



USO DO APLICATIVO PHOTOMETRIX® PARA DETERMINAÇÃO DE FOSFATO EM FERTILIZANTES: UM RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE QUÍMICA ANALÍTICA

**Darlina Mello Souza/ Universidade Federal de Santa Maria/
darliana.ms@gmail.com**

**Vanessa Ramos do Nascimento/ Universidade Federal de Santa Maria /
vanessa.nascimento12@hotmail.com**

**Vanessa Klein/ Universidade Federal de Santa Maria/
vanessaklein7@gmail.com**

**Cassiano Vasconcelos dos Santos / Universidade Federal de Santa Maria/
cassianovs2@gmail.com**

**Rudinei Boss/ Universidade de Cruz Alta – Unicruz/
rudinei.boss@gmail.com**

Resumo

Os conceitos de química têm um papel indispensável na formação dos estudantes nas áreas de ciências agrárias. Nesse contexto, buscou-se elaborar atividades que pudessem promover uma aprendizagem significativa a partir de assuntos e situações relacionadas a realidade dos acadêmicos do curso de Engenharia Florestal e Agronomia. Para tal, elencou-se a temática fertilizantes. O estudo foi desenvolvido no primeiro semestre de 2019, com 42 alunos matriculados na disciplina de Química Analítica, ofertada aos alunos dos cursos supracitados, na Universidade Federal de Santa Maria. A abordagem inicial da temática consistiu na discussão sobre os fertilizantes e a determinação do elemento fósforo. Em um segundo momento, discutiram-se os métodos clássicos empregados para tal análise e as novas possibilidades e os avanços tecnológicos, os quais tem permitido desenvolvimento de equipamentos analíticos móveis, entre os quais destaca-se o aplicativo denominado PhotoMetrix PRO. Esse aplicativo permite realizar análises químicas utilizando a câmera principal de um dispositivo móvel como detector de cor. Este aplicativo foi utilizado para a realização das análises químicas pelos acadêmicos em diversas amostras de fertilizantes. As análises permitiram novas abordagens e a utilização do *smartphone* como um instrumento analítico, assim como a contextualização do tópico abordado a partir da quantificação do fósforo, com potencial de despertar o interesse pelo estudo de química, melhorando assim a aprendizagem.

Palavras-chave: *Smartphone*. Imagens digitais. Ensino de Química. Química Analítica.

Abstract

Chemistry concepts play an indispensable role in the education of students in the fields of agrarian sciences. In this context, we sought to elaborate activities that could promote meaningful learning from subjects and situations related to the reality of the students of the Forest Engineering and Agronomy course. To this end, the theme fertilizers was listed. The study was developed in the first semester of 2019, with 42 students enrolled in the Analytical Chemistry discipline, offered to the students of the aforementioned courses, at the Federal University of Santa Maria. The initial

approach of the theme consisted of the discussion about fertilizers and the determination of the phosphorus element. At a second time, discussed are the classic methods used for such analysis and the new possibilities and technological advances, which have allowed development of mobile analytical equipments, among which stands out the application called PhotoMetrix PRO. This application allows you to perform chemical analysis using the main camera of a mobile device as a color detector. This application was used for chemical analysis by academics on various fertilizer samples. The analyzes allowed new approaches and the use of the smartphone as an analytical instrument, as well as the contextualization of the topic approached from the phosphorus quantification, with potential to arouse interest in the study of chemistry, thus improving learning.

Keywords: Smartphone. Digital images. Chemistry teaching. Analytical chemistry.

1. INTRODUÇÃO

As tecnologias móveis têm provocado mudanças na vida das pessoas, encurtando distâncias e ilimitado fronteiras. Novas maneiras de pensar, sentir, agir e se comunicar vêm sendo aprimoradas e cada vez mais são incorporadas como hábitos corriqueiros advindos da presença das tecnologias. As tecnologias passam, então, a ocupar um lugar central na vida das pessoas, de tal maneira, que as estas precisam adaptar-se as inovações tecnológicas, pois a todo instante, surgem novos produtos e cada vez mais sofisticados, a exemplo de computador multimídia, software, internet, telefone celular, etc. Os *smartphones* são dispositivos que fazem parte do contexto da vida dos estudantes e aliado ao maior acesso dos estudantes a *smartphones* e *tablets* oportuniza a inserção desses dispositivos móveis na educação (BEZERRA, 2012). Tais aparelhos possuem ferramentas que os tornam potencialmente pedagógicos e úteis para o Ensino de Química (MORAES; CONFESSOR; GASPAROTTO, 2015).

Através destas tecnologias é possível interagir de forma mais profunda com os sujeitos e permitir maior acesso e compartilhamento de informações, tendo em vista a intensificação de conhecimentos no ambiente digital (SACCOL et al., 2010). A aplicabilidade destas tecnologias vai além, pois já é possível utilizá-las como ferramentas de fácil acesso para determinação de diferentes compostos e como alternativas analíticas colorimétricas e espectrofotométricas.

Em 2016, um novo aplicativo gratuito chamado PhotoMetrix® para análise de imagem foi proposto por Grasel e co-autores (GRASEL et. al., 2016). Os autores utilizaram o aplicativo para a identificação de diferentes tipos de taninos¹.

¹ Taninos são moléculas extraíveis de diversas partes de plantas, incluindo cascas, sementes, tecidos, raízes e folhas e representam o segundo maior grupo de compostos fenólicos presentes nos vegetais, perdendo apenas para a lignina. São polifenóis naturais, com massa molar variando de 300 a 20000 Daltons, sintetizados em plantas como metabólitos secundários para fins de auto-proteção, uma vez que deixam o

O PhotoMetrix® é um aplicativo utilizado para realizar análises de dados por meio da utilização de imagens capturadas pela câmera de celulares *smartphones*. Por sua vez, as imagens digitais são utilizadas para controle de qualidade. A quantidade de pixels das imagens, associadas aos canais de cores podem ser utilizadas para uma infinidade de aplicações analíticas empregando técnicas de correlação linear simples para análises univariadas, ou ainda multivariadas para investigar relações de agrupamento ou até mesmo calibrações com um grande número de variáveis (HELFER et al., 2017).

A percepção de cores está baseada na hipótese que afirma que as células fotossensíveis da retina percebem as cores em três grupos que apresentam picos de sensibilidade diferentes em torno de vermelho (R, do inglês *Red*), verde (G, do inglês *Green*) e azul (B, do inglês *Blue*). Assim, o conjunto de cores percebidas pelo olho humano são combinações de intensidades de estímulo recebidas por cada um desses tipos de células fotossensíveis. Embora RGB seja o modelo de cores mais usado, existem outros modelos que podem ser gerados a partir dele, como matiz, saturação e valor (HSV), matiz, saturação e leveza (HSL) e matiz, saturação e intensidade (HSI). Matiz é o que a maioria das pessoas entende por cor, por exemplo distinção entre vermelho e amarelo. Saturação é a quantidade da cor que está presente, por exemplo, a distinção entre vermelho e rosa. Valor, leveza ou intensidade é a quantidade de luz, como a distinção entre vermelho escuro e vermelho claro ou entre cinza escuro e cinza claro. Valor é definido como a quantidade máxima de R, G ou B, intensidade como a média da quantidade de R, G e B e leveza como a média das quantidades máxima e mínima de R, G ou B (HELFER et al., 2017).

Neste contexto, o uso deste aplicativo associado à popularização dos *smartphones* torna o emprego desta ferramenta uma possibilidade para análises químicas rápidas e de baixo custo, com total ou significativa redução de resíduos químicos, vislumbrando que tais análises podem ser feitas em microescala, como exemplo, *spot tests*. O *spot test* é um método aplicado a reações químicas sensíveis e seletivas, cuja principal característica é a manipulação de pequenos volumes do(s) analito(s) e do(s) reagente(s). São procedimentos extremamente simples, rápidos e de baixo custo, aplicáveis tanto para compostos orgânicos

material amargo ou adstringente ao paladar dos animais. Também são responsáveis pela adstringência de frutas, sucos e vinhos (GRASEL, et. al., 2016).

como inorgânicos (ZERAIK et al., 2008) e podem ser realizados em equipamentos portáteis (construídos até mesmo em casa) para análises *in situ* (LUIZ; PEZZA; PEZZA,2013).

Assim, este trabalho teve como objetivo investigar o uso do PhotoMetrix como ferramenta de ensino para a detecção simples, de baixo custo e desempenho analítico satisfatório para determinação concentração de fósforo em fertilizantes utilizando o método do azul de molibdênio. O método do azul de molibdênio consiste na formação de um complexo entre o ânion fosfato com um composto de molibdato em solução ácida (Reação 1).



O complexo fosfato molibdênio hexavalente incolor é reduzido a uma forma pentavalente azul por um agente redutor (ácido ascórbico) em meio ácido, numa reação catalisada pelo tartarato de sódio e potássio (Reação 2).



O presente estudo utiliza o método do azul de molibdênio para determinar a concentração de fosfato em fertilizantes agrícolas. As reações são feitas placas de cerâmicas – *spot tests* – (resultando em baixo consumo de reagentes) e a concentração de fosfato é determinada utilizando imagens digitais.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Reagentes e soluções

O método do azul de molibdênio proposto foi adaptado a partir do trabalho desenvolvido por Colzani e colaboradores (2017). Todas as soluções utilizadas nesse trabalho foram preparadas com água purificada (resistividade > 18 MΩ cm). Os reagentes utilizados foram de padrão analítico.

Para o preparo do reagente misto usou-se ácido sulfúrico 5%, tartarato de sódio e potássio 0,045 mmol L⁻¹, molibdato de amônio 0,1 mmol L⁻¹ e ácido cítrico 10 mmol L⁻¹, na proporção de 5:1:5:5, respectivamente.

As soluções de referência para a curva analítica foram preparadas nas concentrações de 0,1; 0,50; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 mg L⁻¹ pela dissolução de fosfato de potássio dibásico em água purificada. A concentração de fosfato foi expressa como mg L⁻¹ de fósforo.

2.2 Preparo das amostras de fertilizante

Fundamenta-se na extração com água do fósforo presente na amostra. Para isto, usou-se 0,5 g de amostra de fertilizante, o qual foi transferido para um erlenmeyer de 250 mL, adicionado 50 mL de água ultrapura, agitando-se por 15 minutos com uso de agitador mecânico. Após, o extrato foi filtrado transferido para um balão volumétrico de volume de 100 mL, completando-se o volume com água ultrapura. As amostras utilizadas não necessitaram de diluição adicional, porém pode variar conforme as concentrações presentes em cada amostra.

2.3 Método do Azul de molibdênio

Foram adicionados às cavidades da placa de cerâmica de *spot test*, 400 µL de cada solução padrão de fósforo, assim como das amostras diluídas. A estas, adicionou-se 100 µL do reagente misto a cada poço da placa. Após 15 minutos, foram realizadas as análises, utilizando o aplicativo PhotoMetrix PRO®.

2.4 Obtenção das imagens digitais e análise usando o Photometrix®

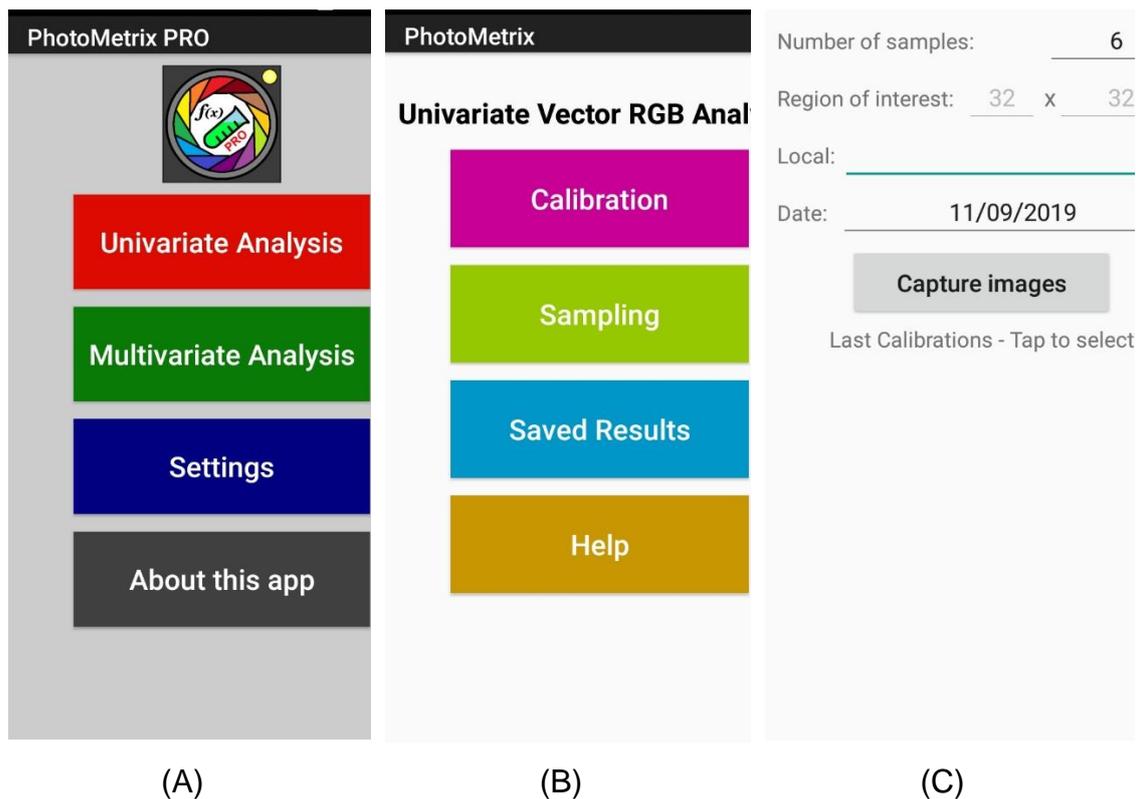
O aplicativo PhotoMetrix PRO foi desenvolvido para as plataformas *Windows Phone* e *Android*, estando disponível gratuitamente na *Windows Phone Store* e *Google Play Store*. A primeira etapa consistiu na calibração do sistema colorimétrico empregando o PhotoMetrix PRO. Ao abrir o aplicativo, selecionou-se a opção “*Univariate Analysis*”, na nova tela que aparece, selecionou-se “*Vector RGB*” e em seguida, “*Calibration*” para prosseguir com o processo de calibração. Por fim, escolheu-se o número de amostras (pontos na curva analítica) que foram utilizados na curva de calibração. O passo seguinte é a

captura da imagem, com o *smartphone* adequadamente posicionado. Para isto selecionou-se “*Capture images*”, iniciando com a captura de imagens em ordem crescente de concentração de fósforo. Após capturar todas as seis imagens no processo de calibração, o programa exibe os modelos de calibração obtidos para todos os canais decompostos pelo software. Após a construção da curva de calibração pode-se analisar as amostras de fertilizantes e os teores de fósforo foram determinados. A figura 1, ilustra as etapas descritas para o procedimento.

Após o término da captura das imagens, os modelos de regressão são exibidos e pode-se então seguir para etapa de amostragem, definida anteriormente, clicando em “*Sampling*”. Na sequência, seleciona-se um modelo de calibração que apresente alto coeficiente de regressão ($>0,99$) e o aplicativo, calcula então, a concentração de fósforo, com base na curva de calibração. O celular equipado com câmera fotográfica utilizado para as medições possui resolução de 15Mp Para reportar a quantidade presente nas amostras, considerou-se ao valor determinado pelo aplicativo a massa de amostra e a diluição durante o preparo da amostra.

Figura 1: Ilustração das etapas para calibração univariada empregando aplicativo PhotoMetrix:

Interface principal do aplicativo (A), Análise univariada do aplicativo (B) e modo de calibração do aplicativo (C).



Fonte: Imagens capturadas do aplicativo PhotoMetrix

2.5 Aplicação em sala de aula

Os sujeitos da pesquisa nesse primeiro momento da pesquisa foram 22 alunos do curso de Engenharia Florestal e 20 alunos do curso de Agronomia, ambos da Universidade Federal de Santa Maria. A avaliação de amostras de fertilizantes com o uso do aplicativo, foi efetuado nas aulas da disciplina de Química Analítica, na parte experimental. Cada aluno instalou o aplicativo em seu *smartphone* para uso durante a execução da proposta experimental.

3. RESULTADOS

A presente proposta de ensino possibilitou um alinhamento entre a experimentação e o uso das tecnologias móveis de forma contextualizada. Para

a introdução da temática, os alunos pesquisaram o tema fertilizantes, a importância deste na agricultura e o porquê determinar a qualidade deste insumo agrícola. Discutiu-se também os diferentes tipos de fertilizantes comercializados com relação a sua composição química. A primeira análise das amostras considerou o aspecto visual e as diferentes formulações agrupadas e disponibilizadas em sala de aula, cujas imagens encontram-se na figura 2.

Figura 2: Mostruário de distintos tipos de fertilizantes usado nas aulas práticas para discussão da temática e posterior análise.



Fonte: Os autores

Dentre os elementos elencados, deu-se destaque ao fósforo e sua importância e impactos relacionados à deficiência deste mineral no solo. Além

da discussão sobre a concentração de fósforo, tanto no solo como na formulação comercial dos fertilizantes, tornou-se possível outras abordagens, de maneira tal, a contextualizar os conteúdos de química analítica com os conteúdos relacionados à profissão dos futuros engenheiros florestais e agrônomos.

A abordagem avançou no sentido a discutir possibilidades dentro da química analítica para determinar a concentração de fósforo nos fertilizantes. Para isto elencou-se os métodos clássicos para tal análise e as novas possibilidades e os avanços tecnológicos, os quais tem permitido desenvolvimento de equipamentos analíticos móveis, entre os quais destacou-se o aplicativo denominado PhotoMetrix PRO.

Essa discussão foi extremamente construtiva, na qual pode-se notar interesse dos acadêmicos pelo tópico abordado. Possivelmente se deva ao fato da relação direta dos conteúdos de química com conteúdo relacionado aos cursos dos acadêmicos. Ademais, tal abordagem demonstra que é possível usar materiais no cotidiano dos alunos na prática educativa, tomando como exemplo os *smartphones*, assim como as amostras já fazem parte do do cotidiano de muitos acadêmicos, que são agricultores ou filhos de agricultores.

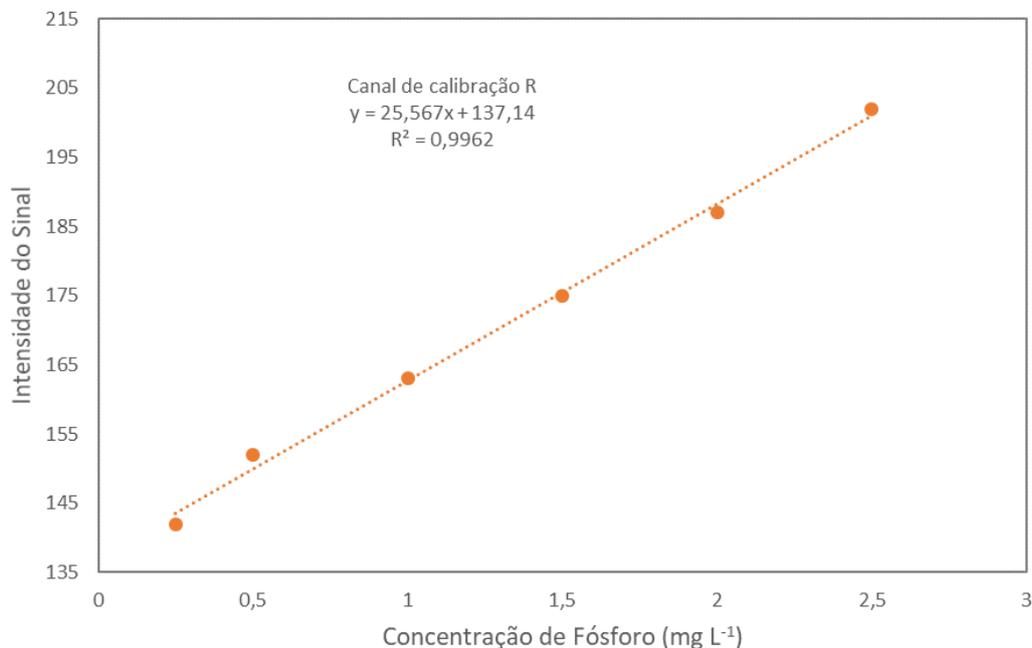
Após discussão introdutória, o preparo das amostras foi efetuado pelos acadêmicos, assim como as diluições para o preparo da curva analítica de calibração. Todos os alunos dispunham de aparelhos *Smartphone*, os quais já haviam instalado previamente o aplicativo. Todo o procedimento de calibração e determinação das amostras foi efetuado por todos os alunos, utilizando seus próprios aparelhos.

Através das imagens obtidas pelo aplicativo, das diferentes concentrações de fósforo, foi possível construir a curva analítica de calibração, a qual mostrou-se adequada com coeficiente linear superior a 0,99, conforme o exemplo que pode visualizado na figura 3. Após a etapa de calibração e seleção da curva analítica de calibração adequada, foram quantificadas as amostras previamente preparadas. Na execução da prática com alunos, os mesmos puderam escolher qual equação era a mais adequada.

A utilidade do método proposto, não reside não apenas em sua eficácia na determinação da concentração de fósforo nas amostras através da medição de uma mudança de cor, mas também em sua robustez em vários fatores, incluindo condições de iluminação e qualidade da imagem, que podem variar

drasticamente. Além disso, as amostras utilizadas neste experimento foram de fácil obtenção e de baixo custo.

Figura 3: Curva analítica de calibração para fósforo obtida via aplicativo PhotoMet



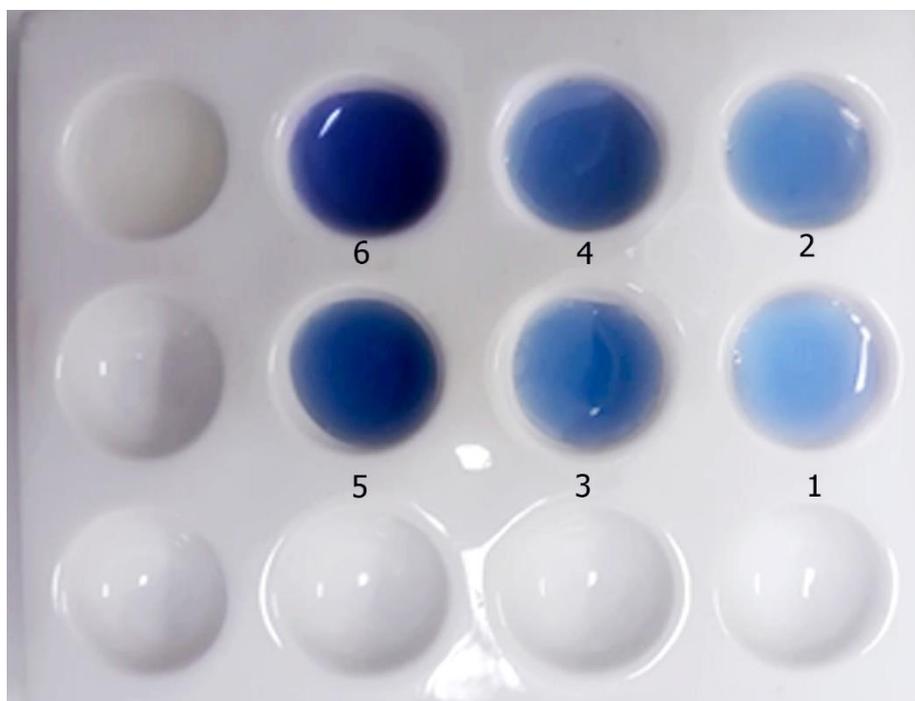
Fonte: Figura elaborada em excel a partir de dados obtidos pela calibração do app.

As amostras preparadas pelos alunos puderam ser medida logo após a confecção da curva analítica de calibração. Os alunos receberam distintas amostras cujos resultados eram desconhecidos, ou seja, a condução do experimento foi efetuada em caráter investigativo.

A prática de ensino proposta possibilitou introduz diversos conceitos primordiais ao ensino de química analítica, como o uso de imagens digitais, a construção de curvas analíticas, comparação de resultados, preparo de soluções, preparo de amostras, cálculos de concentração e diluição, introdução aos conceitos de espectrofotometria, dentre outros. Junto a estes conceitos, pode-se discutir também, sobre a coloração da substância e a absorção da luz branca incidida.

Nesta proposta, o fosfato, expresso em concentração de fósforo, foi determinado como um complexo de coloração azul, ou seja, este absorve a radiação amarela da luz branca e transmite o componente azul. Por esta razão, os métodos analíticos descritos na literatura fazem a leitura da absorbância em 650, 660 e 880 nm (Figura 4). Isto também pode ser abordado e discutido com os acadêmicos.

Figura 4: Soluções padrão utilizadas com adição do reativo para avaliação da curva analítica de calibração para fósforo a partir do aplicativo Photometrix PRO.



Fonte: Os autores

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dispositivos digitais amplamente utilizados na sociedade, em especial o smartphone, podem ser um caminho alternativo para as determinações analíticas, principalmente no que tange o processo de ensino e aprendizagem. Tal proposta possibilita a utilização de um método simples, de baixo custo, com precisão e exatidão adequados, sendo alternativa viável, considerando que muitas vezes se tem a limitação do alto custo dos equipamentos.

As análises permitiram novas abordagens e a utilização do *smartphone* como um instrumento analítico, assim como a contextualização do tópico abordado a partir da quantificação do fósforo, com potencial de despertar o interesse pelo estudo de química, melhorando assim a aprendizagem.

A avaliação dos alunos a partir do procedimento experimental foi muito positiva, principalmente pelo fato de usarem seus próprios telefones celulares na aquisição e tratamento de dados.

5. REFERÊNCIAS

BEZERRA, E. P. Mídias e formação docente. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2012. cap. 5, p. 193-243.

COLZANI, H., RODRIGUES, Q. E. A. G., FOGAÇA, C., GELINSKI, J. M. L. N., PEREIRA-FILHO, E. R., BORGES, E. M. Determinação de fosfato em refrigerantes utilizando um *scanner* de mesa e análise automatizada de dados: um exemplo didático para ensino de química. *Quim. Nova*, v. 40, Nº. 7, 833-839, 2017.

GRASEL, F. S., FERRÃO, M. F., HELFER, G. A., COSTA, A. B., Principal Component Analysis of Commercial Tannin Extracts Using Digital Images on Mobile Devices, *Journal of the Brazilian Chemical Society* v.27, p.2372-2377, 2016.

HELFER, G. A., MAGNUS, V. S., BÖCK, A. T., FERRÃO, M. F., COSTA, A. B. PhotoMetrix: An Application for Univariate Calibration and Principal Components Analysis Using Colorimetry on Mobile Devices. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 28, p. 328-335, 2017

LOPEZ-MOLINERO, A.; LIÑAN, D.; SIPIERA, D.; FALCON, R. Chemometric interpretation of digital image colorimetry. Application for titanium determination in plastics. *Microchemical Journal* v. 96, n. 2, p. 380–385 , 2010

LUIZ, V. H. M.; PEZZA, L.; PEZZA, H. R. Rapid determination of furosemide by combined spot test/diffuse reflectance spectroscopy to detect doping in sport. *Microchemical Journal*, v. 109, p. 68-72, 2013.

MORAES, E. P.; CONFESSOR, M. R.; GASPAROTTO, LUIZ H. S. Integrating Mobile Phones into Science Teaching To Help Students Develop a Procedure To Evaluate the Corrosion Rate of Iron in Simulated Seawater. *Journal of Chemical Education* v. 92, n. 10, p. 1696–1699 , 13 out. 2015.

PACIORNIK, S.; YALLOUZ, A. V.; CAMPOS, R. C.; GANNERMAN, D. Scanner image analysis in the quantification of mercury using spot-tests. *Journal of the Brazilian Chemical Society* v. 17, n. 1, p. 156–161 , 2006.

SACCOL, A.; SCHLEMMER, E.; BARBOSA, J. *M-learning e u-learning: novas perspectivas das aprendizagens móvel e ubíqua*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

ZERAIK, A.E.; SOUZA, F. S.; FATIBELLO-FILHO, O.; LEITE, O. D. Desenvolvimento de um *Spot Test* para o Monitoramento da Atividade da Peroxidase em um Procedimento de Purificação. *Quimica Nova* v. 31, n. 4, p. 731–734, 2008.