

DESENVOLVIMENTO E OTIMIZAÇÃO DE UM FOTÔMETRO PARA O MONITORAMENTO DA MATÉRIA ORGÂNICA PRESENTE NO SOLO

Carlos Henrique da Costa Silva¹, Fernando Rodrigues da Conceição¹, Wagner Henrique Moreira¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul – Nova Andradina-MS

carlos.silva@novaandradina.org, {fernando.conceicao, wagner.moreira}@ifms.edu.br

Resumo

O uso intensivo e o manejo inadequado, pode trazer perda de potencial produtivo para o solo. Os ácidos húmicos (AH) são de suma importância para esse meio, pois implicam diretamente nos processos físico-químicos que existem nele. Devido à sua importância, torna-se necessário quantificar os AH de maneira otimizada, pois os métodos existentes exigem longo tempo de análise por utilizarem longas rotas nos experimentos. Diante desse contexto, o trabalho objetivou desenvolver um fotômetro para monitorar os AH. Na implementação, adotou-se a plataforma de prototipação Arduino®. A pesquisa objetivou quantificar AH com 99% de pureza nos seguintes comprimentos de onda: 470 nm e 405 nm, pois AH apresentam absorção óptica nessas regiões do espectro eletromagnético permitindo portanto a sua quantificação. Os resultados do fotômetro foram comparados com um equipamento comercial e confirmou-se a possibilidade de monitorar matéria orgânica, via ácidos húmicos, por meio do equipamento desenvolvido no presente trabalho

Palavras-chave: Arduino®, Espectroscopia, Matéria Orgânica.

Metodologia e desenvolvimento

Desenvolvimento do equipamento

Partindo da necessidade de implementação de um equipamento capaz de monitorar ácidos húmicos, foram elaborados vários modelos de fotômetros com o intuito de atingir o objetivo supracitado. Após alguns testes, chegou-se à implementação de um modelo que supriu as necessidades do projeto, conforme a Figura 1.

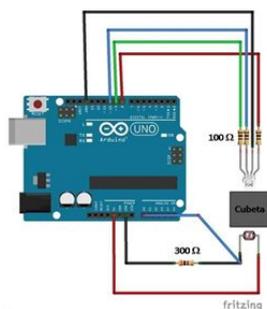


Figura 1. Modelo esquemático do fotômetro.

Para construção do protótipo, foram utilizados os seguintes materiais: 1 placa Arduino Uno R3®, 1 fotodiodo LDR, 1 LED 470nm, 1 LED em 405nm, 3

resistores 100 Ω, 1 resistor 300 Ω, cabos jumper conectores e 1 módulo *bluetooth* HC-05.

Elaboração da curva de calibração para teste do protótipo

Para a construção da curva de calibração foram utilizados ácidos húmicos com 99% de pureza da marca Sigma Aldrich®. Para isso, em uma balança de precisão da marca Even®, aferiu-se uma quantidade de 25 mg do produto (Figura 2). Em seguida os ácidos húmicos foram adicionados em um béquer de 250 mL de capacidade juntamente com 125mL de água destilada. Essa solução foi denominada de solução matriz, cuja concentração foi de 200 mg/L.

A solução matriz ficou em agitação até a total diluição do soluto no agitador EVEN CJ - 882A® do laboratório de química da instituição, como mostra na Figura 3. Em seguida, a solução foi deixada em descanso por 5 minutos para que ocorresse o processo de precipitação de toda a matéria densa presente na solução.

Após preparar a solução matriz, concentrações de 33,3mg/L; 66,7 mg/L; 100 mg/L; 133,3 mg/L; 166,7mg/L; 200mg/L e 233,3 mg/L foram utilizadas para a caracterização no espectrofotômetro comercial Biospectro SP 22. Por fim, as soluções supracitada acima foram armazenadas em tubos de ensaio com as devidas concentrações, conforme apresentado na Figura 4.



Figura 2. Aferição da massa de ácido húmico na balança de precisão.



Figura 3. Preparação da solução matriz no agitador magnético.



Figura 4. Distribuição da solução matriz para realização das medidas fotométricas.

Após realizar o presente procedimento os dados foram tabulados e tratados no *software* Origin Pro®.

Teste do equipamento

Para avaliar se o fotômetro desenvolvido estava detectando AH, foi necessário empregar o procedimento experimental descrito anteriormente e aplicá-lo à regras de funcionamento do equipamento. Para cada concentração investigada foram coletadas 10 medidas de sinal analógico fornecidas pelo aparelho. Nesse sentido, uma média aritmética foi calculada a partir das 10 medidas coletadas e estabelecido um valor médio de absorvância em termos de sinal analógico. Essa média posteriormente foi transformada em um valor através do $\log(A_0/A)$, conforme abordado em pela lei de Beer (Silva, 2017).

O ato de coletar 10 medidas para cada concentração medida pelo fotômetro justifica-se pelo uso de sensores utilizados na prototipação do equipamento.. Nesse sentido, uma média é estabelecida com o intuito de prever e determinar a margem de erro de detecção dos sensores e a partir disso estabelecer um fator de correção para a curva de calibração estabelecida ao fotômetro desenvolvido.

É importante salientar que as mesmas medidas realizadas no protótipo foram realizadas no espectrofotômetro comercial.

Resultados e Considerações Finais

Análise da absorvância em 470 nm

Inicialmente foi analisada a absorção óptica da solução matriz em 470 nm no espectrofotômetro comercial, cujo os valores estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Levantamento dos dados de absorção óptica do equipamento comercial.

Concentração (mg · L ⁻¹)	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Matriz	0,633	0,654	0,656
33,3	0,108	0,109	0,124
66,7	0,246	0,210	0,197
100	0,263	0,260	0,268
133,3	0,317	0,307	0,302
166,7	0,357	0,354	0,341
200	0,363	0,394	0,411
233,3	0,407	0,408	0,408

A partir dos valores de absorvância apresentados na tabela, 1 foi possível calcular os valores médios de absorção óptica em 470nm e em seguida gerar um gráfico destes valores em função da concentração de ácidos húmicos, conforme apresentado na Figura 5.

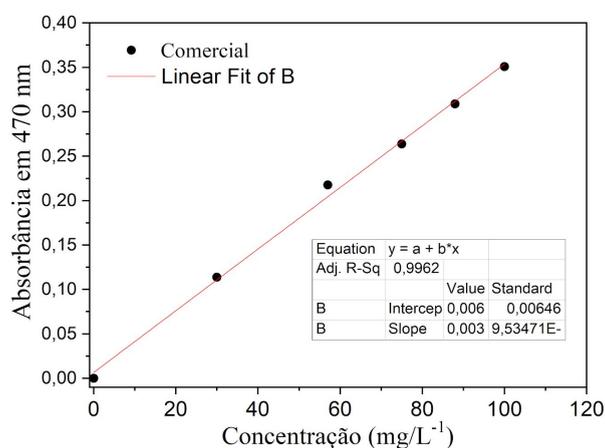


Figura 5. Comportamento da absorvância obtida no espectrofotômetro comercial em função da concentração de AH com padrão de pureza Sigma Aldrich®.

O comportamento apresentado na Figura 5, mostra que a absorção óptica em 470nm em função da concentração de ácidos húmicos apresenta uma dependência linear com $R^2 = 0,99624$, apresentado, portando uma boa acurácia com a Lei de Beer (Conceição, 2012).

As amostras analisadas no equipamento comercial também foram analisadas no protótipo desenvolvido no

presente trabalho. Os valores médios do sinal analógico em função da concentração de ácidos húmicos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios do sinal analógico obtidos em 470nm no equipamento desenvolvido.

Concentração (mg · L ⁻¹)	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Matriz	115,1	116,6	118,2
33,3	177,8	178,2	178,8
66,7	161,5	165,4	166,4
100	157,9	156,7	156,9
133,3	151,5	152,6	154,9
166,7	145,9	152,2	150,8
200	145,1	146	150,8
233,3	164,5	162,2	159,2

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, foi possível obter o valor do log (A₀/A), o qual corresponde a absorção óptica obtida no protótipo. O parâmetro A₀ corresponde o valor do sinal analógico obtidos para solução sem ácido húmico (referência) e A corresponde o valor do sinal analógico da solução contendo uma concentração de ácido húmico.

A partir dos valores de absorbância obtidos através do equipamento comercial e o protótipo, foi possível implementar um gráfico comparativo da absorção em função do aumento da concentração de ácidos húmicos, conforme a Figura 6.

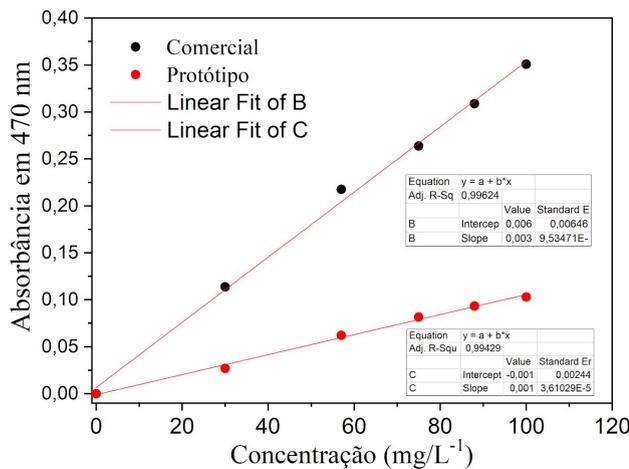


Figura 6. Comparativo de absorbância entre o fotômetro desenvolvido e espectrofotômetro comercial em relação a amostras de ácido húmico puro.

Na Figura 6, observa-se, que ambos equipamentos possuem comportamento linear, mostrando que o equipamento desenvolvido é capaz de monitorar ácidos húmicos com a mesma acurácia de um equipamento comercial desde que estabelecido a curva de calibração adequada. Também é perceptível, que ambos

equipamentos apresentaram o mesmo coeficiente correlação, R² = 0,99.

Em relação a absorbância dos ácidos húmicos em 405 nm, o mesmo procedimento metodológico foi adotado

Análise da absorbância em 405 nm

Os valores da absorbância em 405 nm do espectro eletromagnéticos obtidos no espectrofotômetro comercial estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores da absorbância em 405 nm obtidos no espectrofotômetro comercial..

Concentração (mg · L ⁻¹)	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Matriz	0,831	0,861	0,853
33,3	0,164	0,155	0,157
66,7	0,288	0,286	0,281
100	0,361	0,370	0,350
133,3	0,414	0,445	0,417
166,7	0,464	0,466	0,456
200	0,517	0,516	0,517
233,3	0,546	0,542	0,558

A partir dos valores apresentados na Tabela 3, foi possível plotar um gráfico da absorção em função da concentração de ácidos húmicos, conforme apresentado na Figura 7.

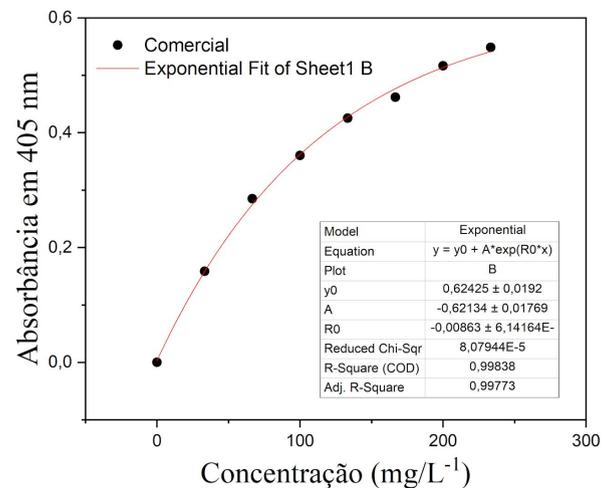


Figura 7. Comportamento da absorbância do espectrofotômetro comercial para amostra de ácido húmico puro.

As amostras analisadas no equipamento comercial também foram analisadas no equipamento desenvolvido, conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios do sinal analógico obtidos em 405nm no equipamento desenvolvido.

Concentração (mg · L ⁻¹)	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Matriz	49,5	49,1	48,6
33,3	90	90,4	89,7
66,7	79,8	80,5	80,5
100	75,5	75,8	76,3
133,3	72,7	71,4	72,2
166,7	69,2	68,7	70,7
200	67,1	67,1	66,4
233,3	64,4	65,1	64

O mesmo procedimento adotado para a determinação do valor da absorbância em 470nm foi adotado para a obtenção dos valores da absorbância em 405 nm.

A partir dos valores apresentados nas Tabelas 3 e 4 foi possível implementar gerar um gráfico comparativo da absorção em função do aumento da concentração de ácidos húmicos, conforme a Figura 8.

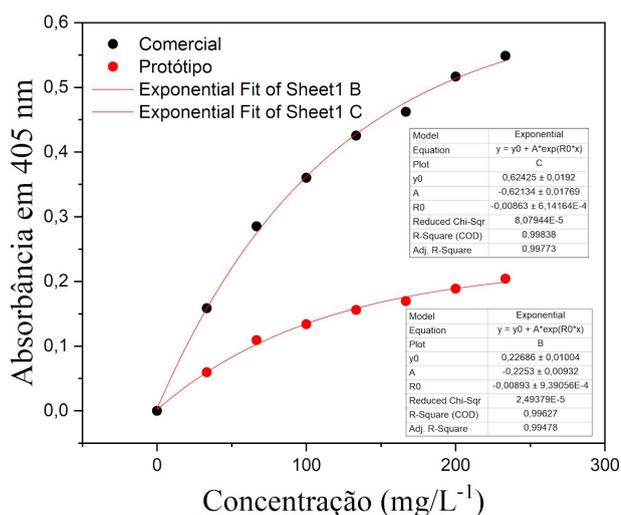


Figura 8. Comparação do comportamento da absorbância obtida no espectrofotômetro comercial e no protótipo desenvolvido no presente trabalho.

Também é perceptível, que ambos equipamentos apresentaram o mesmo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,99$), apresentado uma boa acurácia em ambos equipamentos, principalmente no que diz respeito ao protótipo desenvolvido no presente trabalho.

Comparando a Figura 6 com a Figura 7, é possível verificar que a resposta do fotômetro desenvolvido no presente trabalho é mais efetivo em 405 nm do que em 470nm. Isso pode ser explicado devido ao ácidos húmicos ter maior probabilidade de absorver um fóton em 405 nm do que em 470 nm, estando, portanto de acordo com o comportamento observado em Wang; Hsieh (2001).

De acordo com os dados apresentados no presente trabalho, é possível afirmar que o protótipo desenvolvido no presente trabalho pode ser aplicado *in loco* para análise de ácidos húmicos presentes no solo. Quantificar essa molécula e relacioná-la com outros parâmetros, como umidade do solo e CO₂ atmosférico resultante do processo de decomposição de matéria orgânica de origem vegetal, é de suma importância no que diz respeito ao entendimento de fixação de carbono orgânico e a disponibilidade de nutrientes para o solo. No entanto, é importante salientar que existem procedimentos metodológicos de análises do teor de ácidos húmicos presentes no solo, e que estes exigem procedimentos complexos e demorados. Dessa forma o equipamento e a metodologia de análise de ácido húmico, desenvolvidos no presente trabalho de iniciação científica apresenta potencial de serem utilizadas como metodologia alternativa.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Mato Grosso do Sul câmpus Nova Andradina, ao seu corpo docente e a direção administrativa que disponibilizam o investimento.

Aos meus orientadores Fernando Rodrigues da Conceição e Wagner Henrique Moreira.

Referências

CONCEIÇÃO, F. R. **Investigação da interação enzimática e das suas mudanças estruturais durante a hidrólise da biomassa lignocelulósica através de metodologias ópticas.** 03 de Agosto de 2012. 107p. Dissertação – Universidade de São Paulo - USP. São Carlos, 2012.

DEMATTE, J. A. M.; BORTOLETTO, M. A. M.; VASQUES, G. M.; RIZZO, R. Quantificação de matéria orgânica do solo através de modelos matemáticos utilizando colorimetria no sistema Munsell de cores. *Bragantia*, v.70, p. 590-597, 2011.

SILVA, C. H. C. **Desenvolvimento de um fotômetro baseado em sistema embarcado para o monitoramento de ácido húmicos presentes no solo.** 60p. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso). Instituto Federal Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul – IFMS. Educação Profissional Técnica de Nível Médio Integrado em Informática, campus Nova Andradina, MS. 2017.

WANG, G.; HSIEH, S. **Monitoring natural organic matter in water with scanning spectrophotometer.** *Environment International*, v. 26, n. 4, p. 205-212, 2001.