Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.05,2024

ISSN 2178-6925

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO EM LATOSSOLO AMARELO POR IMAGENS DIGITAIS NO MUNICÍPIO DE ITACOATIARA-AM.

DETERMINATION OF PHOSPHORUS CONCENTRATION IN OXISOL YELLOW BY DIGITAL IMAGES IN THE MUNICIPALITY OF ITACOATIARA-AM

Alessandra de Matos Clóvis
Mestre em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos-PPGCTRA
Email: alessandraclovcis34@gmail.com

Mateus Feitosa Santos
Graduando em Farmácia- Universidade Federal do Amazonas
Grupo de Pesquisa em Produtos Naturais
Laboratório de fitoquímica e Semissíntese FITOPHAR-UFAM-FCF
Grupo de Pesquisa em Eletrocatálise e Química Bioinorgânica-UFRJ.
Email: mateusfeitosa035@gmail.com

Eldon Carlos dos Santos Colares
Farmacêutico- Instituto Esperança de Ensino Superior
Responsável Técnico Pharbox- Manaus
Grupo de Pesquisa em Eletrocatálise e Química Bioinorgânica-UFRJ
Email: eldon.colares@hotmail.com

Valdomiro Lacerda Martins
Químico Universidade Federal da Paraíba
Mestrado em Química Paraíba
Doutorado em Química-Universidade Federal de Pernambuco
Email: valdomiro@gmail.com

Resumo:

Este trabalho teve por objetivo quantificar a concentração de fósforo disponível no solo tipo latossolo amarelo por meio de um método colorimétrico baseado em análise de imagens. As imagens dos extratos de solo foram obtidas com uso de scanner comercial e um software gratuito. A determinação do fósforo é baseada 3- 2- na reação entre os íons ortofosfato (PO_4) com o molibdato (MoO_4) em meio fortemente ácido, formando o complexo molibdofosfórico, que é reduzido pelo ácido ascórbico à azul de molibdênio. Após a formação de cor, a absorbância é medida com uso de espectrofotômetro UV/VIS em 660 nm. Simultaneamente os extratos/padrões de fósforo foram transferidos para uma microplaca sobre o scanner, digitalizados e analisados com o programa ImageJ. A norma do vetor é usada como a resposta analítica, a qual se relaciona com a concentração de fósforo (mg/dm^3) que é determinada a partir do modelo linear da curva padrão. As amostras foram coletadas na Vila do Novo Remanso, município de Itacoatiara-AM, nos períodos de inverno e verão da região. A extração de fósforo disponível nos extratos foi realizada com extrator Mehlich 1 na proporção de 1:10. A filtração dos extratos, o estudo de volume de soluções padrão na microplaca e a área das imagens analisadas contribuíram nos resultados finais de análise. Foram observados uma relação entre o tempo de análise dos padrões com a correlação das curvas padrão. Os resultados das concentrações de fósforo nas amostras coletadas no período seco foram superiores às coletadas no período chuvoso, tanto pelo método de referência quanto pelo método proposto. Os valores de LD e LQ foram inferiores por imagens digitais. Após a aplicação do teste t verificou-se que não há diferença significativa entre as duas

ISSN 2178-6925

metodologias para um nível de confiança de 95% (tcalculado= 0,4705 e tcrítico= 2,7764) e os desvios padrão relativos foram inferiores a 3,0%.

Palavras-chave: Imagens Digitais, Scanner, Fósforo no Solo.

Abstract:

The objective of this work was to quantify the concentration of phosphorus available in the yellow latosol - type soil of the pineapple crop by means of a colorimetric method based on image analysis. The images of soil extracts were obtained using commercial scanners and free software. The determination of phosphorus is based on the reaction between orthophosphate ions (PO 3) and mo 2 lybdate (MoO4) in strongly acid medium, forming the molybdophosphoric complex, which is reduced by ascorbic acid to molybdenum blue. After color formation, absorbance is measured using a UV/VIS spectrophotometer at 660 nm. Simultaneously the extracts / phosphorous patterns were transferred to a microplate on the scanner, scanned and analyzed with the ImageJ program. The vector norm is used as the analytical response, which is related to the concentration of phosphorus (mg/dm³) that is determined from the linear model of the standard curve. Samples were collected in the Village of the Remanso New, municipality of Itacoatiara-AM, during the winter and summer periods of the region. Extraction of available phosphorus in the extracts was performed with Melich 1 extractor in the proportion of 1:10. Filtration of extracts, volume study of standard solutions on the microplate and area of the analyzed images contributed to the final analysis results. A relationship between the time of analysis of the patterns and the correlation of the standard curves. The concentrations of phosphorus in the samples collected in the dry period were higher than those collected in the rainy season, both by the reference method and by the proposed method. LD and LQ values were lower by digital images. After application of the T-test it was found that there was no significant difference between the two methodologies for a 95% confidence level (calculated = 0.4705 and t critical = 2.7764) and the relative standard deviations were less than 3.0 %.

Keywords: Digital Image, Scanner, Available Phosphorus.

1. INTRODUÇÃO

A análise química é essencial para avaliar a fertilidade do solo, pois através dos resultados é possível desenvolver um programa de correção e adubação, e assim, poder monitorar e avaliar periodicamente o balanço dos nutrientes no solo (SILVA., 2009).

Esse é o fator mais importante para se obter uma produtividade sustentável na agricultura. A nutrição equilibrada pressupõe boa prática agrícola e assegura que o excesso de nutrientes de um tipo não induza a deficiência de outros, caso do N (nitrogênio) e do P (fósforo) que conduzem à degradação ambiental (MALÉZIEUX & BARTHOLOMEW, 2003).

A exuberância da Amazônia por muitos anos trouxe aos pesquisadores a ilusão de fertilidade, mas sabe-se atualmente que estes solos são pobres em nutrientes (LEPSCH, 2010). Isto está relacionado à alta acidez, baixa capacidade de troca de cátions (CTC), deficiência de N, P K, S, Ca, Mg, B, Cu, Zn, assim como, sua alta capacidade em fixar o fósforo (P) aplicado como fertilizante (COCHRANE & SANCHEZ, 1982).

Apesar de apresentar baixa fertilidade natural, o solo amazônico tem potencial de uso para a agricultura e a pecuária, “face às boas propriedades físicas e ao relevo plano e suave ondulação, o que facilita seu manejo e mecanização” (MAIA & MARMOS, 2010).

Essas limitações tornam os solos desta região exigentes em corretivos, adubos químicos e orgânicos (MAIA & MARMOS, 2010). Tais recomendações geralmente

ISSN 2178-6925

requerem dos produtores despesas a mais com instrumentação, gasto de reagentes ou contratação de pessoal especializado.

O fósforo (P) é um dos elementos essenciais para o solo e para as plantas (MALAVOLTA, 2006). Nas plantas, o baixo suprimento de fósforo diminui a área foliar, reduz o número de folhas e limita sua expansão (RODRIGUEZ et al., 1998). Essa deficiência é mais difícil de diagnosticar que uma deficiência de nitrogênio e potássio, pois as plantações não apresentam sintomas iniciais claros de deficiência tornando tardia sua correção (MALAVOLTA, 2006).

Nos últimos anos, cada vez mais a análise por imagens digitais vem se destacando em uma série de aplicações em diferentes áreas da química (DOMINGUEZ et al., 2015; LIMA et al., 2016; MASAWAT et al., 2015; NETO et al., 2016). Este método pode ser adaptar a diversos aparelhos para obter as imagens digitais (SOUZA et al., 2014; BENEDETTI et al., 2015). E o scanner comercial vem se destacando por ser mais vantajoso nas análises químicas em diversos trabalhos com diferentes amostras (FILHO et al., 2015).

O método por Imagens Digitais é uma ferramenta de baixo custo, a qual fornece valores numéricos que podem ser comparados aos valores de absorbância dados pelo método colorimétrico de referência (BENNEDETTI et al., 2015).

Mediante o que fora exposto, o objetivo deste trabalho foi validar a determinação de fósforo em amostras de solo por imagens digitais. A contribuição é relevante às Ciências Ambientais por meio do desenvolvimento de uma metodologia alternativa voltada à fertilidade do solo na região amazônica.

2. METODOLOGIA

2.1 Local de Estudo

As amostras de solo foram coletadas na Vila do Novo Remanso, na comunidade Sagrado Coração de Jesus no Paraná da Eva, Km 169 da AM-010 nos períodos de inverno e verão da região, nos meses de abril e agosto de 2017.

A coleta foi realizada seguindo o procedimento adotado pela EMBRAPA, onde as amostras para análise foram obtidas a partir de amostras compostas coletadas de 0 a 20 cm de profundidade em ziguezague na área escolhida (MALAVOLTA, 2006; SILVA, 2009).

Em cada área foram coletadas 5 amostras simples para obter 1 amostra composta (SILVA, 2009). Cada amostra simples foi misturada às demais em baldes limpos e isentos de produtos químicos. No total, foram obtidas 4 amostras compostas, 2 coletadas no período de chuvas da região e outras 2 no período de seca. As mesmas foram acondicionadas em sacos plásticos rotulados e armazenados.

Para comparar os resultados, foram enviadas aproximadamente 5 kg de cada amostra para análise no laboratório de Solos DEAS/FCA credenciado pela EMBRAPA na cidade de Manaus.

2.2 Amostras, Reagentes, Soluções e Extratos

2.2.1 Preparo das amostras

Cada amostra identificada foi espalhada sobre uma folha de papel dentro de bandejas de alumínio. Fez-se a limpeza retirando galhos, raízes e folhas e deixou-se secar ao ar livre por 1 hora. Em seguida, foram destorroadas usando um rolo de madeira e passadas em peneira com malha de 2 mm.

ISSN 2178-6925

2.2.2 Preparo das soluções

Foram usadas as seguintes soluções e reagentes necessárias para a análise das amostras:

Solução extratora duplo-ácida (HCl 0,05 M + H2SO4 0,0125 M); Solução ácida de molibdato de amônio (NH4)6Mo7O24) 2% (m/v) (concentrada); Solução ácida de molibdato de amônio (NH4)6MO7O24) (diluída); Solução padrão estoque de fósforo KH2PO4 p.a (50 mg de P/dm3); Ácido ascórbico p.a (C6H8O6).

As soluções padrão de fósforo foram preparadas a partir da solução padrão estoque (50 mg P/dm³) de modo que cada solução apresentasse respectivamente: 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 e 4,0 mg de P/dm³. Cada frasco foi guardado, tampado e identificado com as devidas concentrações.

2.3 Equipamentos e Vidrarias

Para a filtração dos extratos utilizou-se uma bomba a vácuo, marca Solab e o espectrofotômetro marca Bel, modelo LGS 53 com duplo feixe para obtenção das absorbâncias.

Foram utilizadas vidrarias variadas como erlenmeyer (25 mL), beckers (25 e 50 mL), pipetas graduadas e volumétricas (1, 2, 5, 10, 25 e 50 mL), uma microplaca de poliestireno incolor, micropipetas automáticas da marca Kasvi de volumes variáveis, kitassato de 125 mL e funil de Buchner. Foram utilizadas também cubetas de quartzo (10 mm / 4,5 mL), balança analítica marca Shimadzu, modelo AUY 220D.

2.4 Sistema para Aquisição das Imagens Digitais

O sistema de aquisição de dados baseado na captura de imagens digitais utilizado neste trabalho consiste em: sistema era composto por um computador com processador AMD LE 1620 2,4 GHZ, um scanner HP Scanjet G2710, adaptado com uma caixa com dimensões de 3 x 28 x 36 cm. Cada imagem era obtida com 24 bits, resolução de 300 dpi e salvas na extensão JPG. Durante a digitalização, após o posicionamento da microplaca sobre o scanner contendo os padrões ou extratos de solo, a tampa foi colocada para impedir que a luz externa interferisse na análise final das imagens.

2.5 Construção da curva padrão de fósforo

2.5.1 Preparo da curva padrão de fósforo pelo método de referência

Em erlenmeyer de 125 mL pipetou-se 5 mL de cada solução padrão diluída, 10 mL de solução ácida de molibdato de amônio e 30 mg de ácido ascórbico. Agitou-se manualmente por 2 minutos cada solução.

Decorridos aproximadamente 60 minutos para a formação de cor, foi realizada a leitura de cada padrão. O branco foi preparado usando apenas 10 mL de molibdato de amônio diluído e 30 mg de ácido ascórbico p.a. Cada padrão e o branco foram analisados em triplicata.

2.6 Preparo da curva padrão de fósforo pelo método proposto

Antes de se realizar as medidas das absorbâncias, após o desenvolvimento da cor, foram retirados cerca de 350 µL de solução de cada padrão em triplicata e transferidos para cada poço da microplaca.

2.6.1 Preparo dos extratos de solo

Foram pesados 10 g de cada amostra em erlenmeyers de 125 mL, adicionados 100

ISSN 2178-6925

mL de solução de Mehlich 1. Agitou-se cada extrato por 5 min e deixou-se decantar sem tampar por 24h.

2.7 Análise dos extratos de Solo pelo Método de Referência.

2.7.1 Filtração dos extratos

Decorridos 24 horas após o preparo dos extratos de solo foi realizada a filtração. Para isto foram utilizados uma bomba à vácuo, um kitassato de 125 mL, um funil de Buchner e um papel de filtro comercial.

Após ligar a bomba, despejou-se cuidadosamente o líquido em suspensão dos extratos sobre o funil para ser filtrado, descartando o solo precipitado no fundo dos erlenmeyers. Ao final foram obtidos aproximadamente 30 mL de cada extrato e estes foram armazenados em frascos âmbar e identificados.

2.7.2 Extração de fósforo com solução de Mehlich 1

Pipetou-se 5 mL de cada extrato filtrado anteriormente e transferiu-os para erlenmeyers de 125 mL. Em seguida foram adicionados 10 mL de solução ácida de molibdato de amônio diluído e 30 mg de ácido ascórbico.

Esta etapa foi realizada em triplicata. Agitou-se manualmente por dois minutos cada solução preparada e aguardou-se o desenvolvimento da cor por aproximadamente 60 minutos. Efetuou-se a leitura em 660 nm.

2.8 Análise dos extratos de Solo pelo Método Proposto

Como feito com os padrões, da mesma forma após o desenvolvimento da cor, foram retirados cerca de 350 µL de solução de cada extrato em triplicata e transferidos para cada poço da microplaca.

2.8.1 Determinação de pH em água

Para medir a concentração efetiva de íons H+ na solução do solo, por meio de eletrodo combinado, imerso em suspensão solo/água na proporção de 1:2,5, foram pesados 10 g de solo em bécher de 100 mL e adicionados 25 mL de água destilada agitando a mistura com bastão individual e deixou-se em repouso por 1 hora.

Agitou-se novamente com bastão de vidro e mergulhou-se o eletrodo na suspensão homogeneizada e efetuou-se a leitura do pH.

2.9 Software para Tratamento das Imagens

ImageJ é um programa de análise de imagem que foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Saúde. Este software é de domínio público e roda em vários sistemas operacionais, como Windows, Linux e Mac.

A janela principal do ImageJ possui uma barra de menus, uma barra de ferramentas e uma barra de status. Os valores das componentes RGB das imagens capturadas por scanner e tratadas com o programa ImageJ foram transferidos para o Excel para calcular a norma definida por: $Ni=\sqrt{Rm+Gm+Bm}$, onde: Onde Ni é o valor da norma e Rm, Gm e Bm são os valores médios das componentes R, G e B, respectivamente.

2.10. Determinação de Fósforo Disponível

2.10.1. Determinação de fósforo no solo pelo método de referência

A curva analítica foi construída relacionando os valores de absorção do complexo

ISSN 2178-6925

fosfomolibdato de amônio em função das concentrações das soluções padrão de fósforo. As medidas foram realizadas em 660 nm (SILVA, 2009). Após realizadas as medidas de absorbância das amostras, as mesmas foram lançadas na y= x.m.b, onde: onde Y representa os valores de absorbância, x é a concentração do analito e m e b são os coeficientes angulares e linear da reta.

2.10.2. Determinação de fósforo no solo pelo método proposto

A curva analítica por imagens digitais foi construída relacionando os valores da norma em função das concentrações das soluções padrão de fósforo. Isso fornece uma equação semelhante àquela apresentada na equação: y= x.m.b.

O cálculo para obtenção da concentração de fósforo foi realizado com base na equação obtida e na norma das amostras, calculadas de acordo com a equação: Ni=√Rm+Gm+Bm.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Observações Preliminares

3.1.1 Estudo da posição e área da microplaca no scanner

Para verificar a influência da posição da microplaca no scanner em relação aos valores médios das componentes RGB, comparou-se diferentes posições da microplaca sobre o scanner.

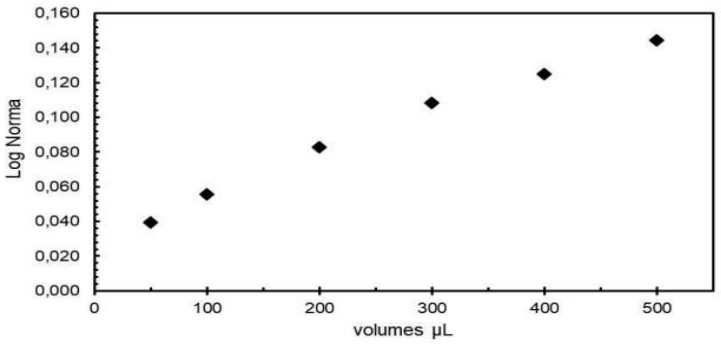
A posição horizontal e centralizada foi a que apresentou menores variações na obtenção desses valores.

3.1.2. Estudo de obtenção das imagens pelo scanner

Durante o escaneamento das alíquotas dos padrões, foram observadas variações no uso de diferentes volumes adicionados aos poços da microplaca.

O gráfico 1 mostra a relação entre o logaritmo da norma e o volume de solução adicionado ao poço da microplaca.

Gráfico 1- Relação entre os volumes adicionados a microplaca e o log da norma dos padrões obtidos com scanner.



Fonte: Os autores.,(2024)

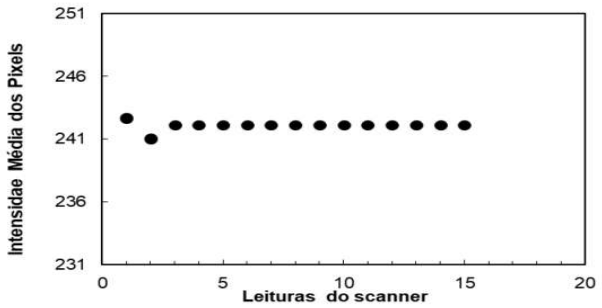
Souza et al. (2014), afirmam que a variação do volume interfere diretamente na resposta analítica obtida e a altura do volume define o comprimento do caminho óptico. Como pode ser observado no gráfico 1, há uma boa correlação quando são adicionadas nos poços da microplaca alíquotas entre 50 µL e 400 µL das soluções padrões.Para alíquotas com 50 µL, por não ser o volume suficiente para preencher

ISSN 2178-6925

totalmente o poço da microplaca, a resposta analítica sofreu interferência na leitura da região sem amostra. Com volumes de 400 µL, provocou a formação de menisco que refletiu dentro do poço quando a imagem foi digitalizada. Para volumes acima de 400 µL, o excesso de brilho relacionado ao preenchimento incompleto do poço e a formação de uma calota esférica resultaram em variações nas componentes R, G e B.

Dessa forma, foi testado e adotado o volume 350 µL, pois obtinha-se imagens mais nítidas e o excesso de brilho foi amenizado, podendo-se realizar a seleção da área sem observar variações nos valores de média ou moda de cada canal R, G e B. No teste de reprodutibilidade das imagens foi avaliada a estabilidade com base na sequência de leituras consecutivas (resolução de 300 dpi), conforme mostrado no gráfico 2 Foi observado que as duas primeiras leituras apresentaram valores diferentes nas componentes RGB.

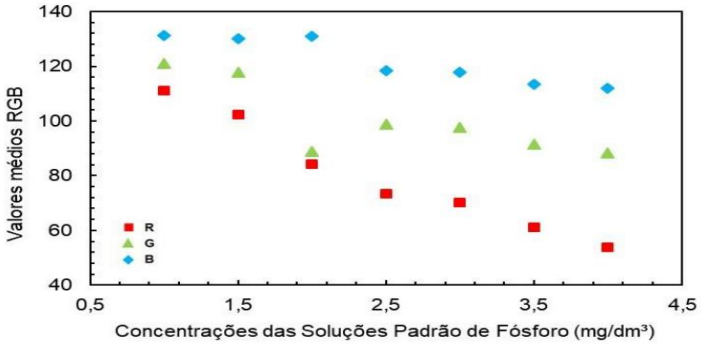
Gráfico 2- Informações colorimétricas obtidas durante leituras consecutivas do scanner



Fonte: Os autores.,(2024)

O gráfico 3 apresenta os valores médios individuais de cada componente R, G e B correspondentes às imagens digitais capturadas para as soluções de calibração de fósforo.

Gráfico 3- Valores médios individuais das componentes R, G e B das imagens digitais capturadas para as soluções de calibração



Fonte: Os autores.,(2024)

Embora se observe no gráfico 3 uma maior predominância da componente R (red) em relação às demais e esta responde linearmente em quase todas a faixa de trabalho, o uso somente desta componente pode levar à curvas analíticas não-lineares, assim como valores subestimados para a concentração do analito nas amostras. Diante

ISSN 2178-6925

disto, os valores da norma foram adotados como resposta analítica, determinados a partir dos valores médios das três componentes (R, G e B) (LYRA et al., 2009).

3.1.3 Curvas de calibração e o tempo de análise

As curvas analíticas foram construídas baseadas nos valores do logaritmo da norma das componentes RGB em função da concentração das soluções do padrão de fósforo para imagens e por espectrofotometria, registrando-se os valores de absorbância em função da concentração.

Durante a obtenção das curvas de calibração observou-se que a intensidade de coloração azul aumentava com o passar do tempo após a adição do redutor (SANTOS et al., 2014). Sendo assim, foram realizadas medidas de absorbância e obtenção das imagens dos padrões após a mudança de cor em intervalos de 30, 60 e após 60 minutos para ambos os métodos. Foram observadas oscilações nas leituras de absorbância, nos valores das componentes R, G e B, consequentemente nas concentrações de fósforo das amostras. Isso se deve a instabilidade de cor causada pela heterogeneidade dos extratos (SANTOS et al.,2014).

3.2 Análise de resíduos

A análise do gráfico dos resíduos permite detectar problemas no ajuste da curva, como desvios da linearidade (RIBEIRO et al.,2008).

Os resíduos gerados apresentaram erros com distribuição uniforme aleatória ao longo da faixa de concentração das soluções padrões de fósforo tanto pelo método de referência quanto pelo método proposto. Pode-se observar que não há problemas na falta de ajustes na etapa de calibração para os métodos supracitados.

3.3 Análise do pH

A concentração de P foi maior nas amostras coletadas no período seco em relação ao período chuvoso. Esta diferença está relacionada ao processo de erosão laminar que carrega os nutrientes sobre a superfície do solo e ao processo de lixiviação, que lavam o solo no sentido vertical (ALCARDE et al.,1998).

Para minimizar a variação nos resultados, o ideal seria que a coleta fosse realizada em 2 ou 3 meses antes do plantio, no início da estação seca, após o último parcelamento de adubação (MANICA, 1999; MALAVOLTA, 2006; SILVA, 2009). Para ambos os métodos foram observados que a partir da concentração de 4mg/dm³ as curvas apresentaram um leve decaimento, se afastando da linearidade.

3.3.1 Análise estatística

Foi aplicado teste t emparelhado ao conjunto de dados obtidos das concentrações de fósforo por ambos os métodos para um nível de confiança de 95%. Verificou-se que não existe diferença significativa, entre as duas metodologias para o nível de confiança considerado ($p<0,05$), ($t_{calculado} = 0,4705$ e $t_{crítico} = 2,7764$). Os desvios padrão relativos aos resultados obtidos pela metodologia proposta foram inferiores a 3,0%.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos de volumes dos padrões de fósforo adicionados à microplaca, área da imagem analisada e tempo de análise, contribuíram para superar as dificuldades experimentais causadas pela heterogeneidade dos extratos (SOARES et al., 2012). Foram observados que se obtinha menores desvios padrões quando se mantinha o

ISSN 2178-6925

volume constante, área de seleção da imagem e quando a filtração dos extratos era realizada.

Por meio dos valores dos coeficientes de correlação (r) obtidos para as curvas por EAM e DIB, observa-se boa linearidade por ambos os métodos na faixa de concentração em estudo. Os resultados obtidos ao se aplicar o teste t emparelhado demonstraram que o método proposto pode ser utilizado para determinação de fósforo no solo, que aliado ao o uso de scanner oferece a vantagem de se obter resultados com uma única imagem, diferentes de outros aparelhos como a webcam e câmera de celular.

É um método simples e econômico, por utilizar equipamentos de baixo custo e baixo consumo de reagentes pelo uso de microplaca com 96 micropoços (máximo de 400 µL cada poço), podendo ser aplicada em análise de rotina na agricultura.

Dessa forma, espera-se que este trabalho contribua com estudos que viabilizem o uso do método por imagens digitais em análise de solo, auxiliando os pequenos agricultores da região

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEAM (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas) pelo apoio financeiro por meio do seguinte edital: 003/2020 – PAINTER (processo nº 062.00877/2020).

6. REFERÊNCIAS

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. **Os adubos e a eficiência das adubações.** 3ª ed. (Boletim Técnico 3). São Paulo. ANDA. 1998.

BENEDETTI, L. P. DOS S. et al. A digital image analysis method for quantification of sulfite in beverages. **Anal. Methods**, v. 7, n. 18, p. 7568- 7573, 2015.

COCHRANE, T.T.; SANCHEZ, P.A. **Land resources, soils properties and their management in the Amazon region: A state of knowledge report.** In: HECHT, S.B., ed. Amazon land use research. Cali, CIAT, 1982. 70p.

DOMINGUEZ, M. A.; CENTURIÓN, M. E. Application of digital images to determine color in honey samples from Argentina. **Microchemical Journal**, v. 118, p. 110–114, 2015.

FILHO, JULIANO PASSARETTI; PETRUCI, JOÃO FLÁVIO DA SILVEIRA; CARDOSO, ARNALDO ALVES. Development of a simple method for determination of NO2 in airusing digital scanner images. **Talanta**, v. 140, p. 73–80, 2015.

GAIÃO, E. N.; MARTINS, V. L.; LYRA, W. S.; ALMEIDA, L. F.; SILVA, E. C.; ARAÚJO, M. C. U. **Digital image-based titrations. Anal. Chim. Acta 570** (2006), 283-290.

LEPSCH, Igo. F. **Formação e conservação dos solos.** 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216p.

LIMA, R. A. C. et al. **Digital movie-based on automatic titrations.** Talanta, v. 147, p. 226–232, 2016.

LYRA, W. S. et al. **Digital image-based flame emission spectrometry. Talanta**, v. 77; p. 1584, 2009.

MASAWAT, P.; HARFIELD, A.; NAMWONG, A. **An iPhone-based digital image colorimeter for detecting tetracycline in milk.** FOOD CHEMISTRY, v. 184, p. 23–29, 2015.

MAIA, M.A.; MARMOS, J.L(ORG). **Geodiversidade do estado do Amazonas. Manaus.** CPRM, 2010. 275 p.

MALAVOLTA, Eurípedes. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: CERES, 2006. 638p.

MALÉZIEUX, E.BARTHOLOMEW, D.P. Plant Nutrition. In: Bartholomew, D.P.; Paul, R.E., Rohrbach, K.G. **The Pineapple - Botany, Production and Uses.** Honolulu: CABI Publishing. 2003. cap. 7, p.143-165.

NETO, G. F. S.; FONSECA, A.; BRAGA, J.W. B. **Classificação De Águas Minerais Baseada Em Imagens Digitais Obtidas Por Smartphones.** Química Nova, v. 39, n. 7, p. 876–881, 2016.

RIBEIRO, F.A.L.; FERREIRA, M.M.C.; MORANO, S.C.; SILVA, L.R. SCHNEIDER, R.P. **Planilha de validação: Uma nova ferramenta para estimar figuras de mérito na validação de métodos analíticos univariados.** Química Nova, 1:164-171, 2008.

SANTOS, LÊNIO DA SILVA; SILVA, LEANDRO SOUZA; GRIEBELER, GUSTAVO. **Ácido ascórbico como agente redutor para determinação de fósforo por colorimetria. Ciência Rural,** Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, v.44, n.6, p.1015-1018, jun, 2014.

SILVA, FÁBIO CESAR. **Manual de análise químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 2. Ed. rev. ampl. EMBRAPA. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SOUZA, FABRÍCIO RIBEIRO de, et al. **Avaliação de dispositivos de captura de imagens digitais para detecção colorimétrica em microzonas impressas.** Quim. Nova v. 37, n. 7, p. 1171-1176, 2014