

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA – ICET
QUÍMICA INDUSTRIAL

DAYANE KARINE PAVÃO NEVES

DETERMINAÇÃO DE FÓSFORO NO SOLO POR
ESPECTROFOTOMETRIA NO UV-VIS

ITACOATIARA – AM

2019

DAYANE KARINE PAVÃO NEVES

DETERMINAÇÃO DE FÓSFORO NO SOLO POR
ESPECTROFOTOMETRIA NO UV-VIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para aprovação na disciplina de TCC sob a orientação da Prof^a. Dr^a. Margarida Carmo de Souza

ORIENTADORA: Prof^a. Dr^a. MARGARIDA CARMO DE SOUZA

CO-ORIENTADORA: Dr^a. MARIA DO ROSÁRIO LOBATO RODRIGUES

ITACOATIARA – AM

2019

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

N518d Neves, Dayane Karine Pavão
Determinação do fósforo no solo por espectrofotometria no UV-vis
/ Dayane Karine Pavão Neves. 2019
34 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Margarida Carmo de Souza
Coorientadora: Maria do Rosário Lobato Rodrigues
TCC de Graduação (Química Industrial) - Universidade Federal
do Amazonas.

1. fósforo. 2. latossolo . 3. argissolo. 4. argila. I. Souza, Margarida
Carmo de II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

*Dedico a Deus, que sempre está comigo.
Aos meus pais, Amadeu e Albanita. Meus
irmãos, Taynara, Jaqueline, Lucas, Ícaro e
Silvana, com amor e carinho.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças para suportar a distância da família durante toda a graduação, e por ter me abençoado todos os dias, principalmente nesses últimos meses, que foram os mais difíceis.

Agradeço ao meu querido pai, Amadeu Neves, que sempre me incentivou a estudar, e que por meio de seu exemplo me ensinou sobre o esforço e trabalho.

Agradeço a minha querida mãe, Albanita Pavão, pelo apoio e por sempre querer meu bem, e me ensinar sobre humildade e generosidade;

Agradeço aos meus queridos irmãos Taynara, Jaqueline, Lucas, Ícaro e Silvana pelo apoio e incentivo dados durante a graduação e pelas horas de descontração que por muitas vezes trouxeram paz ao meu coração nos momentos de estresse.

Agradeço a minha tia Cira, pelas palavras de incentivo e por inúmeras vezes ter me recebido em sua casa durante os recessos da faculdade.

Agradeço aos demais familiares, amigos e colegas em geral que torceram por mim e apoiaram de alguma forma.

Sou eternamente grata a Prof^a. Dr^a. Margarida Carmo de Souza por todo apoio, suporte, orientação dados nesta reta final, por ter aceitado me orientar e ter me ajudado tão pacientemente nessas últimas semanas, e ainda disponibilizado seu pouco tempo nas correções deste trabalho.

Agradeço a Pesquisadora Dr^a. Maria do Rosário Lobato Rodrigues pela confiança, orientação dada no pouco tempo que lhe coube e pelo suporte com informações e materiais fornecidos pela Embrapa para a realização deste trabalho, e aos membros do LASP que colaboraram de alguma forma, em especial aos técnicos Michele e Emanuel.

Por fim, manifesto a minha gratidão a todos aqueles que passaram pela minha vida e contribuíram de forma direta ou indireta para que este sonho se tornasse possível.

RESUMO

O estado do Amazonas, assim como toda região norte, possui grande poder de produção agrícola. Entretanto, a baixa fertilidade dos solos deste lugar não contribui para o desenvolvimento saudável e de qualidade de culturas desenvolvidas no Estado. Neste sentido, a deficiência de nutrientes, principalmente de macronutrientes, como o fósforo, tem sido motivo de pesquisa para avaliar as interações químicas que ocorrem no sistema solo-planta. O P é um mineral muito importante que participa de vários processos no crescimento de diversas culturas, não sendo possível sua substituição por nenhum outro nutriente. Assim, o presente trabalho teve como objetivo determinar o teor de P disponível em duas classes de solos predominantes no Amazonas, Latossolo e Argissolo. As amostras foram submetidas à secagem, destorroamento e peneiramento para obtenção da TFSA. Em seguida, as amostras passaram pelo processo de extração com solução de Mehlich-1 durante 24 h. Posteriormente, foi adicionada ao extrato, solução ácida de molibdato de amônio e ácido ascórbico em pó para determinação espectrofotométrica do fósforo disponível. Obtiveram-se quatro concentrações com variações entre as amostras, as quais foram correlacionadas aos teores de argila obtidos por análise granulométrica. Os resultados obtidos neste estudo apresentaram baixa concentração de P disponível nos dois tipos de solos analisados, confirmando a baixa disponibilidade deste nutriente em solos característicos do Amazonas, como verificado por outros autores.

Palavras-Chaves: Macronutrientes, Latossolo, Argissolo.

ABSTRACT

The state of Amazonas, as well as the whole northern region, has great power of agricultural production. However, the low soil fertility of this place does not contribute to the healthy and quality development of crops grown in the state. In this sense, nutrient deficiency, mainly macronutrients, such as phosphorus, has been a research subject to evaluate the chemical interactions that occur in the soil-plant system. P is a very important mineral that participates in various processes in the growth of various cultures, and it is not possible to replace it with any other nutrient. Thus, the present work aimed to determine the available P content in two predominant soils classes in the Amazon, Oxisol and Argisol. The samples were submitted to drying, destroying and sieving to obtain the TFSA. Then the samples were extracted with Mehlich-1 solution for 24 h. Subsequently, ammonium molybdate acid solution and ascorbic acid powder were added to the extract for spectrophotometric determination of available phosphorus. Four concentrations with variations between samples were obtained, which were correlated to the clay contents obtained by particle size analysis. The results obtained in this study showed low available P concentration in both types of soil analyzed, confirming the low availability of this nutrient in characteristic Amazonian soils, as verified by other authors.

Keywords: Macronutrients, Latosol, Argisol.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Perfil do solo.....	11
Figura 2 - Espectro eletromagnético com destaque para o espectro Ultravioleta e visível	16
Figura 3 - Esquema de um espectrofotômetro simplificado.....	17
Figura 4 - Processo de preparo da TFSA: (a) secagem; (b) destorroamento; (c) peneiramento (d) TFSA.....	20
Figura 5 – Extrato após sedimentação.....	20
Figura 6 - Espectrofotômetro UV-Vis	21
Figura 7 - Tabela com o tempo de sedimentação para análise granulométrica.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Teor de fósforo de acordo com o tipo de solo e sua profundidade	23
Tabela 2 – Teor de argila e classificação textural das amostras	24
Tabela 3 – Teor de P em função do teor de argila	25
Tabela 4 - Teor de P e argila deste trabalho e teores de referência para avaliação da fertilidade do solo.....	26

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

LASP – Laboratório de Análises Químicas de Solos e Plantas

TFSA – Terra Fina Seca ao Ar

UV-VIS – Ultravioleta e Visível

UFAM – Universidade Federal do Amazonas

ICET – Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1. O solo.....	11
2.2. Nutrientes presentes no solo	12
2.3. Formas de fósforo (P) no solo.....	14
2.4. Determinação de Fósforo.....	14
2.5. Espectrofotometria no Ultravioleta-Visível (UV-Vis)	15
3. OBJETIVOS	18
3.1 Objetivo geral	18
3.2 Objetivos específicos	18
4. METODOLOGIA.....	19
4.1. Coleta das amostras	19
4.2. Preparo da amostra.....	19
4.3. Preparo dos extratos de solo com Mehlich 1	20
4.3.1. Determinação de Fósforo	20
4.4 Análise granulométrica	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
6. CONCLUSÃO.....	27
7. REFERENCIAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia é uma região tropical bastante complexa que comporta grande biodiversidade. Possui, predominantemente, solos de baixa fertilidade natural e deve sua sobrevivência, à sua alta diversidade vegetal, a qual é composta por espécies nativas habituadas ao clima quente e úmido do local. No entanto, muitas espécies teriam demanda por nutrientes minerais (LUIZÃO, 2007), sendo o fósforo (P), em geral, um dos mais requeridos pelas culturas.

O P é um importante mineral absorvido pelos diversos cultivos cultivados no país, componente vital no processo metabólico, na transferência de energia, respiração e fotossíntese, participando ativamente do crescimento e desenvolvimento dos vegetais (GRANT et al., 2001). É comumente encontrado na natureza sob a forma de fosfato, proveniente principalmente da intemperização do mineral apatita, ocorrendo como íon ortofosfato (PO_4)³⁻, sua forma mais estável. Ressalta-se ainda que sua principal aplicação seja na agricultura, sob a forma de adubo (INSTITUTO DE POTASSA & FOSFATO, 1998).

Todavia, a insuficiência deste elemento (P) em regiões tropicais, como o norte, especificamente o Estado do Amazonas é uma realidade (MAIA; VASCONCELOS; CARVALHO, 2015). Os solos do Amazonas possuem alto grau de intemperismo, elevada acidez e baixa fertilidade natural, o que são características típicas de solos tipo Latossólico e Argissólico, predominantes no Estado (MAIA; MARMOS, 2010; MANZATTO; FREITAS JUNIOR; PERES, 2002). Assim, a mineralogia peculiar e o ambiente geoquímico característico deste local, favorecem a baixa disponibilidade deste nutriente (MENDES; REIS JUNIOR, 2003).

De acordo com Raij (1981, 2011) e Holanda et al. (1995), a carência de fósforo está relacionada à sua baixa mobilidade e alta taxa de retenção por componentes existentes no solo, tais como argilas, óxidos de ferro e alumínio. Sendo que, o P interage com esses constituintes do solo (partículas e íons) formando compostos de baixa solubilidade pelo processo de fixação, fazendo com que o mesmo seja o macronutriente mais requerido.

Nos últimos anos, o P tem sido alvo de diversas pesquisas (VALLADARES; PEREIRA; DOS ANJOS, 2003; FALCÃO; SILVA, 2004), tendo como objetivo entender as interações deste elemento existente no sistema solo-solução/solo-planta, já que este tem sido um dos fatores limitantes na produção agrícola. Para isso, são realizadas análises químicas do

solo, a qual tem como princípio básico a determinação e quantificação do teor de nutriente, sendo este quantificado por espectrofotometria (PREZOTTI; M., 2013).

A espectrofotometria é uma técnica analítica amplamente utilizada na química, aplicada à determinação dos mais diversos compostos orgânicos e inorgânicos (VINADÉ, M.; VINADÉ, E., 2005). Baseada na Lei de Beer estabelece uma relação entre a absorvância e concentração, onde basicamente a concentração de íons ou moléculas absorventes presentes em solução é proporcional à quantidade de luz absorvida (SKOOG et al., 2006).

Portanto, o presente estudo teve como objetivo determinar o P disponível em dois tipos de solos predominantes no Amazonas, o Latossolo e Argissolo, devido à deficiência deste elemento nos solos do Estado.

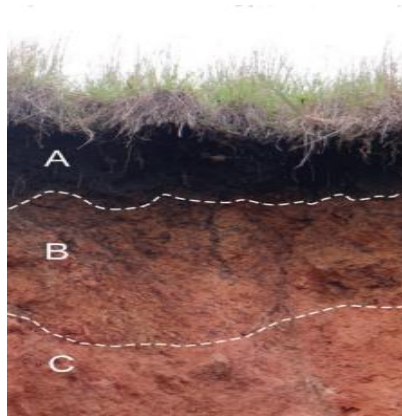
2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O solo

O solo é um recurso natural constituído de minerais (dissolvidos na fase líquida), matéria orgânica, gases, micro-organismos e é o meio pelo qual ocorrem as reações de transferência no sistema solo-planta, como explanado por vários autores (POLIDORO et al., 2016; TASSINARI et al., 2017; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

No Brasil há uma diversidade de tipos de solos (MANZATTO; FREITAS JUNIOR; PERES, 2002) que são classificados e avaliados de acordo com cortes verticais do solo, chamados de perfil. Na **Figura 1** é possível verificar que cada perfil possui camadas (característica de cada solo), que são chamadas de horizontes e identificadas por letras, A, B, C e etc. O horizonte A possui teor elevado de matéria orgânica e por esse motivo tem a característica de ser mais escuro. Já o horizonte B apresenta cores, como amarelo e vermelho, devido à presença de óxidos de ferro e Al. O horizonte C é mais novo que os demais, devido à camada mineral parcialmente alterada (TASSINARI et al., 2017).

Figura 1- Perfil do solo



FONTE: Tassinari et al. (2017)

De acordo com Santos et al. (2018) os solos são classificados em treze classes distintas: Argissolo, Cambissolo, Chernossolo, Espodossolo, Gleissolo, Latossolo, Luvisolo, Neossolo, Nitossolo, Organossolo, Planossolo, Plintossolo, Vertissolo.

Em cada região existe variabilidade de tipos de solos, que influenciam diretamente no potencial agrícola do local (MANZATTO; FREITAS JUNIOR; PERES, 2002). Na região norte, especificamente no estado do Amazonas, predominam-se dois tipos de solo: Argissolos e Latossolos. Os Argissolos compreendem praticamente 45% da área do estado e são caracterizados por apresentarem translocação de argila, tendo o horizonte A, mais arenoso e o

horizonte B mais argiloso, nítida separação entre horizontes quanto à cor, estrutura e textura. Em geral, possuem relativa fertilidade, sendo muitas vezes predominantemente baixas. Os Latossolos são solos considerados evoluídos, com textura argilosa ou muito argilosa, não-hidromórficos, profundos (normalmente superiores a 2 m), apresentando camadas ou horizontes B muito espesso (> 50 cm) com horizontes A, B e C pouco diferenciados (EMBRAPA, 2019). Este tipo de solo representa cerca de 26 % da área do estado do Amazonas e apresenta avançado grau de intemperismo, sendo destituídos > 4% de macronutrientes, possuindo grande predominância de Alumínio (Al) e acidez elevada (MANZATTO; FREITAS JUNIOR; PERES, 2002; MAIA; MARMOS, 2010; SANTOS et al., 2018).

Os solos desempenham diversas funções, a mais importante é na área agrícola, através do fornecimento de alimento, madeira, fibras, energia, etc. (TASSINARI et al., 2017). Uns dos componentes fundamentais do solo, além da matéria orgânica, são os nutrientes minerais. Esses elementos químicos estão presentes nos solos, nas plantas, nos fertilizantes e em diversos resíduos utilizados na agricultura e são de suma importância para o desempenho do sistema agrícola de produção (RAIJ, 2011).

2.2. Nutrientes presentes no solo

As diversas culturas desenvolvidas no país necessitam de 17 elementos químicos para sua nutrição. São chamados, assim, “nutrientes”, pois participam de várias funções no sistema solo-planta (TASSINARI et al., 2017).

O **Quadro 1** apresenta a classificação dos nutrientes segundo a sua importância de absorção por parte das plantas. Dentre esses, 14 elementos são fornecidos principalmente pelo solo e classificados de acordo com sua absorção por parte das plantas em macronutrientes (primário e secundário) e micronutrientes. Os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) recebem essa classificação por serem requeridos em maiores proporções pelas culturas. E os micronutrientes, conhecidos como elementos traço, B, Zn, Cu, Fe, Mo, Cl, Mn e Ni, são exigidos em menores quantidades (INSTITUTO DE POTASSA & FOSFATO, 1998; RAIJ, 2011).

Esses nutrientes exercem diversas funções nas plantas, o nitrogênio, por exemplo, participa da síntese da clorofila envolvida na fotossíntese e é componente importante de vitaminas e do sistema enzimático das plantas, sendo que sua deficiência pode causar o amarelamento das folhas. O potássio, que é também um dos macronutrientes, tem sua

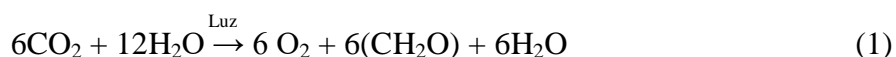
principal função ligada ao metabolismo das plantas. É essencial na síntese protéica, no controle da perda de água, tem a capacidade de aumentar a área foliar e teor de clorofila, participando da decomposição de carboidratos e entre outras funções. O micronutriente Cloro, absorvido pelas plantas na forma de íon Cl^- , é um cofator essencial no processo da fotossíntese para a quebra da molécula de água (INSTITUTO DE POTASSA & FOSFATO, 1998; VIECELLI, 2017).

Quadro 1 - Classificação dos nutrientes essenciais às plantas

Classificação				
Macronutrientes		Símbolo	Micronutrientes	Símbolo
Não minerais	Carbono	C	Boro	B
	Hidrogênio	H	Cloro	Cl
	Oxigênio	O	Cobre	Cu
Mineral Primário	Nitrogênio	N	Ferro	Fe
	Fósforo	P	Manganês	Mn
	Potássio	K	Molibdênio	Mo
Mineral Secundário	Cálcio	Ca	Níquel	Ni
	Magnésio	Mg	Zinco	Zn
	Enxofre	S		

FONTE: Adaptado de RAIJ (2011)

O Hidrogênio (H), Carbono (C) e Oxigênio (O) são nutrientes não minerais obtidos pelo processo de fotossíntese (**Equação 1**) realizado pelas plantas. Por serem considerados componentes básicos de moléculas, provenientes do ar e da água, não são incluídos no estudo de adubação (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; RAIJ, 2011).



Os nutrientes minerais (anteriormente citados) são absorvidos pelas culturas, principalmente, por meio da solução do solo, fase que contém os elementos disponíveis. Esse termo “disponível” é usado para referir-se a um nutriente presente no solo que está apto a ser absorvido por determinada cultura. Neste sentido, a disponibilidade de nutrientes é um fator importante, pois nem sempre esses nutrientes estarão presentes no solo ou solução do solo na forma disponível (RAIJ, 2011).

2.3. Formas de fósforo (P) no solo

O fósforo presente no solo é principalmente derivado da apatita [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$], mineral que faz parte do grupo dos fosfatos e principal constituinte de rochas fosfáticas. Quando este mineral se desintegra pelo processo de intemperização, forma variações de compostos de P, sendo importante fonte deste no solo. O fósforo na sua forma elementar é bastante reativo. Por isso, não é encontrado na sua forma livre na natureza, somente em combinações químicas com outros elementos (Ca, Al, Fe e outros) e é principalmente absorvido como íon ortofosfato primário (H_2PO_4^-) (INSTITUTO DE POTASSA & FOSFATO, 1998).

No solo, o P está presente na fase sólida e na fase líquida, tanto em formas orgânicas quanto inorgânicas. Podendo está adsorvido ou complexado com os oxihidróxidos de Fe e Al, e com a matéria orgânica, ou ainda livre na solução do solo (PAVINATO; ROSOLEM, 2008). Essas combinações entre esses elementos muitas vezes transformam o P em formas fixadas no solo, tornando-o indisponível (INSTITUTO DE POTASSA & FOSFATO, 1998).

Assim, a disponibilidade deste nutriente (P) é descrita pelo seu grau de labilidade no solo, a qual está relacionada à sua instabilidade. Onde, estará presente na sua forma lábil, quando o mesmo fizer parte da solução do solo ou estiver fracamente adsorvido por seus constituintes. Por outro lado, se estiver adsorvido com maior força pelas argilas e oxihidróxidos de Fe e Al, as formas não-lábeis estarão presentes em maior proporção no solo (PAVINATO; ROSOLEM, 2008).

Em solos tropicais, o P encontra-se na solução em concentrações muito baixas, um dos fatores que limitam o crescimento e desenvolvimento de culturas comerciais. Por conta dessa baixa concentração no solo, este estará menos disponível para ser absorvido pelas culturas (PAVINATO; ROSOLEM, 2008).

O fósforo tem sua principal atuação no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese e nenhum outro nutriente pode ser capaz de substituí-lo (GRANT et al., 2001; INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATO, 1998).

2.4. Determinação de Fósforo

Para estimar a disponibilidade de nutrientes são utilizados métodos que se baseiam na correlação entre a quantidade do nutriente extraído do solo e a quantidade do nutriente absorvido pelas plantas. Assim, o teor de fósforo no solo pode ser determinado com o uso de

extratores químicos que simulam a ação das raízes. Os extratores mais comumente utilizados em análise de solo são o Mehlich 1 e a Resina trocadora de íons (PREZOTTI; M., 2013; SOBRAL, et al., 2015).

O extrator Mehlich 1, conhecido como duplo-ácida ou Carolina do Norte, é constituído de uma mistura de ácidos fortes diluídos, ácido clorídrico (HCl) com o ácido sulfúrico (H₂SO₄), o qual é normalmente empregado na extração de P, e se baseia na solubilização desse elemento pelo efeito de pH, em torno de 2 e 3 (SILVA, 2009). Esse extrator tem apresentado boa correlação com a absorção de fósforo pelas plantas (TEDESCO et al., 1995). No entanto, para solos argilosos, a capacidade de extração do P é menor, devido ao alto poder de adsorção da argila (SOBRAL et al., 2015). Apesar desse fato, o extrator Mehlich 1 é o mais utilizado no Brasil, pela sua simplicidade de análise (PREZOTTI; M., 2013).

A capacidade de extração do P é dependente do teor de argila, quanto maior a quantidade de argila na amostra, menor será a capacidade de extração (por parte do extrator), ocasionando em valores menores de concentração. Por isso, para adequada interpretação dos dados é realizada a análise granulométrica do solo, a qual fornece informações a respeito do teor da argila (PREZOTTI; M., 2013).

A determinação da concentração de P (extraído com Mehlich 1) é baseada na reação entre os íons ortofosfato (PO₄³⁻) e molibdato (MoO₄²⁻) em solução ácida, formando o heteropoliácido 12-molibdofosfórico (**Equação 2**). O complexo formado, fosfato molibdênio hexavalente incolor é reduzido pelo ácido ascórbico a uma forma pentavalente, azul de molibdênio em meio ácido (**Equação 3**). A intensidade da cor gerada será proporcional à concentração de íons fosfato presentes nas amostras, o qual é quantificado por espectrofotometria na região Ultravioleta/visível (UV-Vis) no comprimento de onda de 660 nm (SANTOS; SILVA; GRIEBELER, 2014).



2.5. Espectrofotometria no Ultravioleta-Visível (UV-Vis)

A Espectrofotometria é uma técnica analítica instrumental, aplicada em determinações analíticas de compostos orgânicos e inorgânicos (VINADÉ, M.; VINADÉ, E., 2005). É fundamentada pela Lei de Lambert-Beer (**Equação 4**), a qual estabelece uma relação entre a absorvância e sua concentração, quando por esta atravessa-se uma fonte de luz (SKOOG et

al., 2006), sendo a base matemática nas medidas de absorção de radiação em amostras no estado sólido, líquido ou gasoso (ROCHA; TEIXEIRA, 2004).

$$A = \log (P_0/P) = abc \quad (4)$$

Onde:

A = absorvância

P_0 = Potência radiante incidente

P = Potência radiante transmitida

a = absortividade

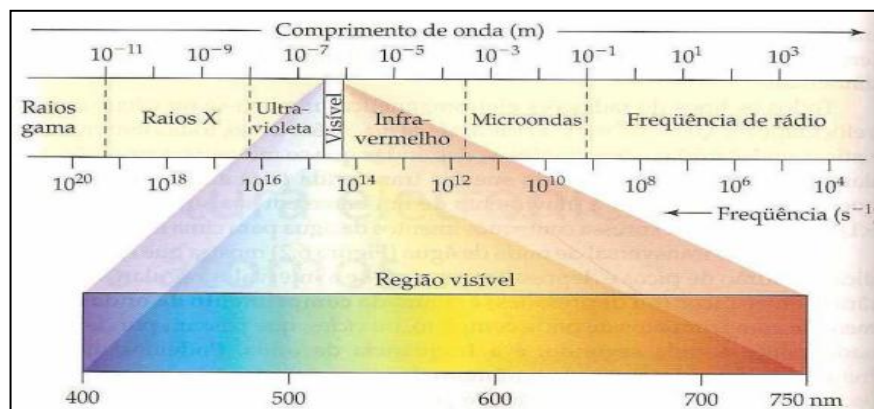
b = caminho óptico

c = concentração

Portanto, de acordo com esta Lei, a absorvância é diretamente proporcional à concentração de uma espécie absorvente c e ao caminho óptico b do meio absorvente, onde a é denominado de absortividade (SKOOG et al., 2006).

A região ultravioleta do espectro eletromagnético é geralmente verificada na faixa de 200 a 400 nm, e a região do visível entre 400 a 750 nm, como mostra a **Figura 2**. A absorção da radiação nessa região depende dos íons absorventes, pois cada espécie química possui sua absorção característica (BROWN; LEMAY; BURSTEN, 2005; VINADÉ, M.; VINADÉ, E., 2005).

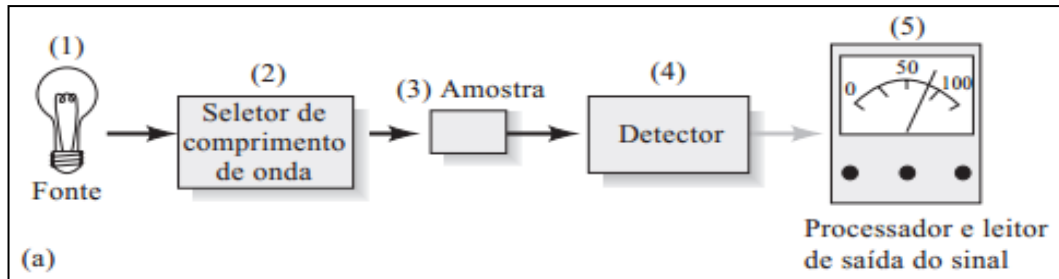
Figura 2 - Espectro eletromagnético com destaque para o espectro Ultravioleta e visível



FONTE: Brown; Lemay; Bursten (2005)

Os instrumentos capazes de medir dados de absorvância ou transmitância em função do comprimento de onda são chamados de Espectrofotômetros (**Figura 3**).

Figura 3 - Esquema de um espectrofotômetro simplificado



FONTE: Skoog et al. (2006)

Esses instrumentos contêm basicamente 5 componentes: (1) uma fonte de radiação; (2) um monocromador (seletor de comprimento de onda que isola uma região limitada do espectro para a medida); (3) um recipiente para a amostra (cubeta); (4) um detector de radiação, o qual converte a energia radiante para um sinal elétrico mensurável; e (5) uma unidade de processamento e leitura de sinal (geralmente constituída de um circuito eletrônico) (SKOOG et al., 2006).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Determinar o teor de P disponível no solo pelo método espectrofotométrico na região do Ultravioleta e visível (UV-vis).

3.2 Objetivos específicos

- ✓ Extrair o P disponível nas amostras de solo (tipo Latossolo e Argissolo) por Melich 1;
- ✓ Determinar por Espectrofotometria o teor de P disponível;
- ✓ Obter o teor de argila nas amostras de solo tipo Latossolo e Argissolo;
- ✓ Correlacionar os teores de P e argila.

4. METODOLOGIA

O estudo foi conduzido no Laboratório de Análise Química de Solos e Plantas (LASP), da Embrapa Amazônia Ocidental, localizada na Rodovia AM10, km 30, Município de Manaus – AM. Para a realização do estudo foram utilizadas duas classes de solos predominantes na Amazônia: Latossolo e Argissolo.

A temperatura média anual da região é em torno de 25,5°C, umidade relativa média de 80% e precipitação média anual de aproximadamente 3.218,1 mm, conforme dados do Laboratório de Agroclimatologia da Embrapa Amazônia Ocidental (2018).

4.1. Coleta das amostras

As amostras de solo tipo Latossolo foram coletadas em área de mata nativa, na sede da Embrapa Amazônia Ocidental, localizada na Rodovia AM 0-10, Km 29, Município de Manaus – AM, coordenadas geográficas 03° 08' 48" de latitude sul e a 60° 11' 06" de longitude a oeste de Greenwich e altitude de 100 m.

O Argissolo foi coletado em área de capoeira do Campo Experimental do Caldeirão, localizado no km 13 da Rodovia AM-240, no Município de Iranduba - AM, nas coordenadas 03° 15' 13" de latitude sul e a 60° 13' 36" de longitude a oeste e altitude de 51 m com área de 2,0 Km de capoeira.

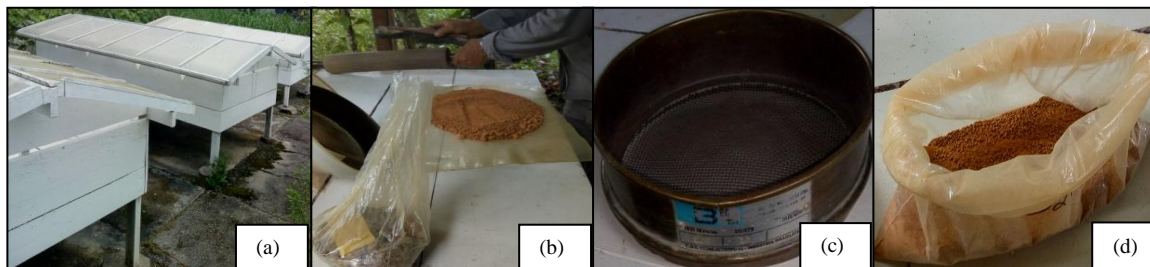
Para ambos os solos (Latossolo e Argissolo) foram coletadas 15 amostras simples na profundidade de 0 – 20 cm e de 20 – 40 cm, em sentido de zig-zag, para a formação de uma amostra composta, segundo procedimentos recomendados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) para o estudo de solos no Brasil. No total, obteve-se 4 amostras compostas que foram armazenadas para posterior análise.

4.2. Preparo da amostra

A metodologia utilizada para todo o processo de determinação do P está de acordo com Teixeira et al. (2017).

As amostras foram protocoladas no LASP e acomodadas em bandejas de isopor para secagem ao ar, em secador solar. Posteriormente, destorroadas com rolo de madeira e passadas em peneira de 20 cm de diâmetro e malha de 2 mm, para obtenção da Terra Fina Seca ao Ar – TFSA, como mostrado na **Figura 4**. Depois, foram levadas ao laboratório para a análise química.

Figura 4 - Processo de preparo da TFSA: (a) secagem; (b) destorroamento; (c) peneiramento (d) TFSA



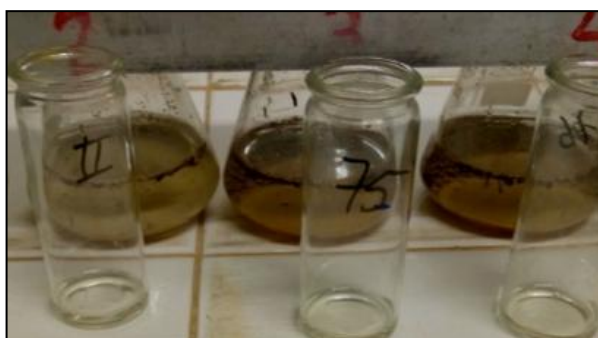
FONTE: A autora (2019)

4.3. Preparo dos extratos de solo com Mehlich 1

Usando um cachimbo foram transferidos $5,0 \text{ cm}^3$ de cada amostra de TFSA para erlenmeyers de 125 ml. Em seguida, adicionou-se 50 ml de solução extratora (43,0 ml de HCl 0,05 mol/L + 6,9 mL de H_2SO_4 0,0125 mol/L), que fora agitada durante 5 minutos, em agitador horizontal circular. Após agitação, deixou-se o extrato em processo de sedimentação por 24 h.

Após o processo de sedimentação (**Figura 5**), utilizou-se a solução sobrenadante na determinação de fósforo. O procedimento foi realizado em triplicata para as 4 amostras.

Figura 5 – Extrato após sedimentação



FONTE: A autora (2019)

4.3.1. Determinação de Fósforo

A amostra foi preparada pela mistura de 5 mL de extrato com 10 mL da solução ácida de molibdato de amônio diluído e aproximadamente 30 mg de ácido ascórbico em pó. Deixou-se desenvolver a cor por uma hora. Em seguida, efetuou-se a leitura no Espectrofotômetro de UV-VIS (**Figura 6**), modelo Genesys 10Sb, da marca Thermo Scientific de fluxo contínuo, no comprimento de onda de 660 nm.

Figura 6 - Espectrofotômetro UV-Vis



FONTE: A autora (2019)

4.4 Análise granulométrica

Os dados das análises granulométricas foram fornecidos pela Embrapa. A metodologia da análise granulométrica está de acordo com Almeida et al. (2012).

Na análise granulométrica foram utilizadas 4 amostras de solo. Para cada amostra, após processo de secagem e destorroamento, pesou-se 20 g de TFSA em erlenmeyer de 250 mL. Adicionou-se 10 ml de solução de NaOH (1 mol/L) a fim de desagregar o solo. Posteriormente, acrescentou-se água até o volume 150 mL. Fez-se também a prova em branco somente com os reagentes sem o analito. Foram colocados para agitação no agitador de Wagner por no mínimo 16 h.

Decorrido o tempo mínimo, retiraram-se as amostras de solo do agitador e iniciou-se o processo de lavagem, onde o conteúdo dos erlenmeyer foi passado através da peneira de malha de 0,149 mm e 0,053, respectivamente, colocada sobre um funil apoiado em um suporte, tendo logo abaixo uma proveta de 1L. Lavou-se o material retido na peneira com água (proveniente de uma mangueira adaptada, de modo a obter pressão uniforme e uma lavagem eficiente). Completou-se com o auxílio de uma pisseta o volume da proveta.

Em seguida, os materiais contidos nas peneiras (areias grossa e areia fina) foram transferidos para uma bandeja, lavando-se com água. Esperou-se decantar e descartou-se o sobrenadante, transferindo os sólidos decantados para cadinhos, que em sequência foram deixados em estufa para secagem das amostras a uma temperatura de 105 ° C por 24 h.

O material contido na proveta 1000 mL (suspensão) foi agitado durante 20 s, com o auxílio de um bastão, tendo este na sua extremidade inferior, uma tampa de borracha contendo vários furos e de diâmetro um pouco menor do que a proveta. Após agitação aferiu-se a temperatura e aguardou-se o tempo de sedimentação conforme a **Figura 7**. Decorrido o tempo em repouso, retirou-se de todas as provetas um volume de 10 ml com auxílio da pipeta

graduada e transferiu-se para cadinhos enumerados. Em seguida, levaram-se os cadinhos para estufa até sua total secagem a uma temperatura de 105 ° C por 24 h. Retirado os cadinhos da estufa, foram posteriormente pesados em balança analítica para obtenção da massa dos sólidos a fim de classificar a textura do solo.

Figura 7 - Tabela com o tempo de sedimentação para análise granulométrica

Temperatura	Tempo de sedimentação	
	Horas	Minutos
°C		
15	4	23
16	4	16
17	4	10
18	4	4
19	3	58
20	3	52
21	3	46
22	3	41
23	3	36
24	3	31
25	3	26
26	3	21
27	3	17
28	3	13
29	3	9
30	3	5

FONTE: Almeida et al. (2012)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta pesquisa foram avaliados as concentrações de 4 amostras compostas em dois tipos de solos, Latossolo e Argissolo. Os resultados obtidos das determinações de fósforo nas duas classes de solos em profundidades diferentes (0-20 e 20-40 cm), empregando o método Mehlich 1, estão apresentados na **Tabela 1**.

Tabela 1 - Teor de fósforo de acordo com o tipo de solo e sua profundidade

Solo/Profundidade	Teor de P (mg/L) - Melich-1
Latossolo 0-20 cm	1,00
Latossolo 20-40 cm	0,99
Argissolo 0-20 cm	2,04
Argissolo 20-40 cm	1,03

FONTE: A autora (2019)

Como pode ser observado na **Tabela 1**, os teores de P variaram de 1 mg/L a 2,10 mg/L, apresentando sutil diferença entre as amostras. Os baixos teores de fósforo obtidos a partir da determinação espectrofotométrica confirmam a baixa disponibilidade deste elemento nos solos da Amazônia, conforme apontado por vários autores (Sanchez et al., 1982; Malavolta, 1987; Raij, 1991; Rodrigues et al., 1997).

Comparativamente o Latossolo apresentou teores de P mais baixos que o Argissolo, como pode ser visto na **Tabela 1**. É interessante observar que não houve mudanças nos teores de P disponível entre as camadas superficial (0 – 20 cm) e mais profunda (20 – 40 cm) do Latossolo, sendo essa uma característica desse tipo de solo mineral, não-hidromórfico, que apresenta horizontes A, B e C pouco diferenciados. Já o Argissolo apresentou teores de P mais elevados na camada superficial (0-20 cm), esse resultado pode ser mais bem justificado através da comparação dos teores de P em função do teor de argila.

A **Tabela 2** mostra os resultados da análise granulométrica do Latossolo e do Argissolo utilizados para apoiar a interpretação dos valores referentes à concentração do fósforo. Esses dados foram fornecidos pelo setor de análise física de solos da Embrapa.

Tabela 2 – Teor de argila e classificação textural das amostras

Identificação das amostras	Argila <0,002 mm (g/kg)	Classificação textural do solo
Latossolo 0-20 cm	657,00	Muito argiloso
Latossolo 20-40 cm	657,50	Muito argiloso
Argissolo 0-20 cm	351,50	Argilo arenoso
Argissolo 20-40 cm	409,50	Argilo arenoso

FONTE: A autora (2019)

Verificou-se que o Latossolo possui textura muito argilosa, apresentando o mesmo teor de argila de 657 g/kg nas duas profundidades amostradas. Os Latossolos em geral apresentam essa característica de serem mais argilosos, tendo o poder de adsorver o P, juntamente com outros constituintes do solo, tornando-o indisponível, não sendo possível sua extração por parte do extrator Mehlich-1, como observado nos resultados e revisão bibliográfica deste trabalho. Por outro lado, a classificação textural do Argissolo foi argilo arenoso e o teor de argila variou da camada superficial (horizonte A) de 351,50 g/kg para a camada mais profunda (horizonte B) de 409,50 g/kg. Essa variação é comumente observada nos Argissolos, que apresentam como característica o horizonte B textural com teor mais elevado de argila, pois estes solos formam uma classe bastante heterogênea que, em geral, tem em comum um aumento substancial no teor de argila, variando a partir da superfície de arenosa para a mais profunda de argilosa (Santos et al., 2006), como observados nos resultados apresentados neste trabalho.

Ao comparar os resultados dos teores de P disponíveis apresentados na **Tabela 1** com os teores de argila mostrados na **Tabela 2**, observa-se que o comportamento dos teores de fósforo no Argissolo, em função da profundidade decresceu de forma inversamente proporcional ao teor de argila obtido pela análise granulométrica. Quimicamente, o baixo teor de P em solos argilosos se dá em função da retenção do nutriente P por adsorção, tendo em vista que as argilas possuem elevada área superficial, o que lhes permite interagir com diversas outras substâncias (BRANCO, 2014). Além disso, observou-se que no Latossolo, tanto o teor de P como o de argila não variaram da camada superficial para a mais profunda, corroborando mais uma vez com a característica desse solo em apresentar horizontes pouco diferenciados.

Para auxiliar o agricultor com informações a respeito da fertilidade do solo, são utilizadas tabelas de fertilidade, que contém entre outras informações, o teor de P disponível, que relacionado aos demais nutrientes irão caracterizar o grau de fertilidade do solo. Além disso, o uso dessas tabelas tem a finalidade de correlacionar os teores de nutrientes necessários para um cultivo específico. Por exemplo, o desenvolvimento de culturas como arroz, laranja, banana, abacaxi, mandioca, entre outras não, necessariamente necessitam de solos com as mesmas características químicas. Isto é, um solo pode ser fértil para determinado tipo de cultura e infértil para outra.

As tabelas com as classes de interpretação dos resultados variam entre as regiões ou Estados de acordo com o método de extração utilizado. Como não existem tabelas de fertilidade para o Amazonas, desde que o método de análise seja o mesmo, as interpretações podem ser baseadas em tabelas de outros Estados, tais como, Pernambuco, São Paulo, Minas Gerais e entre outros (LUZ; FERREIRA; BEZERRA, 2002), para a avaliação da fertilidade (PREZOTTI; M., 2013). Neste trabalho utilizaremos a **Tabela 3** (SOBRAL et al, 2015) que estabelece as faixas de interpretação do teor de P no solo em função do teor de argila para avaliação da fertilidade.

De acordo com Sobral et al. (2015) a concentração de P pode variar em função do teor de argila em baixa, média e adequada, como pode ser visto na **Tabela 3**.

Tabela 3 – Teor de P em função do teor de argila

Argila g/kg	Classe textural	Classes de teores de P no solo		
		Baixo	Médio	Adequado
		mg/dm ³		
< 150	Arenosa	0 – 10	10,1 - 20	> 20
150 – 350	Média	0 – 7	7,1 – 15	> 15
> 350 - < 600	Argilosa	0 – 4	4,1 - 8	> 8

FONTE: Sobral et al. (2015)

Na **Tabela 4**, são mostrados os teores de P, argila e valores de referência de acordo Sobral et al. (2015).

Tabela 4 - Teor de P e argila deste trabalho e teores de referência para avaliação da fertilidade do solo

Solo/Profundidade	Teor de P (mg/L)	Teor de Argila (g/kg)	Valores de Referência para o teor de argila	Valores de Referência para o Teor de P adequado
Latossolo 0-20 cm	1,0	657,00	> 350 - < 600	> 8 mg/L
Latossolo 20-40 cm	0,99	657,50		
Argissolo 0-20 cm	2,04	351,50		
Argissolo 20-40 cm	1,03	409,50		

Teores de argila > 350 e < 600 g/kg demonstram textura argilosa e o teor adequado de P para esta faixa de concentração de argila deve ser > 8 mg/L para classificar o solo como fértil em relação a esse nutriente. Portanto, de acordo com os resultados apresentados na **Tabela 4** quando comparados com os valores de referência apresentados na **Tabela 3**, pode-se concluir que os solos analisados, apresentam baixa fertilidade em relação ao teor de P disponível (< 4 mg/L).

6. CONCLUSÃO

Verificou-se que os teores de P disponível obtidos por Mehlich-1 apresentaram baixas concentrações, variando de 1 mg/L a 2,10 mg/L entre as amostras. E que esses teores estão correlacionados com o teor de argila.

Os baixos teores de fósforo obtidos por espectrofotometria confirmaram a baixa disponibilidade deste nutriente nos solos Amazônicos. Verificou-se que os perfis do Latossolo e Argissolo são determinantes no comportamento dos teores de P obtidos. No Argissolo o P disponível, em função da profundidade, decresceu de forma inversamente proporcional ao teor de argila. Diferentemente do Latossolo, que tanto o teor de P como o de argila não variaram da camada superficial para a mais profunda.

Com relação à fertilidade do solo, os resultados demonstraram que os solos analisados (Latosolo e Argissolo) apresentam baixa fertilidade em relação ao teor de P disponível (< 4 mg/L).

Dessa forma, o presente trabalho contribui com informações úteis ao agricultor sobre a disponibilidade do P e com futuras pesquisas sobre a dinâmica deste nutriente no solo relacionado ao tipo de extrator usado, como Mehlich-1.

7. REFERENCIAS

- ALMEIDA, B. G. et al. Padronização de métodos para análise granulométrica no Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012. 11 p. (Comunicado Técnico, 66). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/950832/1/ComTec66AnaliseGranulometrica.pdf>>. Acesso em: 24 de março de 2019.
- BRANCO, P. de M. Minerais argilosos. Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2014. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas--Rede-Ametista/Canal-Escola/Minerais-Argilosos-1255.html>>. Acesso em: 23 de março de 2019.
- BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. Química: a ciência central. 9ª ed. Prentice-Hall, 2005.
- EMBRAPA. Agência de Informação Embrapa: Bioma Cerrado. 2019. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html>. Acesso em: 24 de março de 2019.
- FALCÃO, N. P. de S.; SILVA, J. R. A. da. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. Acta Amazônia, scielo, v. 34, p. 337-342, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scieloOrg/php/articleXML.php?lang=en&pid=S0044-59672004000300001>>. Acesso em: 24 de março de 2019.
- GRANT, C. A. et al. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 95, 2001. Disponível em: <<http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/B70BBB24C44D200283257AA30063CAA6/%24FILE/Jornal%2095.pdf>>. Acesso em: 24 de março de 2019.
- HOLANDA, J. S. de et al. Eficiência de extratores de fósforo para um solo tratado com fertilizantes fosfatados e cultivados em arroz. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 52, n. 3, p. 561-568, 1995. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161995000300025&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 23 de março de 2019.
- INSTITUTO DE POTASSA & FOSFATO. Manual internacional de fertilidade do solo. 2. ed. rev. e ampl. Piracicaba, SP: POTAFOS, 1998, 177 p. Disponível em: <[http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/40A703B979D0330383257FA80066C007/\\$FILE/Manual%20Internacional%20de%20Fertilidade%20do%20Solo.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/40A703B979D0330383257FA80066C007/$FILE/Manual%20Internacional%20de%20Fertilidade%20do%20Solo.pdf)>. Acesso em: 23 de março de 2019.
- LUIZÃO, F. J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. Cienc. Cult., São Paulo, v. 59, n. 3, p. 31-36, 2007. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252007000300014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 23 de março de 2019.
- LUZ, M. J. da S.; FERREIRA, G. B.; BEZERRA, J. R. C. Adubação e correção do solo: procedimentos a serem adotados em função dos resultados da análise do solo. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002. 31 p. (Circular Técnica, 63). Disponível em:

<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPA/19595/1/CIRTEC63.pdf>>. Acesso em: 23 de março de 2019.

MAIA, M. A. M.; MARMOS, J. L. (Org.). Geodiversidade do estado do Amazonas. Manaus: CPRM, 2010. 275 p. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/16624>>. Acesso em: 23 de março de 2019.

MAIA, R. da S.; VASCONCELOS, S. S.; CARVALHO, C. J. R de. Frações de fósforo e simbiose micorrízica em floresta secundária em resposta a disponibilidade de água e nutrientes na Amazônia oriental. *Acta Amaz.*, Manaus, v.45, n.3, p. 255-264, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672015000300255&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 23 de março de 2019.

MALAVOLTA, E. Fertilidade dos solos da Amazônia. In: VIEIRA, L.S. & SANTOS, P.C.T. eds. *Amazônia; seus solos e outros recursos naturais*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1987. p. 374-416.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. de A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e Aplicações*. 2 ed. rev. e atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J. R. R. (Ed.). *Uso agrícola dos solos brasileiros*. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2002. 174 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPS-2009-09/11063/1/uso_agricola_solos_brasileiros.pdf>. Acesso em: 23 de março de 2019.

MENDES, I. de C.; REIS JUNIOR, F. B. dos. *Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 26 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 85). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/568171>>. Acesso em: 23 de março de 2019.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes o solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/5650>>. Acesso em: 23 de março de 2019.

POLIDORO, J. C. et al. *Programa Nacional de Solos do Brasil (PonaSolos)*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2016. 53 p. (Embrapa Solos. Documentos, 183). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/156792/1/Doc-183-Programa-Nacional-de-Solos-do-Brasil.pdf>>. Acesso em: 23 de março de 2019.

PREZOTTI, L. C.; M., A. G. *Guia de interpretação de análise de solo e foliar*. Vitória, ES: Incaper, 2013. Disponível em: <<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/40/1/Guia-interpretacao-analise-solo.pdf>>. Acesso em: 23 de março de 2019.

RAIJ, B. V. *Avaliação da fertilidade do solo*. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142 p.

RAIJ, B. V. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba: Agronômica Ceres/ POTAFOS, 1991. 343 p.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

ROCHA, F. R. P.; TEIXEIRA, L. S. G. Estratégias para o aumento de sensibilidade em espectrofotometria UV-VIS. *Quím. Nova*, vol. 27, nº 5, 807-812, 2004. Disponível em: <<http://w.scielo.br/pdf/qn/v27n5/a21v27n5.pdf>>. Acesso em: 23 de março de 2019.

RODRIGUES, M.R.L.; MALAVOLTA, E.; CHAILLARD, H. La fumure du palmier à huile en Amazonie centrale brésilienne. *Plantaions, recherche, développement*. v.4, p.392-400, 1997.

SÁNCHEZ, P. A.; BANDY, D. E.; VILACHICA, J. H.; NICHOLAIDES, J. 1. Amazon basin soils: management for continuous crop production. *Science*, v.2016, p.821-1982.

SANTOS, H. G. dos et al. (Ed.). *Sistema Brasileiro de Classificação de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SANTOS, H. G. dos et al. *Sistema Brasileiro de classificação de solos*. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2018. <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>>. Acesso em: 23 de março de 2019.

SANTOS, L. da S.; SILVA, L. S. da; GRIEBELER, G. Ácido ascórbico como agente redutor para a determinação de fósforo por colorimetria. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 44, n. 6, p. 1015-1018, 2014. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/331/33131128010.pdf>>. Acesso em: 23 de março de 2019.

SILVA, F. C. da. (Ed.). *Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes*. 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa informação Tecnologia, 2009. 627 p.

SKOOG, D. A. et al. *Fundamentos de química analítica*. 8ª ed. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

SOBRAL, L. F. et al. *Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p. (Documentos/Embrapa Tabuleiros Costeiros, 206). Disponível em: <www.bdpa.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 23 de março de 2019.

TASSINARI, D. et al. *Solos: Conhecendo a vida dos solos*. v.1. Lavras: Ed. UFLA, 2017. 32 p. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/28099>>. Acesso em: 23 de março de 2019.

TEDESCO, M. J. et al. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2 ed. rev. e ampl. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, 1995. 174 p. (Boletim técnico, 5).

TEIXEIRA et al. (Ed.). *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2017. 574 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/36910948/manual-de-metodos-de-analise-de-solo-e-lancado-em-formato-epub>>. Acesso em: 23 de março de 2019.

VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; DOS ANJOS, L. H. C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. *Bragantia*, scielo, v. 62, p. 111-118, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/brag/v62n1/18507.pdf>>. Acesso em: 23 de março de 2019.

VIECELLI, C. A. (Org.). Guia de deficiências nutricionais em plantas. Toledo, PR: PUCPR Campus Toledo/ Grupo Marista, 2017. 112 p. Disponível em: <<https://www.briolimp.com/def.pdf>>. Acesso em: 23 de março de 2019.

VINADÉ, M. E. do C.; VINADÉ, E. R. do C. Métodos espectroscópicos de análise quantitativa. Santa Maria: Ed. UFSM, 2005. 272 p.