setor agrícola. A deficiência de magnésio é frequentemente observada em plantios de citros, sendo responsável pela perda de produtividade e má qualidade dos frutos (YANG et al., 2012). A importância de magnésio (Mg) na forma de um nutriente essencial para planta está bem estabelecida, o impacto de Mg na nutrição em parâmetros de qualidade tem sido muito pouco abordado (MORTON et al., 2008).

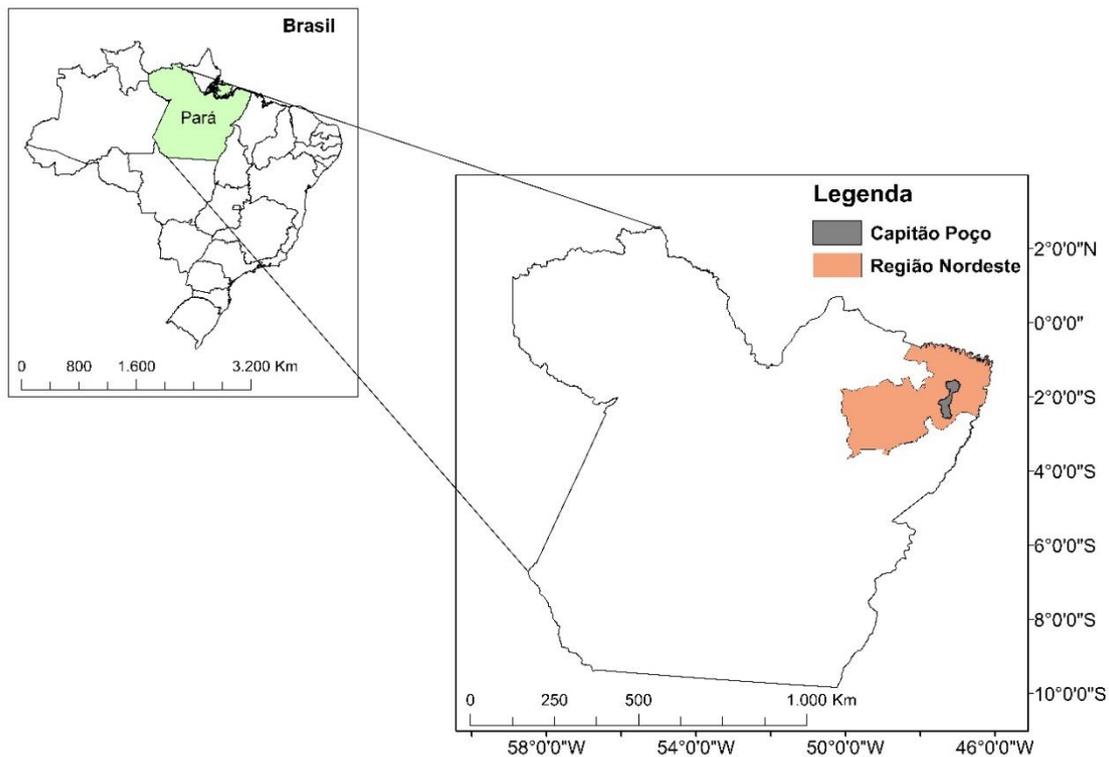
Nesse sentido, a utilização de um fertilizante granulado e solúvel, de origem natural, de disponibilidade imediata, que é constituídos por altos conteúdos de Mg e S, nutrientes estes essenciais na nutrição vegetal, pode contribuir para a melhoria dos atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo, disponibilizando nutrientes às plantas, assim como influenciar na qualidade dos frutos. A kieserita aumenta o teor de magnésio no solo, chegando a valores capazes de suprir as necessidades nutricionais da planta e gera um melhor equilíbrio químico no solo, o que facilita a absorção da planta (MARIN et al., 2008). Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar a aplicação de Kieserita nos atributos químicos do solo e no desenvolvimento vegetativo, nutricional e qualidade de frutos da laranja cultivados nas condições edafoclimáticas de Capitão Poço – PA.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área experimental e localização.

O experimento foi conduzido no período de março de 2014 a outubro de 2015 em lavoura de citrus comercial, no município de Capitão Poço – PA, localizado nas coordenadas geográficas 1° 44' 47" S; 47° 3' 57" O), mesorregião do nordeste Paraense (Figura 1).

**Figura 1.** Mapa de localização da área em estudo no município de Capitão Poço, PA.



**Fonte:** Marques, 2016.

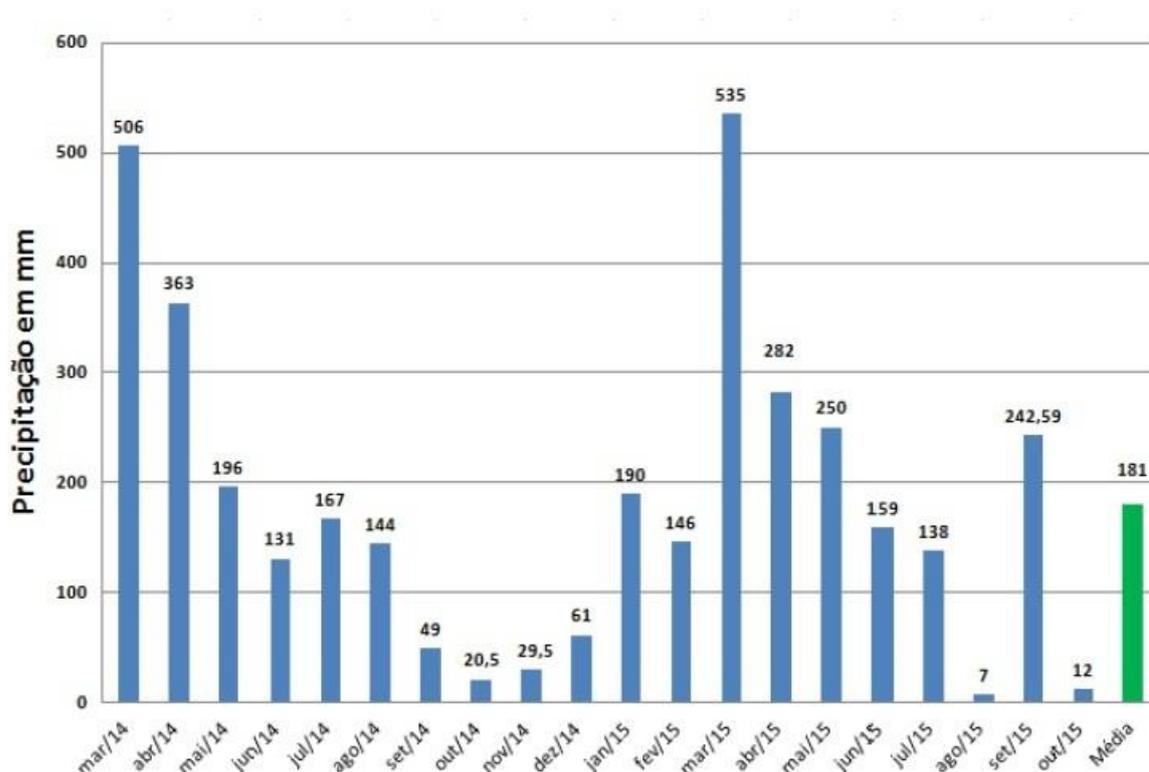
A área experimental foi constituída por um pomar de laranjeiras da variedade "Pera Rio" (*Citrus sinensis* [L.] Osbeck.), enxertadas em limão-cravo (*Citrus limonia* Osbeck), com altura média de 2,5 m, apresentando 4 anos de idade.

### 4.2 Caracterização do Solo e clima

O solo é do tipo Latossolo Amarelo distrófico, textura média (EMBRAPA, 2013). Segundo a classificação de Köppen (1948), o clima do município é do tipo Ami, com

precipitação anual em torno de 2.500 mm, com uma curta estação seca entre setembro e novembro (precipitação mensal em torno de 60 mm), temperatura média de 26° C e umidade relativa do ar entre 75% e 89% nos meses com menor e maior precipitação, respectivamente (SCHWART, 2007), sendo que no período experimental as condições climáticas estão apresentadas na Figura 2.

**Figura 2.** Precipitação observada durante o período de avaliação do experimento no município de Capitão Poço/PA.



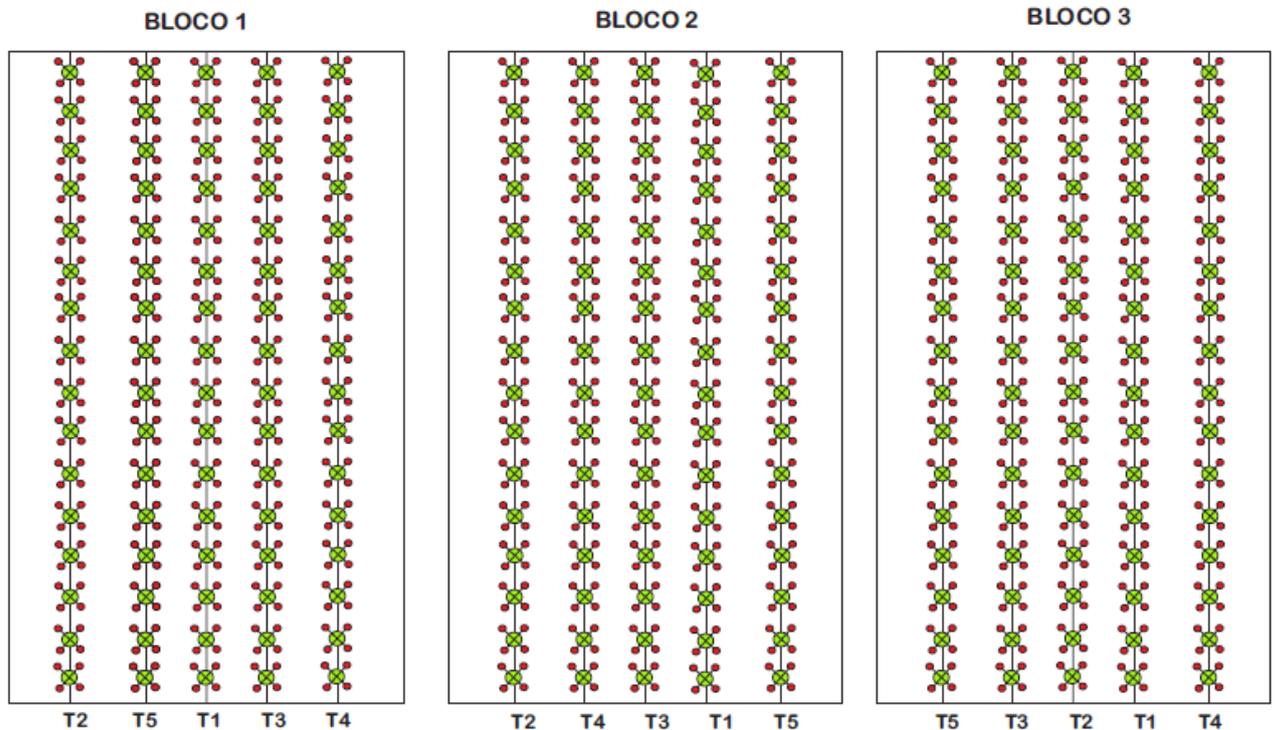
Fonte: INPE

Dados adaptado pelos autores

### 4.3 Delineamento experimental e Tratamentos

O experimento foi instalado e conduzido em delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco tratamentos e três repetições, totalizando quinze parcelas experimentais. Cada tratamento foi constituído de 16 plantas totalizando 240 plantas (Figura 3), espaçadas em 7x4 m, cuja área da parcela foi de 448 m<sup>2</sup>, totalizando 1344 m<sup>2</sup>.

**Figura 3.** Croqui experimental área de citros.



Os tratamentos consistiram de cinco doses de ESTA Kieserita: 0,0; 280; 560; 840 e 1120 g planta<sup>-1</sup>, a escolha dos tratamentos foi realizado de acordo com a análise do solo da área de estudo. A adubação foi parcelada em duas aplicações, fornecidas às plantas, ocorrendo a primeira em abril e a segunda em junho com intervalos de 60 dias entre as aplicações, baseadas nas indicações de Viégas et al., (1989).

#### 4.4 Amostragem do solo

Foram realizadas coletas de amostras de solos na área do experimento em profundidades 0-20 e 20-40 cm de solo, 30 dias antes da aplicação da Kieserita, sendo estas coletas realizadas na linha do plantio (projeção da copa) e no meio das entrelinhas. As amostras de solo depois de coletadas, foram submetido à secagem ao ar, destorroado e passado em peneira de tela galvanizada com abertura de 6mm. Após o peneiramento, o solo foi homogeneizado, em seguida, foram coletadas 20 amostras simples, formando-se uma única amostra composta que encaminhada ao laboratório para determinação da granulometria e atributos químicos para caracterizar o estado de fertilidade do solo e de modo avaliar a necessidade de aplicação de magnésio caso o teor fosse menor que 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de magnésio no solo, seguindo a recomendação de adução e calagem para o Estado do Pará

(CRAVO et al., 2010). Os resultados obtidos quanto à granulometria e atributos químicos estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1:** Atributos químicos e granulometria do solo coletado nas profundidades de 0-0,20 e 20-40 m, na área experimental no município de Capitão Poço, PA.

Prof. cm	Areia	Silte	Argila	MO	pH CaCl <sub>2</sub>	P mg/dm	K -----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----	Ca	Al	H+Al	CTC	V ---%---	m
Projeção da copa													
0-20	710	90	200	12	4,3	10	0,14	1,2	0,1	3,1	4,6	34	6
20-40	560	70	370	10	4,2	3	0,9	0,9	0,2	3,1	4,3	28	28
Entrelinha de plantio													
0-20	670	130	200	10	4	2	0,06	0,6	0,2	3,4	4,3	20	19
20-40	560	150	290	7	4,1	1	0,03	0,8	0,1	3,4	4,4	23	9

Aos 6 meses e 12 meses após a aplicação das doses de Kieserita foram realizadas amostras de solo na área do experimento, na profundidade de 0 - 0,20m, de modo a monitorar o comportamento do magnésio no solo. As amostras foram compostas por amostras simples retiradas nas repetições de cada tratamento, de modo a atender os princípios de repetibilidade estatística, nas profundidades 0-20 cm de solo, na projeção da copa.

As amostras de solo coletadas foram então encaminhadas ao laboratório de solos, onde os atributos químicos determinados foram estes: pH em CaCl<sub>2</sub> 0,1 mol L<sup>-1</sup>; MO pelo método Walkley-Black modificado, P, Ca, Mg e K extraídos com resina trocadora de íons;, Al trocável extraído com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; H+Al extraído com tampão SMP.

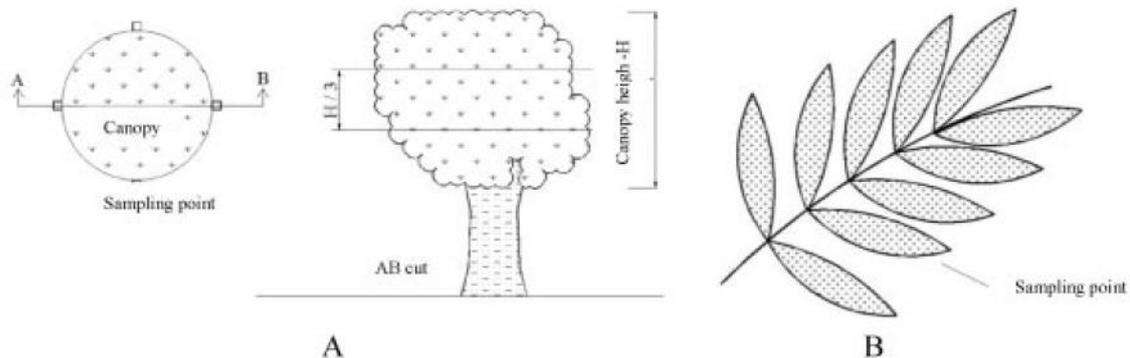
A partir dos dados obtidos nas análises foram calculadas, capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V) e saturação por Al (m). As análises químicas e os cálculos seguiram os procedimentos contidos em Raij et al. (2001). Quanto à granulometria, foram determinados os teores de areia, silte e argila pelo método Embrapa (1997).

#### 4.5 Análise foliar

Aos 6 meses e 12 meses dias após a aplicação das doses de Kieserita foram realizadas amostragens foliares, de modo a monitorar o comportamento do magnésio e enxofre na planta. Foram realizadas 03 coletas de amostras composta de 4 folhas por tratamento, de modo a atender os princípios de repetibilidade estatística. O material vegetal foi colocado em sacos de papel, etiquetado e levado à estufa de circulação forçada de ar a 65°C até atingirem massa constante para então serem moídas em moinho tipo Willey. Esse material foi

encaminhado ao laboratório, para determinação dos teores totais de macro e micronutrientes. Os procedimentos para a retirada das amostras de folha (Figura 7) foi recolhido a terceira ou quarta folhas do ramo frutífero com frutos de 2 cm a 4 cm de diâmetro no terço médio da copa das plantas selecionadas, de acordo com a metodologia já referido por Malavolta (2006).

**Figura 4.** Representação de pontos de amostragem de plantas: (A) vista superior e (B) ramo



**Fonte:** Armindo et al., (2012).

Os teores de nutrientes nas folhas foram determinados da seguinte forma: o nitrogênio total das amostras foi determinado pelo método micro Kjeldahl, de acordo com a metodologia citada por Malavolta (2006). No extrato, obtido por digestão nitroperclórica, foram medidos os níveis de P total por colorimetria; os teores de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram medidos por espectrofotometria de absorção atômica; o conteúdo de K, por fotometria de chama, os de S por turbidimetria e o teor de B foi extraído por digestão seca.

#### 4.6 Avaliação físico-químico dos frutos

Os frutos foram colhidos manualmente, quando apresentavam no período ótimo de estágio de maturação, no mês de agosto, caracterizado por ser a safra “temporã”, em 120 plantas, sendo 10 frutos por planta, totalizando 300 frutos, da porção mediana de cada planta, descartando a bordadura, e acondicionados em sacos plásticos higienizados.

Após a colheita, os frutos foram encaminhados ao laboratório de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal Rural da Amazônia campus de Capitão Poço e avaliados quanto à qualidade físico-química, sendo: a) diâmetro (cm), b) comprimento (cm) dos frutos, c) volume de suco (ml), d) massa dos frutos (g), e) espessura da casca, f) sólidos solúveis, g) pH, h) produtividade de frutos.

#### 4.6.1 Diâmetro e Comprimento do fruto

Os parâmetros diâmetro e comprimento do fruto (Figura 5) foram determinados com o auxílio de um paquímetro digital de precisão (0,1 mm), medindo os pontos máximos de cada fruto, expressos em milímetros. Conforme método de acordo com INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008.

**Figura 5.** Diâmetro do fruto



#### 4.6.2 Volume de suco

Para o volume de suco os frutos foram cortados ao meio e extraído o suco com o auxílio de um extrator (industrial), passando em uma peneira de malha fina, em seguida medido o seu volume em uma proveta milimetrada, medido em mL.

#### 4.6.3 Massa do fruto

A massa dos frutos (Figura 6) foi obtida por meio da pesagem de 240 frutos por tratamento, sendo determinada em balança com capacidade de até 4 kg, modelo Even e sensibilidade de 5g, devidamente tarada e calibrada. A massa média foi expressa em gramas (g), pesando-se um fruto por vez, de acordo com Landanya (2008).

**Figura 6.** Massa do fruto



#### 4.6.4 Espessura da casca

Para a determinação da espessura da casca, em laboratório, os frutos foram cortados ao meio e sendo os gomos retirados, restando apenas o exocarpo, parte mais externa (flavedo) e o mesocarpo (albedo), com o auxílio de um paquímetro digital de precisão (0,1 mm), por leitura direta expressas em milímetros.

#### 4.6.5 Sólidos solúveis (SS)

Depois de extraído o suco, com menos de 24 horas, os teores de sólidos solúveis foram obtidos (Figura 7) por refratômetro portátil (marca ABBE e modelo RTA-100), segundo metodologia descrita por IAL (2008). Calibrou-se o equipamento com água destilada, e depois pingou-se uma a duas gotas de amostra no prisma ótico e procedeu-se a leitura, sendo os resultados expressos em °Brix ( $\text{g } 100 \text{ mL}^{-1}$ ).

**Figura 7.** Leitura de Sólidos Solúveis.



#### 4.6.6 pH

A avaliação do pH foi eletrométrica (IAL, 2008), utilizando-se pHmetro de bancada (marca Even, modelo phs-3s) que permite uma determinação direta, simples e precisa do pH,

utilizando-se a amostra de 10 mL do suco.

**Figura 8.** Leitura de pH.



#### **4.6.7 Produtividade**

Quanto a produtividade, a colheita do experimento foi realizada 19 meses após a aplicação dos tratamentos, na segunda safra do ano, sendo na ocasião determinadas a produtividade, colhendo-se todos os frutos de 5 plantas de cada parcela, pesando-se sua produção total, estimando-se a produtividade em toneladas por hectare.

#### **4.7 Análises dos dados**

Os dados experimentais obtidos foram inicialmente submetidos aos testes de Shapiro-Wilks e de Levene ( $p < 0,01$ ) para verificação da normalidade e homocedasticidade residuais, respectivamente. Posteriormente, atendidas as pressuposições básicas realizou-se a análise de regressão polinomial, observando-se os resultados do teste F ( $p < 0,05$ ) da análise de variância e do teste t de Student ( $p < 0,05$ ), por meio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

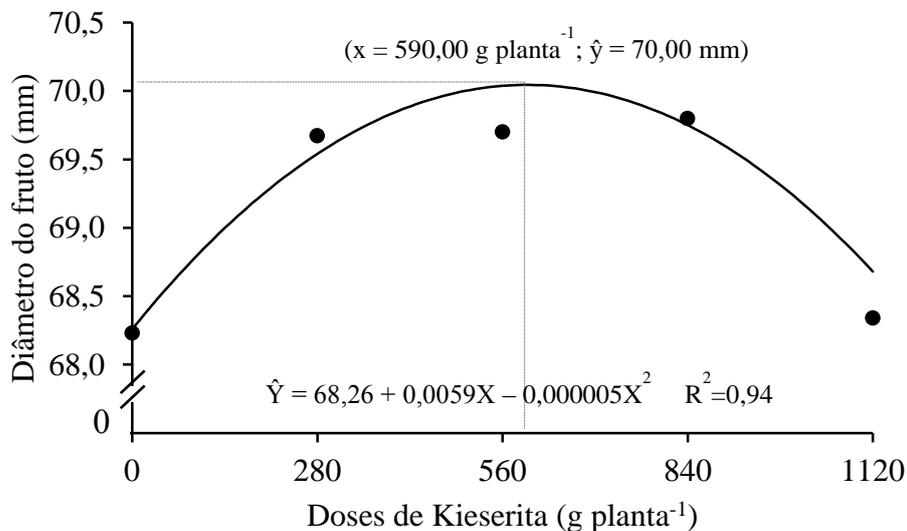
### 5.1 Análises físico-químicas do fruto

Na Figura 8, medindo-se o diâmetro do fruto em função de doses de Kieserita, verificou-se que na ausência da adubação o diâmetro do fruto foi de 68,2 mm, ocorrendo um incremento com a adição do fertilizante, com a dose de máxima eficiência técnica de 590g planta<sup>-1</sup>, observando-se uma curva de tendência quadrática.

Os valores de diâmetro dos frutos encontrados no presente estudo (68,2 a 70,0 mm) apresentaram dimensões satisfatórias e estão de acordo com o recomendado pelo Programa Brasileiro de Modernização da Horticultura (2011), que determina valores de 65 a 71 mm, considerado adequado para laranjas de mesa do tipo Pêra. De acordo com Pérez et al. (2010), um parâmetro econômico importante para a laranja é o tamanho final do fruto, nas quais os frutos maiores são preferíveis para comercialização, uma vez que estão relacionados diretamente com o diâmetro e comprimento do fruto.

Uma das características da Kieserita é sua alta solubilidade em água, baixa reatividade com o solo, possui uma elevada disponibilidade inicial e maior suscetibilidade à lixiviação. Essas características intrínsecas da fonte proporcionaram reflexos quanto ao tamanho dos frutos avaliados pelo seu diâmetro revelando que a fonte mais solúvel proporcionou maior disponibilidade inicial e efeito no parâmetro avaliado.

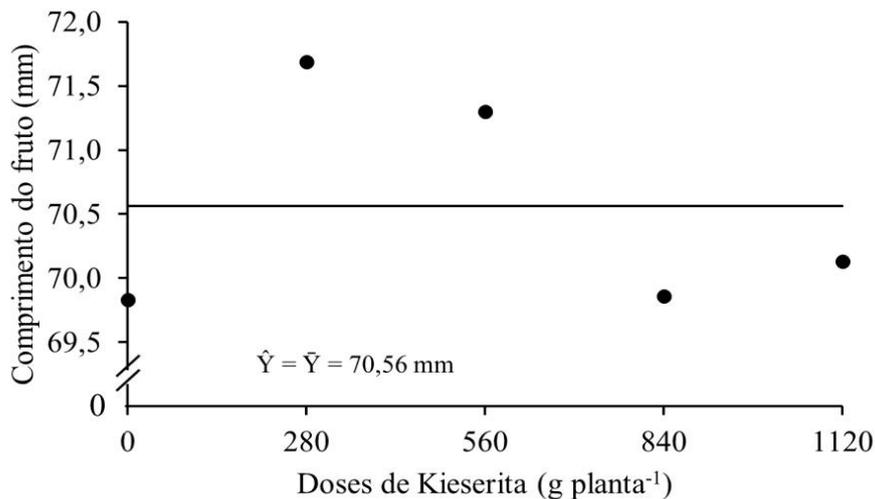
**Figura 9.** Diâmetro de frutos de laranjeiras Pêra-Rio em função da aplicação de doses crescentes de Kieserita em Capitão Poço- PA. 2015



Não houve diferença significativa para doses de magnésio no comprimento médio do fruto (Figura 9), em que observou valor médio de 70,56 mm, superior ao relatado por Silva et al., (2007), que foi de 68 mm para laranja Pêra rio.

O magnésio como nutriente essencial para plantas é bastante conhecido, mas sua influencia nos parâmetros de qualidade do fruto tem sido muito pouco abordada, Morton et al. (2008) relatam que quando usadas doses de Mg além daquelas requeridas para a produtividade máxima de plantas, raramente promovem uma melhoria na qualidade do fruto, justificando, possivelmente, o fato de não ter sido obtido respostas significativas nas aplicações de Kieserita para esta variável.

**Figura 10.** Comprimento de frutos de laranjeiras Pêra-Rio em função da aplicação de doses crescentes de Kieserita em Capitão Poço- PA.2015.



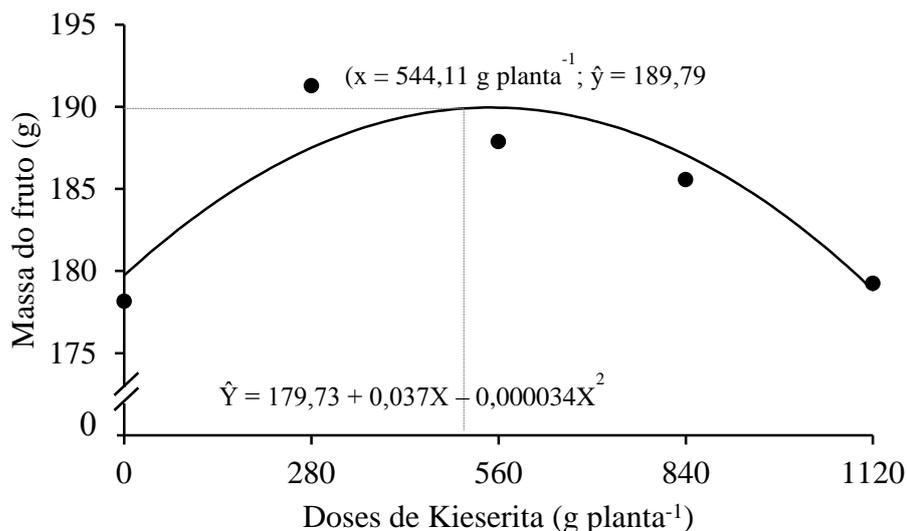
Por meio dos resultados obtidos da massa do fruto (Figura 11) submetidos às doses de Kieserita, verificou-se que o comportamento apresentou melhor ajuste à equação quadrática, com a dose máxima de eficiência técnica de 544,11 g planta<sup>-1</sup> de kieserita para o incremento de 189,79 g na massa do fruto. Observa-se uma diminuição da massa até um determinado ponto, podendo ser explicado por meio da análise foliar, em que ocorreu uma diminuição nos teores de Ca e K, por ser tratarem de elementos antagônicos na absorção pelas plantas, uma adubação equilibrada entre esses três nutrientes é de fundamental importância para plantas e para os frutos. As doses de Kieserita influenciaram positivamente na massa dos frutos, sendo de fundamental importância essa característica para os citricultores, pois a comercialização é realizada pela relação massa/reais. Assim, a aplicação de doses crescentes de Kieserita proporcionou um maior desenvolvimento no diâmetro dos frutos, o que resultou em maior

massa de fruto, conseqüentemente em ganhos na produção pelo citros. As médias de massa dos frutos (aproximadamente de 190g) estão enquadradas nos padrões para o mercado de laranjas *in natura*, cujos frutos devem apresentar o mínimo de 150 g (DOMINGUES et al., 2003).

Possivelmente, o efeito benéfico da Kieserita ocorreu que em decorrência do magnésio desempenhar funções na fotossíntese, agindo como precursor estrutural da molécula de clorofila e ativador da principal enzima da fotossíntese Rubisco Carboxilase (TAIZ e ZEIGER, 2009), aumentando a taxa fotossintética líquida da laranjeira. Enquanto, a disponibilidade de enxofre, por atuar na formação de proteínas e moléculas importantes, está envolvido em processos enzimáticos e reações de oxiredução, assim como constituinte dos aminoácidos cisteína e metionina, que constituem cerca de 90% do total de S na planta (MALAVOLTA, 2006).

A massa dos frutos e o tamanho final são resultantes do acúmulo de matéria seca e de água, determinado pela força de dreno do fruto e pelo suprimento de metabólitos. O fornecimento de metabólitos, por sua vez, depende da disponibilidade e da competição entre os drenos em desenvolvimento (DUARTE, 2011). Assim, quanto maior o número de frutos, maior a competição por nutrientes e menor será o seu comprimento e sua massa.

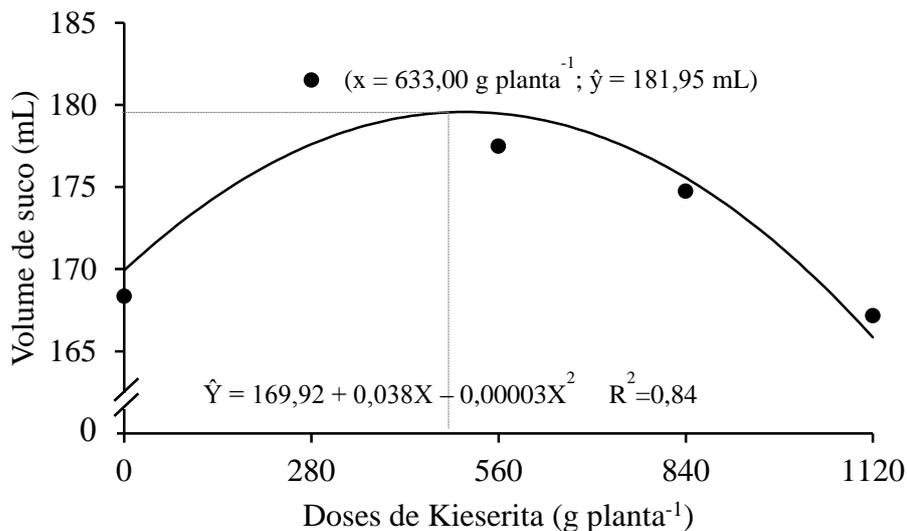
**Figura 11.** Massa de frutos de laranjeiras Pêra-Rio em função da aplicação de doses crescentes de Kieserita em Capitão Poço- PA. 2015.



Para a variável volume de suco (Figura 12), verificou-se que as doses de Kieserita influenciaram o volume de suco, conforme aumentavam-se as doses, o volume de suco aumentava, onde a dose de 633 g planta<sup>-1</sup> foi a que obteve maior volume de suco de 181,95

mL. O alto rendimento em suco é uma característica muito importante para as cultivares de laranjas, tanto para as que são utilizadas para o consumo “in natura” como para aquelas para industrialização. Resultados semelhantes do efeito benéfico do magnésio em citros foi relatado por Dawood et al. (2001), em que observaram incremento na produtividade, número de frutos, massa média do fruto, total sólidos solúveis e volume de suco.

**Figura 12.** Volume do suco de frutos de laranjeiras Pêra-Rio em função da aplicação de doses crescentes de Kieserita em Capitão Poço- PA. 2015.

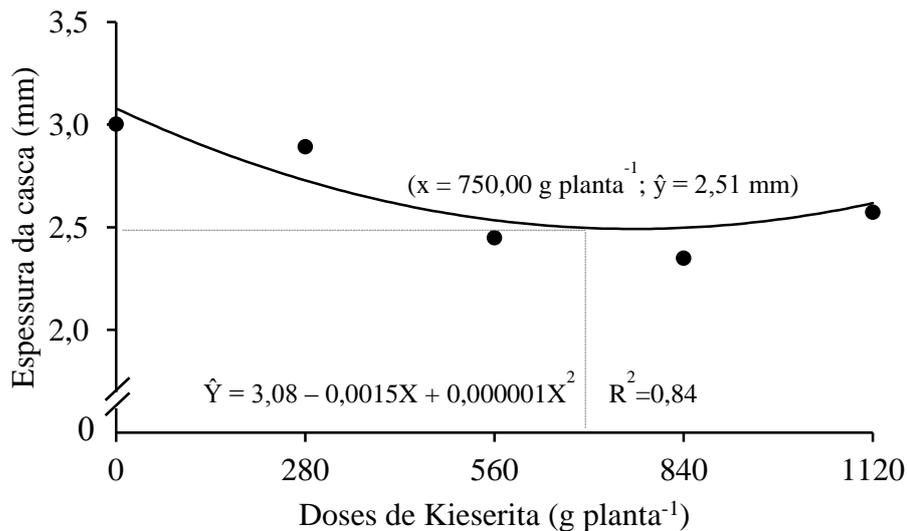


As doses crescentes de magnésio tiveram efeito na espessura da casca (Figura 13), resultando na casca mais fina (2,51mm), correspondente a dose de 750,00 g planta<sup>-1</sup>, o que contribuiu para que apresentasse boa relação massa do fruto/teor de suco. Para o mercado de citros esta característica é de fundamental importância, uma vez que o consumidor prefere frutos *in natura* com menor espessura de casca por refletir em maior volume de fruto. Estudos realizados por Oliveira et al. (2010), relataram que os consumidores apresentam preferência por frutos com casca mais fina, para facilitar o descascamento.

A espessura da casca é uma característica intrínseca, utilizada para descrever as características dos frutos das cultivares de laranja (DONADIO et al., 1995). Por meio de informação da espessura da casca é possível identificar o estágio de desenvolvimento do fruto, de acordo com o desenvolvimento dos frutos, a espessura da casca diminui, assim, frutos ao atingirem o ponto de maturação ou colheita apresentam menores espessuras de casca em relação aos frutos que não completaram a maturação ou em relação ao rendimento de suco (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

Essa diminuição pode ser explicada, pela função do magnésio de melhorar a assimilação e a eficiência do fósforo pelas plantas, sendo o fósforo elemento responsável pela espessura da casca nos frutos de laranja. Taiz e Zeiger (2009), afirmam que uma das funções do fósforo é composição da membrana celular na planta, provavelmente tenha ocorrido maior fixação do nutriente no solo tornando-o menos disponível para as plantas. Também, podem ter ocorrido perdas por percolação, fatores que podem ter contribuído para uma menor absorção do nutriente pela planta. De acordo com Mesejo et al.(2016) afirma que a espessura da casca de citros diminui progressivamente durante a fase de aumento das células do fruto, assim como o aumento do volume do fruto é principalmente devido ao crescimento da polpa, atingindo valores mínimos quando o fruto para de crescer.

**Figura 13.** Espessura da casca de frutos de laranjeiras Pêra rio em função da aplicação de doses crescentes de Kieserita em Capitão Poço- PA.2015.



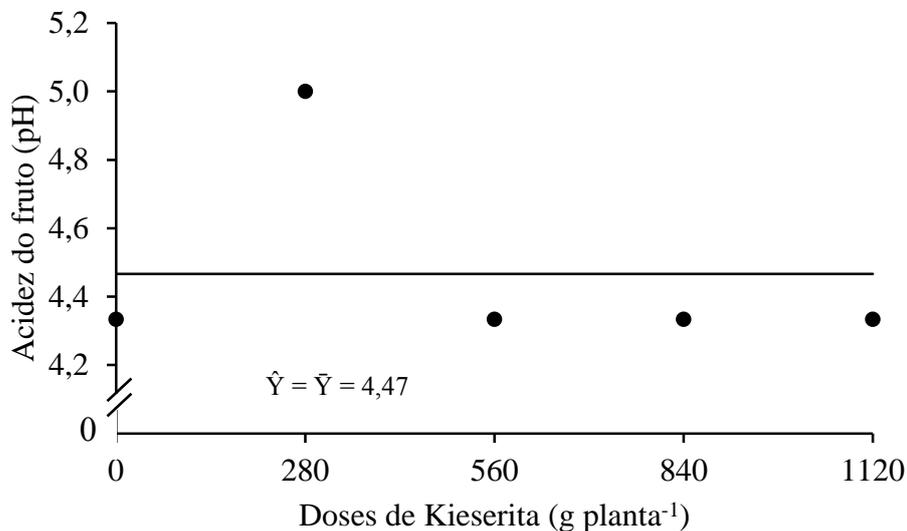
Pelas informações da Figura 14, verificou-se que não foram obtidas diferenças estatísticas para o efeito das doses de Kieserita na variável pH dos frutos. A média dos valores de pH foi de 4,47, não existindo na legislação brasileira um mínimo de pH como padrão de identidade e qualidade para o suco de laranja (BRASIL, 2000). Contudo, estão superiores aos encontrados por (CORRÊA-NETO e FARIAS, 1999) que foram na faixa de pH de 3,40 a 4,00 em frutas cítricas.

De acordo com Bron et al., (2002), na maturação ocorre à síntese dos sólidos solúveis ou a degradação de polissacarídeos, promovendo um acréscimo nos valores dos sólidos solúveis até certo ponto, a partir do qual começam a ser utilizados na manutenção da

atividade metabólica dos frutos, com conseqüente, diminuição da acidez e o aumento do pH (ERKAN et al. 2005).

De acordo com Medina et al. (2005) os ácidos acumulam-se durante o desenvolvimento inicial do fruto, e alcançam um conteúdo máximo, o qual permanece praticamente constante a partir desse ponto, e no estágio de maturação dos frutos, ocorre a redução na concentração dos ácidos, principalmente, devido ao efeito da diluição ocasionada pelo crescimento do fruto.

**Figura 14.** Acidez de frutos de laranjeiras Pêra rio em função da aplicação de doses crescentes de Kieserita em Capitão Poço- PA. 2015.

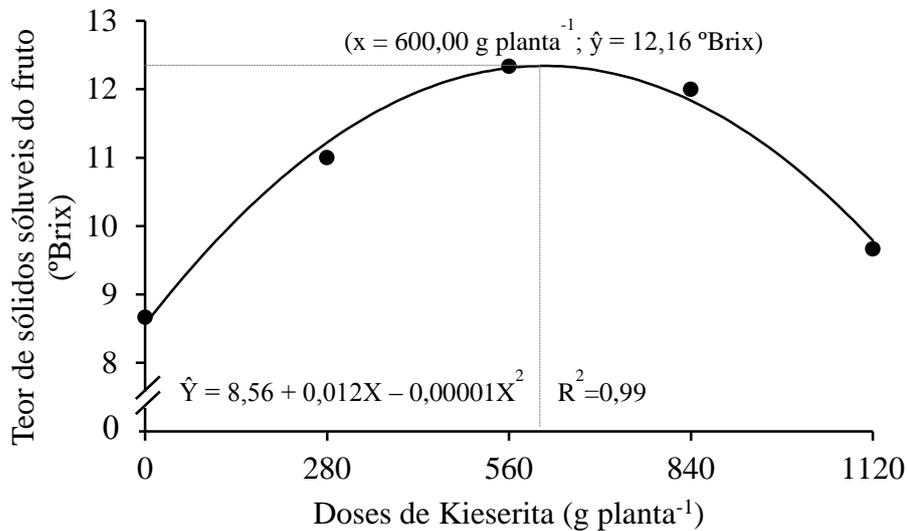


Por meio da Figura 15, verificou-se que o °Brix foi significativamente influenciado pela aplicação de doses de Kieserita, o que resultou em incrementos no teor de açúcares dos frutos, com melhor ajuste da equação quadrático, com o valor de 12,16 °Brix obtida na dose de 600,00 g planta<sup>-1</sup>. Os valores obtidos no presente estudo estão próximos aos descritos por Donadio (1995) e Landaniya (2008) que foram de 11,8 e 12° Brix, respectivamente, e superiores aos valores considerados mínimos pela CEAGESP (2012) que são de 10°Brix.

O teor de sólidos solúveis são compostos solúveis em água e importantes para se determinar a qualidade da fruta, representam a quantidade de açúcares, ácidos, vitaminas, aminoácidos e pectina existentes no fruto (KLUGE et al., 2002).

Vale salientar que cada 1° Brix equivale a 1 g de sólidos dissolvidos em 100 g, assim, um fruto de laranja com teor de 10 °Brix apresenta 10 g de sólidos solúveis, dissolvidos em 100 g de suco, ou 10% de concentração de sólidos solúveis, sendo muito utilizado como referência do ponto de colheita e consumo (HORTIBRASIL, 2009).

**Figura 15.** Teor de sólidos solúveis de frutos de laranjeiras Pêra-Rio em função da aplicação de doses crescentes de Kieserita em Capitão Poço- PA.2015

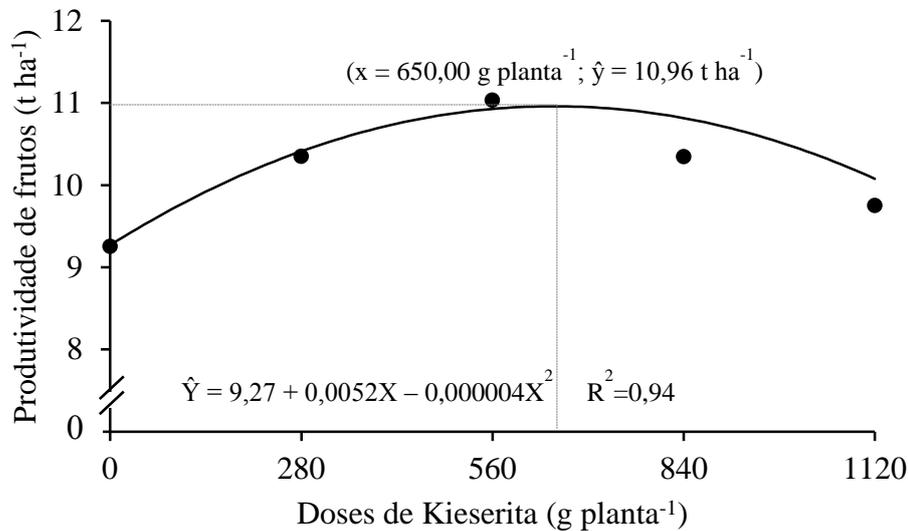


A resposta das doses de Kieserita na produtividade (Figura 16) de frutos teve como melhor ajuste na análise de regressão a equação quadrática. À medida que foram aplicadas as maiores doses do nutriente observou-se elevação na produtividade de frutos, com a máxima eficiência técnica de 10,96 t ha<sup>-1</sup> de frutos obtidos na dose de 650,00 g planta<sup>-1</sup> de Kieserita.

Veloso et al., (2000) estudando citros no Nordeste paraense, observou que o Mg exerce uma influencia na produtividade da laranjeira, para pomares de baixa produtividade menores que 30 t ha<sup>-1</sup>. As maiores limitações nutricionais por deficiência nos pomares de laranjeira de baixa produtividade obedecem respectivamente à seguinte ordem decrescente para os macronutrientes: Ca > Mg > K > S > N > P, o fornecimento desses nutrientes, principalmente nos pomares em que ocorrem como limitantes deverá contribuir para o aumento da produtividade dos citros em produção.

O conhecimento das concentrações químicas dos nutrientes no solo, associado à análise do tecido vegetal (folhas) é de fundamental importância para qualquer tipo de cultura, pois é fator primordial para a caracterização da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas, que são fatores determinantes da produtividade das culturas, pois o equilíbrio nutricional da planta reflete no aumento de produtividade (OLIVEIRA et al., 2009). Farias et al. (2003) observou que outros fatores como o tipo de solo, fertilidade, pragas ,etc., podem influenciar na produtividade. O citricultor deve manter os solos dos pomares nas classes de teores médios, impedindo, portanto, a deficiência ou excesso de nutrientes, o que limita a produtividade e a qualidade dos frutos cítricos.

**Figura 16.** Produtividade da cultura da laranja em função das doses crescentes de Kieserita em Capitão Poço-PA.2015.



## 5.2 Atributos químico do solo

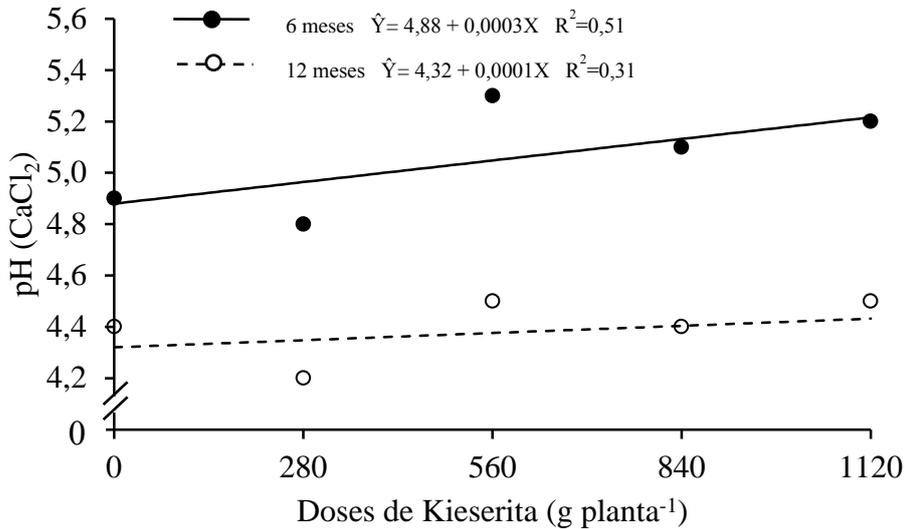
Observou que após a aplicação de kieserita aos 6 meses, resultou em incremento linear crescente dos valores (Figura 17). Enquanto na avaliação aos 12 meses não foi verificada alteração nos valores de pH, em que os valores médios foram de 4,3, inferior aos observados aos 6 meses, que foram de 4,8.

Possivelmente, a disponibilidade mais rápida do Mg no solo promoveu maior elevação do pH, contudo, fontes de liberação rápida estão sujeitos a perdas de Mg por lixiviação quando aplicado a solos com alta condutividade da água sob condições de alta pluviosidade e em solos arenosos, como é o caso das condições edafoclimáticas do local de estudo, o que justifica a redução do pH aos 12 meses. De acordo com Jackson e Reisenauer,(1984) a exportação de cátions básicos (Ca e Mg) acarreta diminuição do pH.

A importância do pH se deve ao controle de vários processos químicos que ocorrem no solo, especificamente, a disponibilidade de macronutrientes e micronutrientes, e variação da disponibilidade de elementos tóxicos para o vegetal. Sendo considerado solos ácidos (pH <7), onde os níveis de alumínio trocável são elevados, que é prejudicial para as plantas. Além disso, nessas condições a solução do solo está saturado com hidrogênio em vez de cátions de bases no local da rizosfera. O baixo pH interfere na concentração de Mg trocável no solo, podendo aumentar o domínio de alumínio e hidrogênio no local da rizosfera, podendo

interferir na disponibilidade e absorção de magnésio, causando deficiência do mesmo e dificultando a produção e qualidade do produto final.

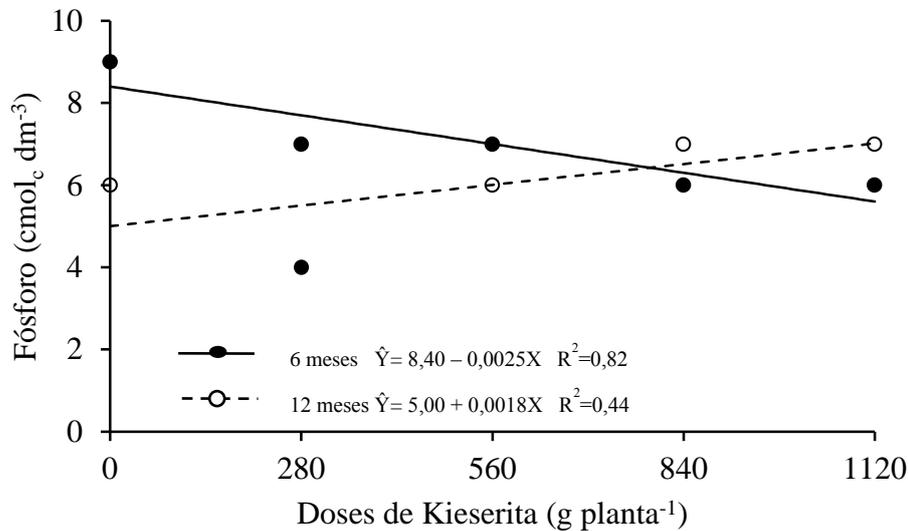
**Figura 17.** Valores de pH de amostras de solo na camada de 0-20 m tratadas com doses crescentes de Kieserita aos 6 meses e 12 meses após a aplicação.



O teor de fósforo no solo submetido às doses de Kieserita, em dois períodos de avaliação (Figura 18), apresentou aos 6 meses uma redução dos valores de P no solo, com valor mínimo de  $6,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , resultando em efeito decrescente no solo. Com relação à avaliação aos 12 meses, observou efeito contrário, ou seja, as doses de Kieserita promoveram incrementos lineares nos teores de P, com os valores de mínimo e máximo variando de  $5,00$  a  $8,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  nas doses de  $0$  a  $1120 \text{ g planta}^{-1}$ , respectivamente. Em solos tropicais, uma limitação frequente ao crescimento e produtividade das culturas é a baixa disponibilidade de fósforo, o que afeta diretamente a magnitude e frequência de respostas à fertilização com outros nutrientes (WANG et al., 2010). E em solos com pH excessivamente ácido, ocorre diminuição na disponibilidade de fósforo, estes valores são considerados baixos em função da textura do solo.

O magnésio atua na formação de açúcares e lipídeos, funcionando como “carregador” do fósforo nas membranas celulares e, também, no auxílio na absorção de outros (MALAVOLTA et al., 1997) Sabe-se que, em condições não irrigadas o fósforo caminha no solo por difusão a curtas distâncias, dentro de uma fase líquida estacionária (MALAVOLTA et al., 1989), o que lhe confere mobilidade baixa, porque sua taxa de fixação ao solo é alta, sendo, portanto, desprezível a perda deste elemento por lixiviação (COELHO, 1973).

**Figura 18.** Concentração de Fósforo no solo, na profundidade de 0,2 m, em função dos tratamentos, em pomares com laranjeira “Pêra rio”, referente à medida aos 6 meses e 12 meses após a aplicação de Kieserita.

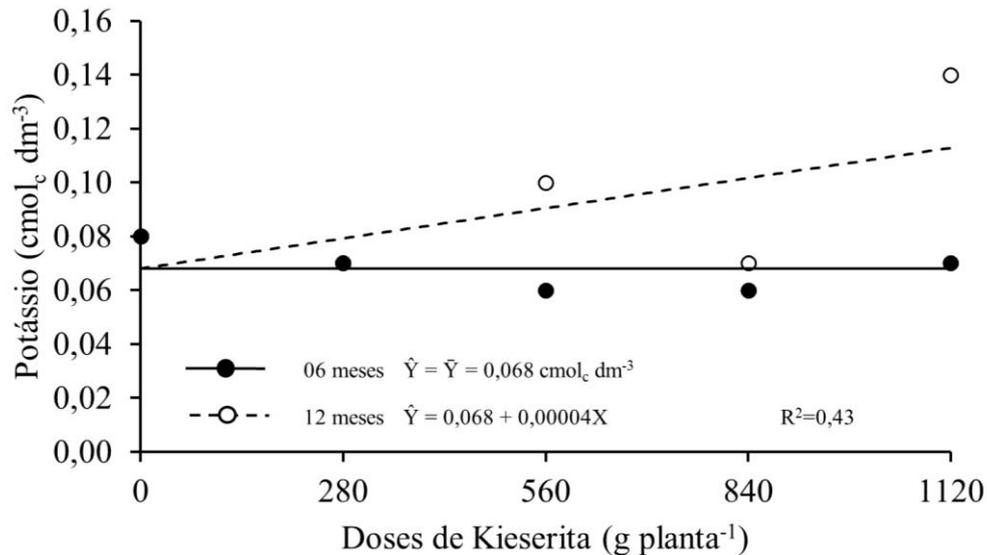


Com relação aos teores de K no solo (Figura 19), no período de 6 meses verificou-se que as teores no solo não foram influenciadas pelas doses crescentes de kieserita aos 6 meses, podendo ser explicada este fato pelo antagonismo que existe entre o Mg pelo mesmo sítio de absorção. Os teores disponíveis de K na solução do solo ficaram dentro da faixa considerada média recomendada para o estado do Pará (BRASIL e CRAVO, 2010).

No período de 12 meses após a aplicação de Kieserita, verifica-se que o modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados foi a linear. O comportamento linear crescente dos teores de potássio no solo sugere que a adubação melhorou a fertilidade do solo, e assim a nutrição das plantas, o que reflete diretamente na produtividade das culturas.

De acordo com Wadt e Wadt (1999) o movimento do cátion K<sup>+</sup> no solo depende do tipo de solo e, na maioria dos casos, move-se com limitação, podendo, no entanto, ser lixiviado e/ou movimentado para as camadas superficiais em solos arenosos e com baixa CTC e na presença de ânions fracamente adsorvidos, como cloretos e sulfatos.

**Figura 19.** Concentração de potássio no solo na profundidade de 0,2 m, em função dos tratamentos, em pomares com laranja “Pêra-rio”, referente à medida aos 6 meses e 12 meses após a aplicação de Kieserita.

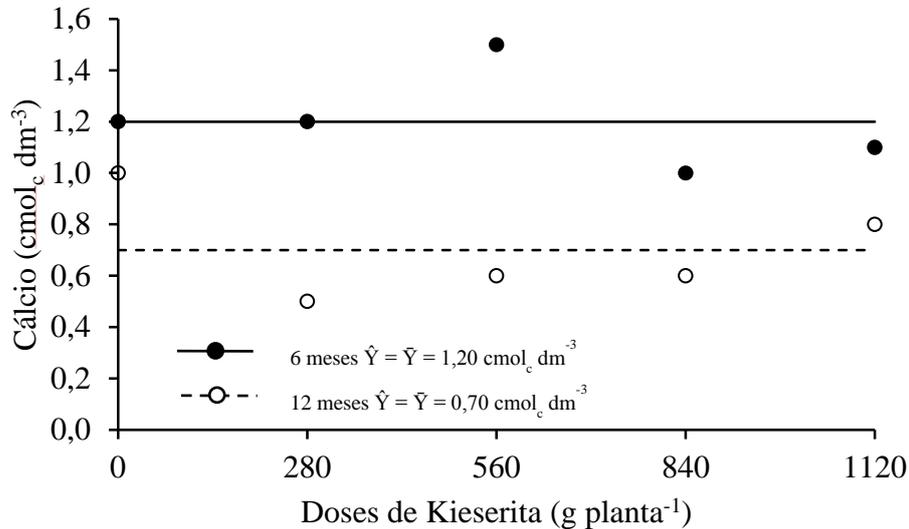


Para os teores de Ca no solo (Figura 20), verificou-se que as concentrações de Ca no solo não foram influenciadas pelas doses crescentes de kieserita, independente do período de avaliação ter ocorrido aos 6 ou 12 meses, apresentando valores médios de 1,20 e 0,70 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Essa concentração do cálcio pode estar limitada pela competição ou antagonismo com o Mg, que foi adicionado ao solo como sulfato de magnésio, podendo ser explicado pelo fato de ambos competirem pelo mesmo sítio de absorção o que refletiu em baixos teores do nutriente, provavelmente a absorção de Mg foi preferencial aos demais cátions. Os nutrientes têm sua disponibilidade determinada por vários fatores, entre eles o valor do pH, que é a medida da concentração de íons hidrogênio na solução do solo. Em solos com pH excessivamente ácido, característica encontrada no presente trabalho, ocorre diminuição na disponibilidade de nutrientes como o cálcio (VELOSO et al. 2010).

Em longo prazo uma causa da deficiência no solo e planta é por meio de fertilização desequilibrada com NPK pode levar ao esgotamento de magnésio, assim como a competição catiônica entre K, Ca e Mg pelo mesmo sítio ativo de absorção (MAGUIRE e COWAN, 2002). Pela sua importância no desenvolvimento das raízes, a falta de Ca resulta em um sistema radicular debilitado, com morte das extremidades das raízes. O que afeta no desenvolvimento normal de toda parte aérea, afetando a produção do pomar. Cravo et al. (2010); Delbem et al. (2011), relataram a diminuição dos teores de Ca no solo, em solos com pH excessivamente ácido e como resultado da lixiviação, por causa dos baixos valores de pH.

Os teores disponíveis de Ca na solução do solo ficaram dentro da faixa recomendada para o estado do Pará (BRASIL e CRAVO, 2010).

**Figura 20.** Concentração de Cálcio no solo, na profundidade de 0,2 m, em função dos tratamentos, em pomares com laranjeira “Pêra-rio”, referente à medida aos 6 meses e 12 meses após a aplicação de Kieserita.



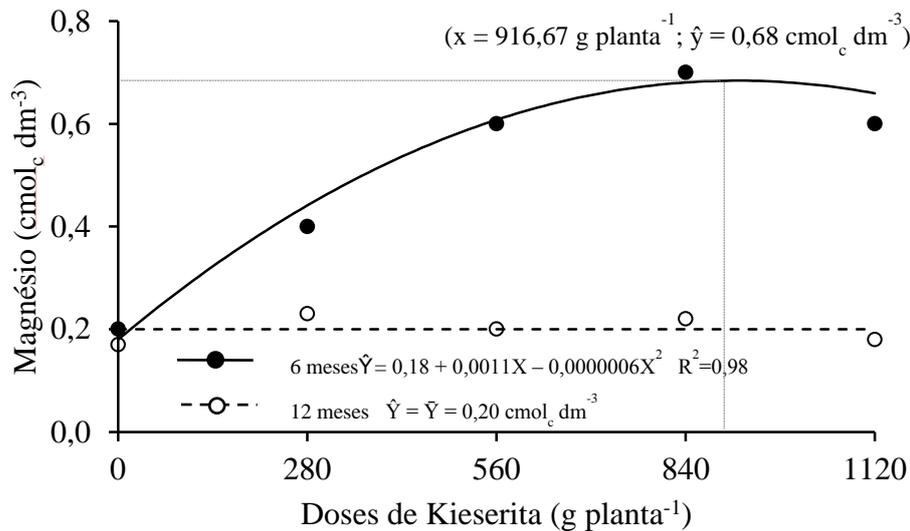
A aplicação de Kieserita no solo apresentaram aos 6 meses (Figura 21), melhor ajuste da equação quadrática para teores de magnésio, com a máxima eficiência técnica de  $0,68 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  obtida na dose de  $916,67 \text{ g planta}^{-1}$ , estando este valor entre a faixa considerada média (0,5- 1,5) para magnésio no solo, conforme o manual de recomendações e adubação e Calagem para o Estado do Pará. Hartder et al. (2004) estudando o efeito de diferentes fontes de magnésio, observaram efeito da Kieserita no pH do solo, nas camadas subsuperficial (10-20 cm), após 60 dias da aplicação. Os mesmos autores relataram a eficiência na aplicação da Kieserita em elevar os teores do elemento trocáveis mais rápidos comparativamente aos óxido de Mg. Rajj et al. (1997) concluiu que valores de magnésio de  $0,5$  a  $0,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  é considerado médio em solo específico para citros.

Para a avaliação realizada aos 12 meses, verificou-se que os teores não foram diferentes estatisticamente, o teor de magnésio no solo diminuiu bastante em todos os tratamentos em relação à primeira avaliação, com teor médio de  $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Podendo ser explicado pela absorção do elemento pela planta, exportação pelos frutos e a lixiviação por ser considerado um solo arenoso. Possivelmente, o Mg liberado rapidamente sofreu perdas por lixiviação quando aplicado ao solo, sob condições de alta pluviosidade, como é o caso das condições edafoclimáticas do local de estudo, o que justifica a redução do pH aos 12 meses.

Corroborando com o estudo de Delbem et al. (2011), que observou a diminuição dos teores de Mg no solo, resultante da lixiviação, por causa dos baixos valores de pH do solo.

Em solos com pH excessivamente ácido, ocorre diminuição na disponibilidade de magnésio (CRAVO et al., 2010), fato que ocorre comumente em solos do estado do Pará. Baixos valores de Mg no solo, aos 12 meses, pode estar sendo induzido por níveis elevados de elementos antagônicos, que inibe fortemente a absorção pelas plantas (VERBRUGGEN e HERMANS, 2013). A força de ligação do Mg aos colóides do solo é baixa, em decorrência de apresentar grande raio hidratado. Assim, este é altamente susceptível a lixiviação, particularmente em solos ácidos, com baixa capacidade de troca de cátions. De acordo com Hermans et al. (2004) a lixiviação é considerado o fator chave que afeta a disponibilidade do nutriente para as raízes.

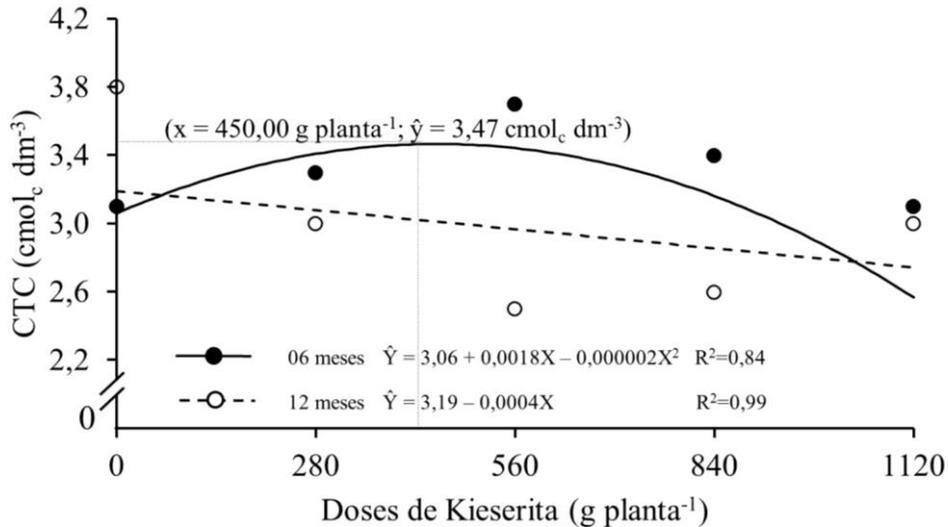
**Figura 21.** Concentração de magnésio no solo, na profundidade de 0,2 m, em função dos tratamentos, em pomares com laranja “Pêra-rio”, referente à medida aos 6 meses e 12 meses após a aplicação de Kieserita.



Pelas informações da Figura 22, verificou-se que na avaliação aos 6 meses de aplicação do Kieserita, o melhor ajuste da equação foi um quadrático, com valores médios de 3,47 cmolc dm<sup>-3</sup> obtida na dose de 450,00 g planta<sup>-1</sup>, teor de CTC considerado ideal para o desenvolvimento do citrus. Os teores de CTC são influenciados pelos valores de Mg e K, o que reforça os resultados apresentados assim, o incremento nos teores de Mg e K na solução do solo promoveram um maior preenchimento destes elementos na CTC do solo, em contrapartida, retirando os elementos acidificantes como H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup>.

Enquanto, a avaliação da CTC no período de 12 meses, apresentou ajuste da equação linear, com valores médios de 2,61 cmolc dm<sup>-3</sup>. Possivelmente, a competição dos nutrientes aos sítios de trocas, promovidos pelas doses de Kieserita e sua alta solubilidade no solo, ocasionaram efeito reverso da CTC do solo.

**Figura 22.** Valores de CTC de amostras de solo (0-20m) tratadas com doses crescentes de Kieserita aos 6 meses e 12 meses dias após a aplicação.

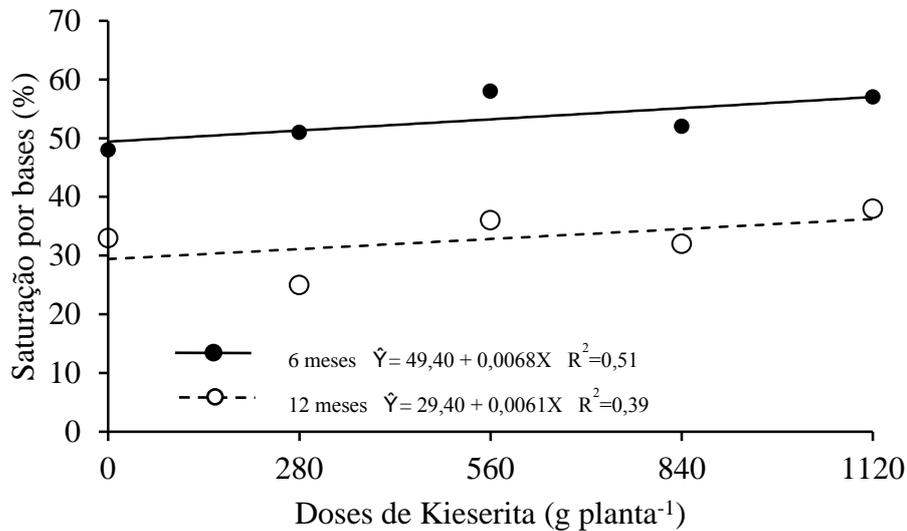


A saturação por bases foram influenciados pelas doses de Kieserita aplicados no solo para os dois períodos de avaliação (Tabela 23), 6 meses e 12 meses, apresentando o melhor ajuste da regressão linear (Figura 24). Para a avaliação aos 180 dias os valores de saturação por bases variaram de 48 a 58%, valores considerados adequados para a cultura do citrus (VIOLANTE NETO et al., 1988; MALAVOLTA e VIOLANTE NETTO, 1989).

Na avaliação aos 12 meses, os valores de V% foram inferiores comparativamente aos 180 dias, variando de 25 e 38 %. Decorrentes dos baixos valores observados para as variáveis K, Mg e CTC do solo, proporcionados, possivelmente, pelas perdas por lixiviação de bases (ANJOS, et al., 2011). Silva et al. (2008), observaram que a saturação por bases diminuiu com o período de tempo, promovidos pela lixiviação de bases.

De 51 a 70% são considerados valores médio para solos, conforme Raij et al. 1997, o ideal seria manter os solos dos pomares nas classes de teores médios, evitando, assim, a deficiência ou excesso pois ambos podem limitar a produtividade e a qualidade dos frutos.

**Figura 23.** Valores de Saturação por bases de amostras de solo (0-20m) tratadas com doses crescentes de Kieserita aos meses e 12 meses após a aplicação.

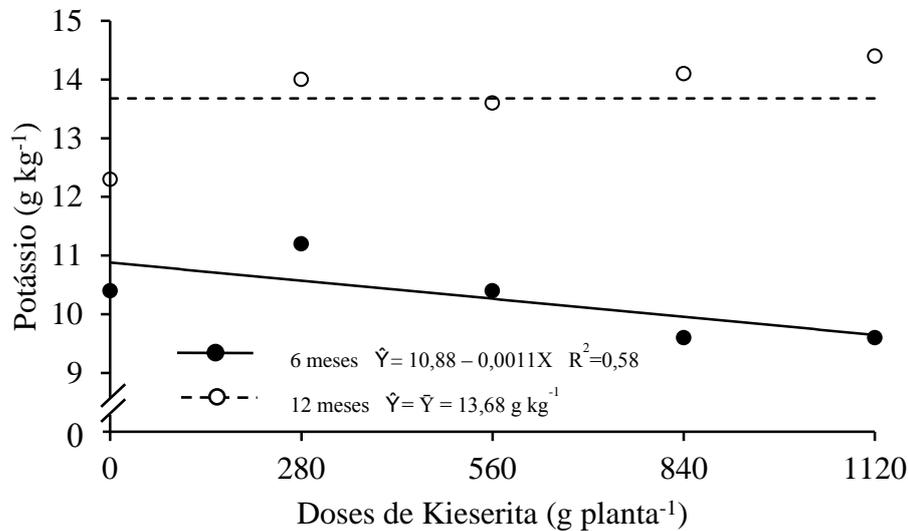


### 5.3 Teor foliar

Para os teores de K nas folhas (Figura 24), verificou-se diminuição dos teores nas folhas, na avaliação aos 6 meses, com o máximo e mínimo valor de 11,2 e 9,6 g kg<sup>-1</sup> obtido com nas doses de 280 e 1120 g planta<sup>-1</sup> respectivamente. Utilizando os resultados de K no solo (Figura 20) e planta (Figura 25), apesar de apresentar teores considerados adequados no solo, não promoveram incrementos no tecido foliar, uma possível justificativa foi o efeito competitivo entre os nutrientes, Ca, Mg e K, pelo mesmo sítio ativo de absorção (QUAGGIO et al., 2011).

Enquanto, na avaliação aos 12 meses não foi verificado diferença estatística nos teores de K da folha pela aplicação de Kieserita, apresentando valor médio de 13,86 g kg<sup>-1</sup>, considerado adequado por Quaggio et al. (2005). Os padrões nutricionais apresentam discrepâncias relacionadas às diferenças das condições edafoclimáticas dos locais de estudo, por exemplo o nível crítico de K nas folhas por Quaggio et al. (2011) foi de 13 g kg<sup>-1</sup>, enquanto Dias et al. (2013), estimaram em 7,0 g kg<sup>-1</sup>, o que demonstra a importância em definir os padrões nutricionais para cada região produtora de citros. Os baixos teores de K nas folhas, o fato do K ser exportado em maior quantidade pelos frutos (BOARETTO et al. 2007).

**Figura 24.** Teores de potássio no tecido vegetal de laranjeiras amostradas aos 6 meses e 12 meses após a aplicação de doses crescentes de Kieserita.

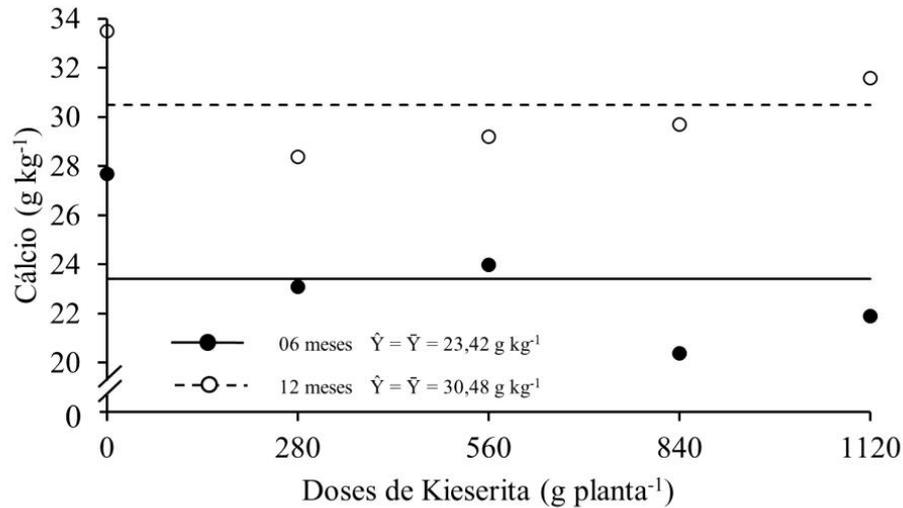


O teor foliar de cálcio (Figura 25), aos 6 meses, não apresentou diferença estatística, com valor médio de  $23,42 \text{ g kg}^{-1}$ , valores inferiores aos considerados adequados para o desenvolvimento do citros (QUAGGIO et al., 2005). Tal resultado pode ser explicada pela característica que o Ca possui como constituinte estrutural do vegetal, participando das funções estruturais na parede celular e na membrana plasmática (SCHULZ et al., 2013), o que se pode observar que o nutriente tenha sido absorvido pela planta, para realização de suas funções.

A avaliação aos 12 meses, mostra que os teores foliares não foi influenciado pelas doses crescentes de kieserita, valores médios de  $27,32 \text{ g kg}^{-1}$ , valores considerados baixos para a cultura do citros por Malavolta et al., (1997), que é de 30 a  $49 \text{ g kg}^{-1}$ . Fidalski e Auler (2008) encontraram teores máximos de Ca em plantas adultas, onde o valor deste nutriente nas folhas foi de 35 -  $38 \text{ g kg}^{-1}$  e teores inferiores a  $3 \text{ g kg}^{-1}$  de Mg.

Conforme Mattos Júnior et al., (2005), a concentração de nutrientes varia consideravelmente entre as diversas partes da planta de citros (folhas, ramos e raízes) e com a idade dos tecidos (jovens, maduros e senescentes) e os teores de Ca aumentam com o envelhecimento das folhas. Agrava-se ainda para baixos teores de Ca nas folhas, e o Ca por ser o elemento de menor mobilidade na planta comparativamente aos demais nutrientes (DUENHAS et al., 2005). A absorção do Ca pelas plantas pode está sendo inibida pelos níveis elevados de Mg, elemento antagônico que competem pelo mesmo sítio de absorção, refletindo nos teores foliares do presente trabalho.

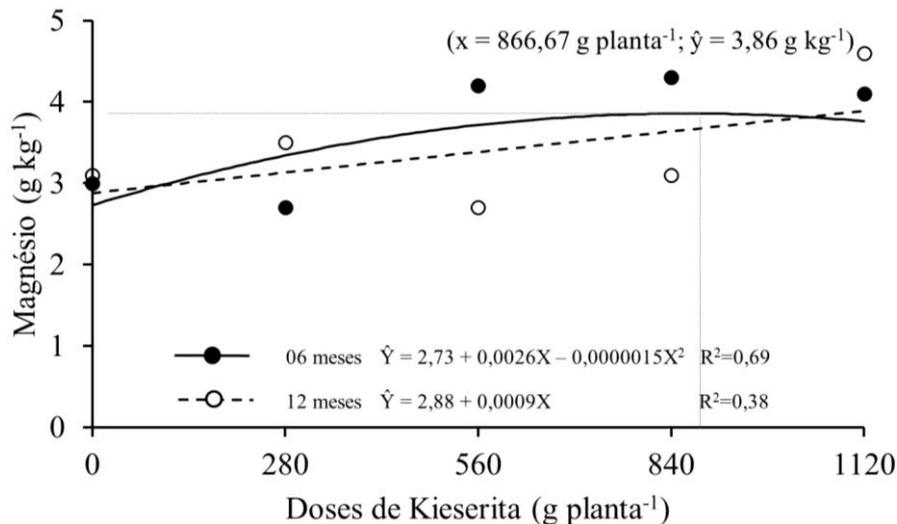
**Figura 25.** Teores de cálcio no tecido vegetal de laranjeiras amostradas aos 6 meses e 12 meses dias após a aplicação de doses crescentes de Kieserita.



A partir das informações da análise foliar aos 6 meses após a aplicação de Kieserita (Figura 26), o teor de magnésio nas folhas de laranjeira Pêra, apresentaram o melhor ajuste da equação quadrática, ao aumento das doses de sulfato de magnésio atingindo a máxima eficiência técnica de  $3,86 \text{ g kg}^{-1}$  obtida na dose de  $866,67 \text{ g planta}^{-1}$  de Mg, valor nas faixas consideradas adequadas por Cravo et al. (2010). O teor de magnésio, na segunda avaliação, aos 12 meses proporcionaram ajuste da regressão linear crescente, com os valores de 2,7 e  $3,5 \text{ g kg}^{-1}$ , dentro da faixa considerada ideal nas folhas  $2,5\text{-}4,0 \text{ g kg}^{-1}$  (QUAGGIO et al., 1996; QUAGGIO et al., 2005; VELOSO et al., 2010), que coincidem com a faixa encontrada neste trabalho. Resultado semelhante em Veloso et al, (2000), estudando citros no Nordeste paraense, observou que os teores médios de Mg em folhas de laranjeira de baixa produção foi  $4,6 \text{ g kg}^{-1}$ .

De acordo com Mattos Júnior et al. (2001), a faixa adequada para o teor foliar de Mg em plantas adultas está compreendida entre  $2,5$  e  $4,0 \text{ g kg}^{-1}$ . Revelando que o magnésio, fornecido ao solo através da adubação, sendo este altamente móvel no floema, pode ser translocado dentro da planta para locais de alta demanda de nutrientes, foi absorvido pela planta, logo refletindo em aumentos nos teores nas folhas conforme o gráfico acima, sendo indispensável para vários processos fisiológicos e bioquímicos, como a fotossíntese, é um elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento da planta (SENBAYRAM et al., 2015).

**Figura 26.** Teores de magnésio no tecido vegetal de laranjeiras amostradas aos 6 e 12 meses após a aplicação de doses crescentes de Kieserita.

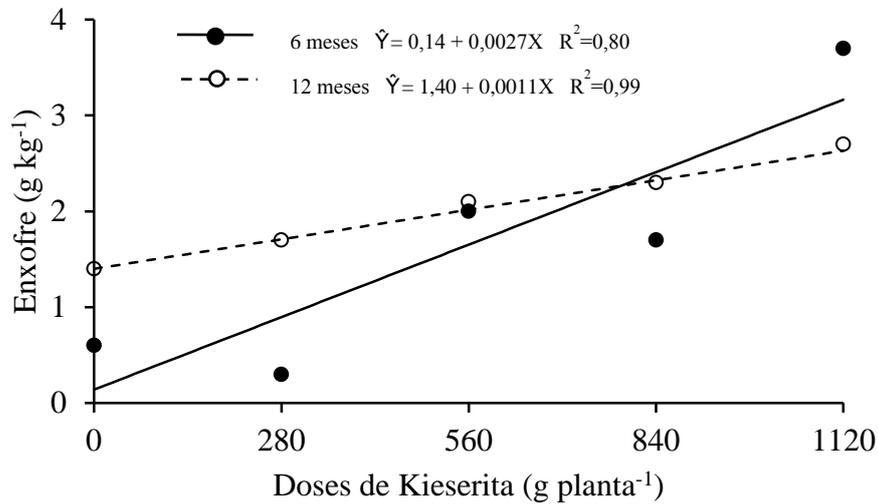


Os resultados da análise foliar (Figura 27) demonstraram que para o teor de S foliar, verificou-se que, independente do período avaliado, proporcionaram ajuste da regressão linear crescente, o enxofre teve um incremento conforme se aumentavam as doses, sendo que aos 6 meses os valores variaram de 0,3 a 3,7 g kg<sup>-1</sup>, enquanto aos 12 meses dias foram de 1,4 a 2,7 kg<sup>-1</sup>. Com o aumento das doses, ocorreu incremento linear do teor de S no tecido e, consequentemente, na quantidade de S exportado pelos frutos.

Os valores obtidos no presente estudo para S aos 12 meses estão próximos a faixa considerados adequados por Veloso et al. (2010), nas quais seriam entre 2 a 3 g kg<sup>-1</sup>. Quaggio et al. (2005) que coincidem com a faixa encontrada neste trabalho. Veloso et al. (2000), corroboram, estudando citros no Nordeste paraense, observou que os teores médios de S no tecido foliar de laranjeira de baixa produção foi de 2,3 g kg<sup>-1</sup>.

De acordo com Dias et al. (2013) Mg e S são exigidos praticamente na mesma ordem de grandeza (1,3 a 5 g/kg<sup>-1</sup>), em plantas nutricionalmente equilibradas. E sua faixa de suficiência nutricional está entre 3,4 - 4 g kg<sup>-1</sup> de Magnésio e 1,7- 2 g kg<sup>-1</sup> de enxofre. Esses valores aumentaram de forma linear, conforme se aumentava as doses da Kieserita, esta por sua vez, apresenta enxofre em sua composição (RIASCOS, 2004), mostrando que a planta absorveu este nutriente importante nas plantas em decorrência de ser constituinte de 2 aminoácidos, que constituem cerca de 90% do total de S na planta sendo necessário na formação de proteínas e clorofila, assim, tem um impacto importante na taxa fotossintética (CRUSCIOL et al. 2006; SFREDO, 2007).

**Figura 27.** Teores de enxofre no tecido vegetal de laranjeiras amostradas aos 6 e 12 meses após a aplicação de doses crescentes de Kieserita.



## 6. CONCLUSÕES

A aplicação de kieserita proporciona melhorias nas qualidades físico-químicos dos frutos exceto para o comprimento e pH, além de influenciar positivamente promovendo aumentos nos atributos químicos do solo (pH, Mg, CTC), no período de 6 meses e P, K, nos períodos de 12 meses.

Os teores foliares de Mg e S aumentam com as doses de kieserita. Por outro lado, os níveis de K e Ca na folha variam conforme as doses aplicadas. As concentrações de Ca no solo não sofrem influência independente do período avaliado.

**REFERÊNCIAS:**

- ALVES, J. D. N.; MOTA F. F. A.; FERRAZ Y.T.; JESUS, R. T. L., OKUMURA, R. S. Evolução da produtividade de laranja e pimenta-do-reino no período de 2000-2012 no Município de Capitão Poço, PA. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p.1068, 2015.
- ANJOS, J.L dos; SOBRAL, L. F.; LIMA JUNIOR, M.A. Efeito da calagem em atributos químicos do solo e na produção da laranjeira. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental**, Campina Grande, V 15, n.11,p. 1138-1142, 2011.
- ARMINDO, ROBSON A.; COELHO, RUBENS D.; TEIXEIRA, MARCONI B. AND RIBEIRO JUNIOR, PAULO J..Spatial variability of leaf nutrient contents in a drip irrigated citrus orchard. **Eng. Agríc.** 2012, vol.32, n.3, pp.479-489.
- AULER, P.A.M.; FIORI- TUTIDA, A.C.G.; TAZIMA, Z.H. Comportamento da laranjeira 'Valência' sobre seis porta- enxertos no noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.229- 234, 2008.
- BOARETTO, R.M.; MATTOS JUNIOR, D.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A. E. Acúmulo de nutrientes e destino do nitrogênio (15N) aplicado em pomar jovem de laranja. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 29: 600-605. 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução normativa n 01, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para suco de fruta. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2000.
- BRON, I.U.; JACOMINO, A.P; APEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Alterações anatômicas e físico-químicas associada ao armazenamento refrigerado de pêssego ' aurora-1' e ' Dourado-2'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 37, n.10, p.1349-1358, 2002.
- CAKMAK, I. Magnesium in crop production, food quality and human health. **Plant Soil**. vol, 368, p. 1-4, 2013.
- CAKMAK, I; KIRKBY, E. A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage **Physiol. Plant.**,vol. 133, 2008 p. 692-704. 2008  
CEAGESP - Centro de Qualidade de Hortigrajeiro. **Ficha da Laranja 'pera'**. São Paulo - SP. 2012.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320 p.
- COELHO, F.S. Fertilidade do solo. 2.ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384 p.

CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, ISMAEL, de J. M.; BRASIL, E.C. **Recomendação de adubação e calagem para o estado do Pará**. 1º ed. rev. atual. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. 262p.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R. P.; SILVA, L. M.; LEMOS, L. B. Aplicação de enxofre em cobertura no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.3, p.459-465, 2006.

DANTAS, J.L.L.; DANTAS, A.C.L.; COELHO, Y.S. **Fruticultura brasileira**: realidade e perspectivas. In: SANTOS-SEREJO, J.A.S.; Dantas, J. L. L.; Sampaio, C. V.; Coelho, Y. da S. Fruticultura Tropical espécies regionais e exóticas. Brasília-DF: Embrapa, p. 17-32. Cap. 1. 2009.

DAWOOD, S.A.; EL-HAMADY, M.M.; EL-SIADA, S.A G.; HAMISSA, A.M. Response of Washington Navel orange trees grown on slightly alkaline clay soils to magnesium rates, methods and number of applications. **Egyptian Journal of Agricultural Research**. (2001) 79(3): 1059-1073.

DIAS, J. R. M.; TUCCI, C. A. F.; WADT, P. G. S.; SILVA, A. M. DA; SANTOS, J. Z. L. Níveis críticos e faixas de suficiência nutricional em laranja-pêra na Amazônia Central obtidas pelo método DRIS. **Acta amazônica**. v. 43(3), p.239 -246, 2013.

DOMINGUES, E. T.; TULMANN NETO, A.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; MATTOS JUNIOR, D.; POMPEU JUNIOR, J.; FIGUEIREDO, J. O. Seleção de variedades de laranja quanto à qualidade do fruto e período de maturação. **Laranja**, Cordeirópolis, v.24, n.2, p.471-470, 2003.

DONADIO, L. C.; FIGUEIREDO, J. O.; PIO, R. M. **Variedades cítricas brasileiras**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 228p.

DUENHAS, H.L.; VILLAS BOAS, R.L. SOUZA, C.M.P.; OLIVEIRA, M.V.A.M.; DALRI, A.B. Produção, qualidade dos frutos e estado nutricional de laranja valência sob fertirrigação e adubação convencional. *Engenharia Agrícola*, 25: 154-160. 2005.

EMATER- EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENÇÃO RURAL DO ESTADO DO PARÁ. 2016, Disponível em: <<http://www.emater.pa.gov.br/destaque/190>> Acesso em: 30 mar. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos; 2013.352p.

ERKAN, M.; PEKMEZCI, M.; WANG, C.Y. Hot water and treatments reduce chilling injury and maintain post-harvest quality of ‘Valencia’ oranges. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.40, p.91-96, 2005.

FARIAS, P. R. S.; SILVA, A. G.; SILVA, J. B.; BRANDÃO, A. D. S. ; SILVA, E. B. M.; JUNIOR, A. L. B. Dinâmica populacional de cochonilha-de-placas em pomares de citros em

sistemas agroflorestal e monocultura. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 55, n. 4, p. 269-276, 2012.

FARIAS, P.R.S.; NOCITI, L. A. S.; BARBOSA, J. C.; PERECIN, DILERMANDO. Agricultura de Precisão: Mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n.2, p. 235-241, 2003.

FERNANDES, A. R.; REIS, I. N. R. S.; NORONHA, N. C.. Estado nutricional de pomares de laranjeira submetidos a diferentes manejos do solo. **Rev. Ci. Agra.**, v.53, n.1, p.52-58, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez., 2011.

FIDALSKI, J.; AULER, P. A. M. Alterações químicas temporais nas faixas de adubação e entrelinhas do pomar, nutrição e produção de laranja após calagem superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 689-696, mar/abr. 2008.

FREITAS, MARTA SIMONE MENDONÇA; MONNERAT, PEDRO HENRIQUE; CARVALHO, ALMY JUNIOR CORDEIRO DE; VASCONCELLOS, MARCOS ANTÔNIO DA SILVA. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro-doce. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 1329-1341, 2011.

GARCÉS, I. M. **Minerales industriales, Todo lo que mires está compuesto de ello**. Universidade de Antofagata. 2010.

GRANSEE A., FÜHRS H. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. **Plant Soil**, vol. 368 p. 5-21, 2013.

HARDTER, R; REX, M.; ORLOVIUS, K. Effects of different Mg fertilizer sources on the magnesium availability in soils. **Nutrient Cycling in Agroecosystems.**, vol.70, p. 249-259. 2004.

HERMANS C, JOHNSON GN, STRASSER RJ, VERBRUGGEN N. Physiological characterisation of magnesium deficiency in sugar beet: acclimation to low magnesium differentially affects photosystems I and II. **Planta**. vol. 220, p.344–355. 2004.

HERMANS, CHRISTIAN; CONN, SIMON J.; CHEN, JIUGENG; XIAO, QIYING; VERBRUGGEN, NATHALIE. An update on magnesium homeostasis mechanisms in plants. **Metallomics**, vol. 5, p.1170-1183. 2013.

HORTIBRASIL. Laranja. Disponível em: <<http://www.hortibrasil.org.br/classificacao/laranja/arquivos/norma.html>>. Acesso em: 30 julho. 2016  
IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físicos-químicos para análise de alimentos**. 4. Ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 1020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de dados**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

JEZEK, M.; GEILFUS, C.M. ; BAYER, A. ; MÜHLING, K.H. Photosynthetic capacity, nutrient status, and growth of maize (*Zea mays* L.) Upon mg so<sub>4</sub> leaf-application. **Front. Plant. Sci.** p.10; vol. 5, 2015.

KARLEY, A.J.; WHITE, P.J. Moving cationic minerals to edible tissues: potassium, magnesium, calcium, **Curr. Opin. Plant Biol.** vol. 12,p. 291–298. 2009.

KHALID, S.; MALIK, A.U.; SALEEM, B.A.; KHAN, A.S.; KHALID, M.S.; AMIN, M. Tree age and canopy position affect rind quality, fruit quality and rind nutrient content of 'Kinnow' mandarin (*Citrus nobilis* Lour x *Citrus deliciosa* Tenore). **Scientia Horticulturae**, v.135, p.137- 144, 2012.

KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J .C.; BILHAVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. Campinas: Livraria e Editora Rural, 2002. 2014p.

KOEHLER-SANTOS, P. et al. Characterization of mandarin citrus germplasm from Southern Brazil by morphological and molecular analyses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.7, p.797-806, 2003.

KOLLER, O. C. **Citricultura: laranja: Tecnologia de produção, pós-colheita, industrialização e comercialização**. Ed: Cinco continentes, 2006, 396p.

KOLLER, O. C.; OLIVEIRA, R. B. L. DE ; NUNES, D. S.; SOGLIO, F. D. ; PANZENHAGEN, N. V.; SARTORI, I. A.; MANTEZE, F. Controle químico do cancro cítrico em plantas jovens sob manejo convencional e orgânico. **Ciência Rural**. v.36, n.4, p.1043-1048, 2006.

KOLLER, O.C. **Citricultura: laranja, limão e tangerina**. Porto Alegre: Rigel, 1994. 446p.  
LANDANIYA, M.S. Citrus fruit: biology, Techonology and evaluation. San Diego: Elsevier Science & Technology, 2008.576p.

LEMONS, L. M. C. ;SIQUEIRA, D. L; SALOMÃO, L. C. C., CECON, P. R.; LEMOS, J. P. Características físico-químicas da laranja- pera em função da posição na copa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 4, p. 1091-1097, 2012.

LOPES, J.M.S ; DÉO, T.F.G ; ANDRADE, B.J.M; GIROTO, M.; FELIPE, A.L.S.; JUNIOR, C.E.I.; BUENO, C.E.M.S.; SILVA, T.F. ; LIMA, F.C.C. Importância Econômica do Citrus no Brasil, **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Número 20, 2011.

MAGUIRE, M.E.; COWAN J.A. Magnesium chemistry and biochemistry, **Biometals**. vol.15 p. 203–210. 2002  
MALAVOLTA , E et al. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo. Ceres, 2006. 2006. 638p.

MALAVOLTA, E.; VIOLANTE NETTO, A. **Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros**. Piracicaba: POTAFÓS, 1989. 153 p.

MARIN, N.; PLAZA, G.; ROJAS, J. Evaluación técnica y económica de alternativas de fertilización y enmiendas en tabaco Virginia (*Nicotiana tabacum*) en la región García Rovira, Santander (Colombia). **Agron. colomb.** [online]., vol.26, n.3, p.505-516. 2008

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**, third ed. Academic Press, London, 2012. 651p.

MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JÚNIOR, J.. **Citros**. Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, SP. 2005, 929p.

MEDINA, C.L.; RENA, A.B.; SIQUEIRA, D.L.; MACHADO, E.C . **Fisiologia dos citros**. In: Mattos Junior D de, De Negri JD, Pio RM, Pompeu Junior J. (Eds). Citros. 2005,p. 149-195.

MORTON , A. R. ; TROLOVE, S.N. ;KERCKHOFFS, L.H.J. Magnesium deficiency in citrus grown in the Gisborne district of New Zealand. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science** vol.36 p. 199-213, 2008

NEUHAUS C.; GEILFUS C.-M.; MÜHLING K.-H. Increasing root and leaf growth and yield in Mg-deficient faba beans (*Vicia faba L.*) by MgSO<sup>4</sup> foliar fertilization. **J. Plant Nutr. Soil Sci.** vol, 177 p.741-747, 2014

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; MILAN, P.; LOPES, F. F.; CRESSONI, F.; KALAKI, R. **O retrato da citricultura brasileira**. Markestrat. FEA/USP ed. Ribeirão Preto - SP, 2011. 136p.

OLIVEIRA JUNIOR, J. P.; CARVALHO, J. G.; MALAVOLTA, E.; PAULA, M. B. ; SOUZA, M. ; GUILHERME, L. R. G. . Diagnose Foliar em Citros. I. Efeito de Cultivares e de Quadrantes Nos Macronutrientes. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 29, n.4, p. 579-585, 1994.

OLIVEIRA, I.P.; OLIVEIRA, L.C.; MOURA, C.S.F.T. Alguns fatores bióticos e abióticos que afetam a qualidade dos produtos da laranja no mercado. **Revista Faculdade Montes Belos**, São Luiz de Montes Belos, v.5, n.4, p.112-136, 2012.

OLIVEIRA, PAULO C. G.; FARIAS, P. R. S.; LIMA, H. V.; ANTONIO R. FERNANDES,; FRANCISCO A. OLIVEIRA ; JAVIER D. PITA. . Variabilidade espacial de propriedades químicas do solo e da produtividade de citros na Amazônia Oriental. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**. 2009, vol.13, n.6, pp.708-715.

OLIVEIRA, R. P. de; SCHRODER, E. C.; SOUZA, E. L. de S.; SCIVITTARO, W. B.; CASTRO, L. A. S. de.; ROCHA, P. S. G. da **Laranjeiras sem acidez**. 1. Ed, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010.v. 1. 24p.

ORLOVIUS, K, AND MCHOUL. J. Effect of two magnesium fertilizers on leaf magnesium concentration, yield, and quality of potato and sugar beet. **Journal of plant nutrition**, vol.38, p. 2044-2054, 2015

PÉREZ, P.J.G., GARCÍA, J., ROBLES, J.M., BOTÍA, P. Economic analysis of navel orange cv. 'Lane Late' grown on two different drought-tolerant rootstocks under deficit irrigation in south eastern Spain. **Agric. Water Manage.** vol. 97, p.157-164. 2010.

PORTELLA, C. R.; MARINHO, C. S. , AMARAL, B. D. , CARVALHO, W. S. G. ; CAMPOS, G. S.; SILVA, M. P. S. ; SOUSA, M. C. Desempenho de cultivares de citros enxertadas sobre o trifoliateiro 'Flying Dragon' e limoeiro 'Cravo' em fase de formação do pomar. **Bragantia**. Campinas. vol.75 n1, p.70-75, 2016.

PRADO, C. H. B. A.; CASALI, C. A. **Fisiologia vegetal**: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral. Barueri: Manole, 2006. 448 p.

PROGRAMA BRASILEIRO PARA MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA. **Normas de classificação de citros de mesa**. São Paulo: CEAGESP, 2011. p.12.

QUAGGIO, J.A.; MATTOS JR., D.; CANTARELLA, H. Manejo da fertilidade do solo na citricultura. In: MATTOS JR., D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JR., J., (Ed.) **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, 2005. p.483-507.

QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R.M. Sources and rates of potassium for sweet orange production. **Scientia Agricola**, v.68, p.369- 375, 2011.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; PIZA Jr., C. de T. Frutíferas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundação IAC, 1996. p.121- 153. (IAC. Boletim técnico, 100).

REIS, I. N. R. S; FERNANDES, A. R.; NORONHA, N. C; VELOSO, C. A.C. Características químicas de solos cultivados com laranjeira sob diferentes níveis de manejo, na microrregião do Guamá(PA). **Revista de Ciências Agrárias** (Belém), v. 50, p. 47-61, 2008.

RIASCOS, R. G, **Propiedades generales de los fertilizantes solidos**. Manual técnico. 4 ed. Monomeros Colombo- Venezolanos, Bogota. 46 p. 2004.

SCHULZ, P.; HERDE, M., E ROMEIS, T. Calcium-dependent protein kinases: hubs in plant stress signaling and development. **Plant physiology**, v.163, n.2, p.523-530. 2013

SECEX/MDIC. Secretaria do Comércio Exterior - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/>>. Acesso em: 30 mar.2016.

SENBAYRAM, M; GRANSEE, A.; WAHLE, V.; THIEL, H .Role of magnesium fertilisers in agriculture: Plant–soil continuum. **Crop and Pasture Science** vol.66, p1219-1229. 2015

SILVA, V. DA; MOTTA, A. C. V. ; MELO V. DE F; LIMA, V. C. Variáveis de acidez em função da mineralogia da fração argila do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.551-559, 2008.

SILVA, D. J.; VENEGAS, V. H. A; RUIZ, H. A. Transporte de enxofre para as raízes de soja em três solos de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1161-1167, 2002.

SILVA, M. A. C. DA; NATALE, W. ; PRADO, R. M.; CORRÊA, M. C. M.; STUCHI, E. S.; ANDRIOLI, I. Aplicação superficial de calcário em pomar de laranja pêra em produção. **Rev. Bras. Frutic.** 2007, vol.29, n.3, pp.606-612.

SILVA, M. L. S.; PICCOLO, M. C.; TREVIZAM, A. R. Gypsum as a source of sulfur for strawberry crops. **Semina : Ciências Agrárias**, , vol.34(4), p1683-1694, 2013

SILVA, S. E. L ; SOUZA, A G. C.; BERNI, R. F.; SOUZA M. G.; SOBRINHO, A. P. C. Comportamento de citros no Amazonas. Manaus: **Embrapa Amazônia Ocidental**, p.28, 2007.

SOARES, L. A. D. A.; BRITO, M. E.B. ; FERNANDES, P. D.; de LIMA, G. S.; FILHO, W. D. S. S.; de OLIVEIRA, E. S. Crescimento de combinações copa-porta-enxerto de citros sob estresse hídrico em casa de vegetação. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, 19(3), 211-217. 2015.

SORREANO, M. C. M.; MALAVOLTA, E; SILVA, D. H.; CABRAL, C. P.; RODRIGUES, R. R.. Deficiência de macronutrientes em mudas de sangra d'água (*Croton urucurana*, Baill.). **Cerne**, Lavras, vol.17(3), p347-352, 2011.

SOUZA, G.S. **Tratado descritivo do Brasil em 1587**. Itatiaia: Belo Horizonte/Rio de Janeiro, 2001. 302p.

SUN, X.; KAY, A.D.; KANG, H.Z.; SMALL, G.E.; LIU, G.F. ; ZHOU, X.; YIN, S.; LIU, C. J. Correlated biogeographic variation of magnesium across trophic levels in a terrestrial food chain, **PLoS ONE** vol, 8, p. 8 2013.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Nutrição Mineral. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.96-101.

TAZIMA, Z.H.; VIEIRA C.S.; NEVES, J.; STENZEL N.M.C.; YADA I.F.U.; LEITE JUNIOR, R.P. Produção e qualidade de frutos de cultivares de laranja- doce no norte do Paraná. **Revista Brasileira Fruticultura**, v.31, p.474- 479, 2009.

TIECHER, T.; RHEINHEIMER, D. S. ; RASCHE A, J.W ; BRUNETTO, G. ; MALLMANN, F. J. K. ; PICCIN, R. Resposta de culturas e disponibilidade de enxofre em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica submetidos à adubação sulfatada. **Bragantia** (São Paulo, SP. impresso), vol, 71, p. 518-527, 2012.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D.; HAVLIN, J.L. **Soil fertility and fertilizers**. 5. ed. New York: MacMillan, Cap.8: Soil and fertilizer sulfúfur, calcium and magnesium. 1993. 634p. p. 266-303.

VELOSO, C.A.C.; BOTELHO, S.M.; RODRIGUES, J.E.L.F. Amostragem e Diagnose Foliar. In: CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, ISMAEL, de J. M.; BRASIL, E.C. **Recomendação de adubação e calagem para o estado do Pará**. 1º ed. rev. atual. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010.p. 49-55

VELOSO, C.A.C.; BOTELHO, S.M.; RODRIGUES, J.E.L.F. Correção da acidez do solo. In: CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, ISMAEL, de J. M.; BRASIL, E.C. **Recomendação de adubação e calagem para o estado do Pará**. 1º ed. rev. atual. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010.p. 93-103

VELOSO, C.A.C.; PEREIRA, W.L.M.; CARVALHO, E. J.M. Diagnose nutricional pela análise foliar de pomares de laranjeiras no Nordeste Paraense. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n.38 p. 47-55, 2002. Disponível em:<<https://periodicos.ufra.edu.br>>. Acesso em:27 abr.2016

VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Physiological and molecular responses to magnesium nutritional imbalance in plants. **Plant and Soil**, vol. 368, ed. 1, p. 87-99. 2013.

VIÉGAS, I. DE J.M; CUNHA, R. L.M. DA; CARVALHO, R. DE A. Avaliação de fontes de magnésio em porta-enxertos de seringueira. Boletim de pesquisa, nº 7, EMBRAPA-UEPAE. Belém, 1989. 12p

WADT, P.G.S.; WADT, L.H.O. Movimentação de cátions em amostras de um Latossolo Vermelho- Amarelo incubadas com duas fontes de cálcio. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.4, p.1.157- 1.164, 1999. Suplemento.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets: iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. **New Phytologist**, Hoboken, vol. 182, p. 49-84, 2009.

WILLIAMS, L.; SAL, D.E. The plant ionome coming into focus.**Current Opinoin in Plant Biology** . vol.12, p. 247–249, 2009.

YANG, G.H.; YANG, L.T.; JIANG, H.X.; LI, Y.; WANG, P.; CHEN, L.S. Physiological impacts of magnesium-deficiency in Citrus seedlings: photosynthesis, antioxidant system and carbohydrates. **Trees- Struct Funct.**, vol. 26, p.1237-1250, 2012.