



**ANÁLISE COMPARATIVA DA FAIXA ESPECTRAL DE ABSORÇÃO LUMINOSA POR
PIGMENTO FOTOSSINTETIZANTE DE DUAS ESPÉCIES VEGETAIS: O USO DA
EXPERIMENTAÇÃO PARA POTENCIALIZAR A APRENDIZAGEM EM QUÍMICA ANALÍTICA¹**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE SPECTRAL RANGE OF LIGHT ABSORPTION BY
PHOTOSYNTHETIC PIGMENT OF TWO PLANT SPECIES: THE USE OF EXPERIMENTATION
TO ENHANCE LEARNING IN ANALYTICAL CHEMISTRY**

Leandro José Dias Gonçalves de Oliveira²

Submetido em: 16/04/2021

e24205

Aprovado em: 10/05/2021

RESUMO

A espectrofotometria é um método instrumental óptico largamente utilizado para determinações quantitativas em química analítica, tendo como princípio as interações entre a luz e a matéria. O presente estudo tem como objetivo relatar os resultados de uma aula experimental em química analítica, realizada por estudantes de química de nível pós-médio. Na realização da aula experimental, foram aplicados conhecimentos prévios sobre a técnica de espectrometria UV-VIS, na determinação da faixa de comprimento espectral e de máxima absorção de clorofila presente nas espécies vegetais couve (*Brassica oleracea*) e boldo (*Peumus boldus*). O experimento permitiu aos alunos compreenderem melhor a interação luz-matéria através da determinação dos comprimentos de onda de máxima absorção de luz pelos pigmentos fotossintetizantes de cada espécie vegetal. Os resultados revelaram como a experimentação, atrelada à contextualização, foi capaz de potencializar a aprendizagem dos alunos, favorecer a sistematização de conceitos em química analítica e criar oportunidades para estudos interdisciplinares com outros campos do saber científico.

PALAVRAS-CHAVE: Espectrofotometria UV-VIS. Clorofila. Extração por solvente. Ensino de química. Experimentação.

ABSTRACT

*Spectrophotometry is an optical instrumental method widely used for quantitative determinations in analytical chemistry, having as a principle the interactions between light and matter. The present study aims to report the results of an experimental class in analytical chemistry, conducted by students of post-medium level chemistry. In the experimental class, previous knowledge was applied on the UV-VIS spectrometry technique in the determination of the spectral length range and maximum chlorophyll absorption present in the vegetable species cabbage (*Brassica oleracea*) and billet (*Peumus boldus*). The experiment allowed students to better understand the light-matter interaction by determining the wavelengths of maximum light absorption by the photosynthesizing pigments of each plant species. The results revealed how experimentation, tied to contextualization, was able to enhance students' learning, favor the systematization of concepts in analytical chemistry and create opportunities for interdisciplinary studies with other fields of scientific knowledge.*

KEYWORDS: Spectrophotometric UV-VIS. Chlorophyll. Solvent extraction. Chemistry teaching. Experimentation.

¹ Artigo desenvolvido como requisito para cumprimento de créditos do Mestrado Internacional em Química – Integralize Corporation, 2021/1, sob orientação do professor Hélio Sales Rios.

² Discente do Programa de Integralização de Créditos Educacionais – Integralize Corporation.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DA FAIXA ESPECTRAL DE ABSORÇÃO LUMINOSA POR PIGMENTO FOTOSSINTETIZANTE DE DUAS ESPÉCIES VEGETAIS: O USO DA EXPERIMENTAÇÃO PARA POTENCIALIZAR A APRENDIZAGEM EM QUÍMICA ANALÍTICA
Leandro José Dias Gonçalves de Oliveira

INTRODUÇÃO

“No contexto escolar a educação científica tornou-se uma exigência indispensável e urgente para a completa formação do cidadão” (SANTOS & MENEZES, 2020, p. 181). Um dos pilares de uma boa educação científica é a experimentação, estratégia pedagógica com grande potencial para dinamizar e elevar os patamares da aprendizagem.

Para Mortimer *et al.* (2000, p. 274), “os currículos tradicionais têm enfatizado apenas aspectos conceituais da química, transformando a cultura química escolar em algo completamente descolado de suas origens científicas e de qualquer contexto social ou tecnológico”.

Entretanto, ainda hoje, muitos professores enfrentam dificuldades para aprimorar sua prática docente em virtude da realidade ofertada pelas escolas onde trabalham, o que acaba desmotivando boa parte desses profissionais.

Destaca-se, assim, que a experimentação passível de contextualização potencializa ainda mais os resultados positivos dentro do processo de ensino-aprendizagem. Como será apresentado nesta pesquisa, onde se utilizou da experimentação para investigar a interação luz-matéria, poder-se-á notar o quanto tal estratégia contribuiu para a formação acadêmica e pessoal dos alunos.

“A luz é uma forma de radiação eletromagnética, que consiste em campos elétricos e magnéticos” (ATKINS & JONES, 2012 p. 3), que “oscilam simultaneamente perpendiculares entre si” (FELTRE, 2004, p. 88). Cada região do espectro eletromagnético possui comprimentos de onda distintos, mas o olho humano consegue detectar apenas o espectro na faixa do visível (VIS).

Quando um feixe de luz branca incide sobre um prisma, observa-se sua dispersão em diferentes cores na região do visível. Segundo Cienfuegos e Vaitsman (2000, p. 1), “a retina humana é excitada por comprimentos de onda entre 380 e 780 nm”. Já Atkins e Jones (2012, p. 6) demarcaram o espectro na região VIS como compreendido entre 420 e 700 nm. De outro lado, Gontijo (2011, p. 9) apontou a região do visível como compreendida entre 400 e 750 nm.

Os vegetais também interagem com a luz branca, por possuírem receptores fotoquímicos chamados cloroplastos, que a absorvem. Essas organelas possuem clorofila, o pigmento que lhes confere a cor verde. As clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes presentes nas plantas. (STREIT *et al.*, 2005, p. 748; COUCEIRO *et al.*, 2016, p. 1).

Pasquini (2011, p. 88) descreveu a clorofila como “um conjunto de pigmentos fotossintéticos, presentes nos cloroplastos [...], responsável pela coloração verde das plantas”. A clorofila é um complexo que possui o magnésio sob forma de Mg^{2+} como centro metálico (Figura 1), um nutriente indispensável para as plantas, já que participa dos processos metabólicos essenciais para a fotossíntese.

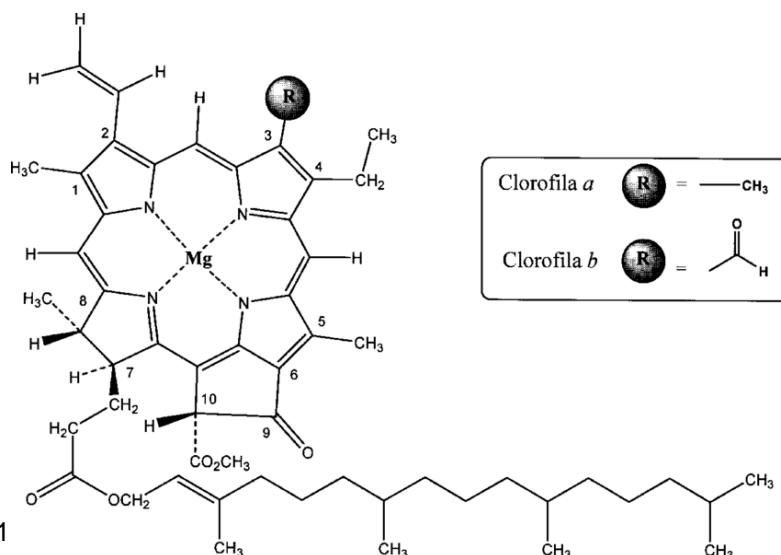
A clorofila A (que possui um grupo metila ligado ao carbono C-3) é a mais abundante nas plantas, e responsável por sua coloração verde. Na clorofila B o grupo metila em C-3 é substituído



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DA FAIXA ESPECTRAL DE ABSORÇÃO LUMINOSA POR PIGMENTO FOTOSSINTETIZANTE DE DUAS ESPÉCIES VEGETAIS: O USO DA EXPERIMENTAÇÃO PARA POTENCIALIZAR A APRENDIZAGEM EM QUÍMICA ANALÍTICA
Leandro José Dias Gonçalves de Oliveira

por um grupo aldoxila, que apenas amplia a faixa de luz a ser utilizada na fotossíntese. Em alguns estudos é tratada como “pigmento acessório”.



A espectroscopia, segundo Hollauer (2008, p. 31), “estuda essas interações luz-matéria considerando que cada substância possui um espectro característico, fruto da disposição molecular”. Weller *et al.* (2017, p. 240) mencionaram que essa técnica “é algumas vezes chamada de espectroscopia eletrônica, pois a energia envolvida excita os elétrons para níveis de energia mais altos”.

E, desses conceitos de espectroscopia, surgiu uma indagação: “O que faz com que os vegetais tenham tonalidades de verde diferentes? Partindo-se desse problema, foi proposta uma aula experimental capaz de auxiliar na explicação do motivo pelo qual se consegue ver as cores das folhas dos vegetais tais como são e porque possuem tonalidades de verde diferentes.

A aula experimental tinha o objetivo de solucionar o problema delineado, com intuito de potencializar a aprendizagem em química analítica de forma contextualizada, onde, ao final do processo, os alunos seriam capazes de compreender melhor o fenômeno de interação luz-matéria.

METODOLOGIA

Trata-se do relato de uma experiência educacional, advinda de um experimento realizado no laboratório de uma escola técnica do município de João Monlevade/MG, na disciplina de Química Analítica Instrumental. O experimento em si, tinha o objetivo de realizar um estudo comparativo dos espectros de absorção da clorofila em folhas de duas espécies vegetais na região do visível (VIS). No entanto, o processo como um todo, unindo teoria e prática, tinha o intuito de demonstrar o quanto a experimentação se faz importante para uma aprendizagem



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DA FAIXA ESPECTRAL DE ABSORÇÃO LUMINOSA POR PIGMENTO FOTOSSINTETIZANTE DE DUAS ESPÉCIES VEGETAIS: O USO DA EXPERIMENTAÇÃO PARA POTENCIALIZAR A APRENDIZAGEM EM QUÍMICA ANALÍTICA
Leandro José Dias Gonçalves de Oliveira

contextualizada.

Foi realizado um estudo de revisão, de natureza investigativa e experimental, que contou com amparo teórico em publicações indexadas no SciELO e Google Scholar. Também, foram utilizados livros de autores renomados no assunto.

Para a realização do experimento, foram seguidas as orientações de um roteiro distribuído para os alunos, mas sem explicação prévia relacionada ao questionamento norteador, elaborado pelos próprios professores. Os alunos já tinham conhecimento do funcionamento do espectrofotômetro e dos princípios analíticos da espectrofotometria, que foram apresentados em outras aulas de análise instrumental.

Para avaliar o comportamento de máxima absorção da clorofila das plantas, foi realizada uma varredura na faixa de 400 nm a 700 nm, utilizando extratos de folhas de couve (*Brassica oleracea*) e de boldo (*Peumus boldus*), obtidos após extração empregando etanol PA como solvente. Utilizou-se o espectrofotômetro de bancada *Coleman 35DI 330-1000 nm*.

No preparo das amostras de interesse, individualmente, maceraram-se as folhas em um almofariz, adicionando-se a massa (teórica: 0, 100 g) de CaCO_3 medida na balança analítica e 5 mL de EtOH (etanol) PA. As massas das folhas vegetais e do sal de CaCO_3 foram medidas na balança analítica, e anotadas em uma tabela à parte, para que se fizessem comparações de precisão. A mistura foi filtrada posteriormente e o extrato obtido foi reservado em balão tampado, fora do alcance da luz para evitar possível fotodecomposição.

Como parte do estudo comparativo, foi construída uma tabela contendo informações dos valores de absorbância obtidos, permitindo traçar gráficos que demonstrassem os picos de maior absorção de luz, e a posterior análise dos resultados permitiu responder à questão levantada na fase inicial da atividade prática.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 contém informações das medidas de massa das folhas de couve e boldo, e do sal de carbonato de cálcio que foram utilizadas no experimento. Buscou-se realizar as medições de massa com a maior precisão possível.

Tabela 1 – Comparação entre massas: no roteiro e na balança analítica.

	Folhas de couve	Folhas de boldo	CaCO_3
Massa teórica	0,2000 g	0,2000 g	0,0100 g
Massa prática	0,2001 g	0,2000 g	0,0107 g

Fonte: Elaboração do autor.

Proposto por Pelletier e Caventou, em 1818, o nome clorofila designava a substância



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DA FAIXA ESPECTRAL DE ABSORÇÃO LUMINOSA POR PIGMENTO FOTOSSINTETIZANTE DE DUAS ESPÉCIES VEGETAIS: O USO DA EXPERIMENTAÇÃO PARA POTENCIALIZAR A APRENDIZAGEM EM QUÍMICA ANALÍTICA
Leandro José Dias Gonçalves de Oliveira

verde que se podia extrair das folhas com auxílio do álcool (STREIT *et al.*, 2005, p. 748).

Utilizando-se etanol PA como branco em uma das cubetas, foram selecionados os comprimentos de onda (λ) especificados na tabela 2, com escala de 20 nm, que além de uma comparação entre os valores de absorbância na faixa espectral 400 nm – 700 nm, permitiram identificar o ponto onde essa absorbância (A) era máxima para um determinado λ .

Tabela 2 – Relação λ e A para os extratos analisados.

λ (nm)	A (couve)	A (boldo)
Branco	0	0
400	0,443	0,321
420	0,547	0,856
440	0,569	1,056
460	0,325	0,306
480	0,234	0,199
500	0,061	0,239
520	0,028	0,029
540	0,084	2,207
560	0,441	1,047
580	0,636	1,213
600	0,346	0,250
620	0,316	0,332
640	0,272	0,376
660	0,447	0,995
680	0,187	0,352
700	0,018	0,520

Fonte: Elaboração do autor.

Cabe apontar que o branco (etanol PA) deve ser usado como padrão para zerar o aparelho, não devendo conter a amostra a ser analisada. E, a cada mudança de comprimento de onda esse procedimento deve se repetir, a fim de evitar interferências.

Para ambos os extratos das folhas vegetais utilizadas foram observados vários picos de absorção, mas constatou-se que a absorção era máxima em 580 nm para couve e 540 para boldo. As Figuras 1 e 2 permitem uma melhor observação dos picos de absorção luminosa para ambos os extratos na região do espectro eletromagnético observado.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DA FAIXA ESPECTRAL DE ABSORÇÃO LUMINOSA POR PIGMENTO FOTOSSINTETIZANTE DE DUAS ESPÉCIES VEGETAIS: O USO DA EXPERIMENTAÇÃO PARA POTENCIALIZAR A APRENDIZAGEM EM QUÍMICA ANALÍTICA
Leandro José Dias Gonçalves de Oliveira

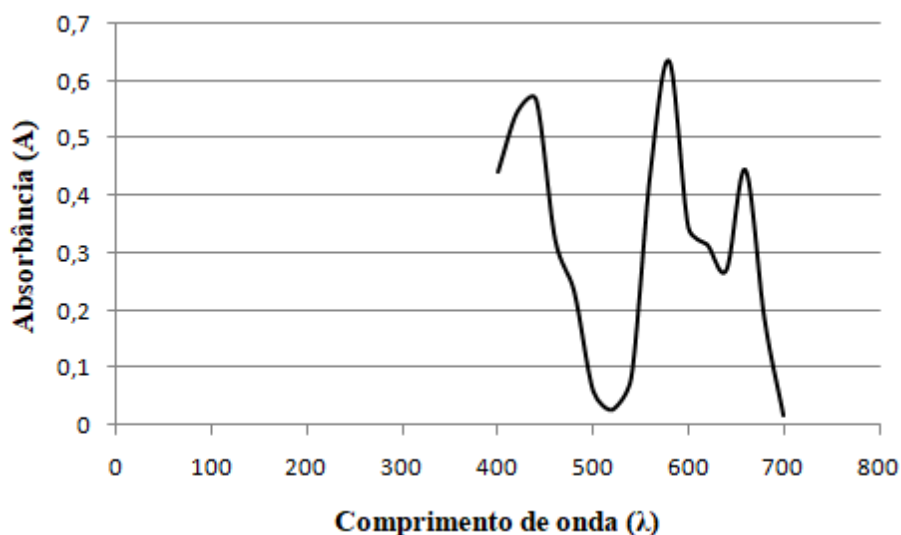


Figura 1 – Espectro de absorção para couve. Fonte: Elaboração do autor.

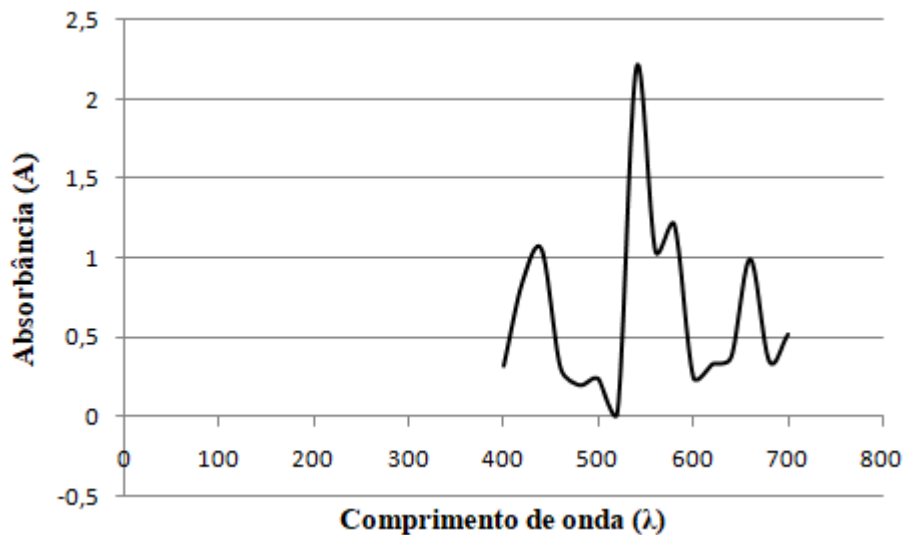


Figura 2 – Espectro de absorção para boldo. Fonte: Elaboração do autor.

“A região denominada VIS é utilizada com frequência na determinação de inúmeras substâncias que formam soluções aquosas coloridas” (CIENFUEGOS & VAITSMAN, 2000, p. 1). Entretanto, Weller *et al.* (2017, p. 241) apontaram que a técnica também pode ser utilizada em amostras sólidas e gasosas.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DA FAIXA ESPECTRAL DE ABSORÇÃO LUMINOSA POR PIGMENTO FOTOSSINTETIZANTE DE DUAS ESPÉCIES VEGETAIS: O USO DA EXPERIMENTAÇÃO PARA POTENCIALIZAR A APRENDIZAGEM EM QUÍMICA ANALÍTICA
Leandro José Dias Gonçalves de Oliveira

Analisando-se os resultados obtidos observou-se que havia mais picos de absorção, no intervalo delineado, para o boldo. Na espécie vegetal em destaque, o pico de absorção máxima também é mais alto em comparação a outra espécie. Sobre esse resultado, sendo as folhas de boldo utilizadas mais escuras que as de couve, possivelmente havia maior presença de clorofila, o que justificou o maior número de picos, e picos mais elevados.

Por isso, se a solução de extrato de boldo possuía mais picos de absorção, e estes mais altos que os da outra espécie vegetal, ela teria maior quantidade de clorofila e, por isso, maiores valores de absorbância nesses picos.

Todavia, apenas a cor das folhas não pode ser usada como padrão para esse tipo de dedução. Para análises mais minuciosas, Streit *et al.* (2005, p. 749) explicaram que a espécie de vegetal deve ser levada em consideração.

Couceiro *et al.* (2016, p. 1) relataram em seu estudo, a extração de clorofilas em folhas de taioba por cromatografia em coluna utilizando hexano e etanol como solução de extração. Foram obtidos pigmentos em diferentes tons de verde, dentro da mesma faixa espectral determinada para o presente estudo. Em comparação ao estudo em folhas de taioba, notou-se que os picos de absorbância para o boldo foram bem superiores, ao passo que os picos para a couve foram os mais baixos.

Já Freire e Fonseca (2014) apontaram a utilização de isopropanol como solvente para extração de clorofilas em beterrabas, utilizando NaCl como sal componente da solução de extração.

Outro estudo de extração de clorofilas por solvente orgânico e posterior análise via cromatografia em papel foi relatado por Silva *et al.* (2013, p. 2) onde utilizaram-se três espécies vegetais. Foi utilizada propanona como solvente para extração dos pigmentos, limitando-se a um estudo qualitativo.

A norma técnica L5.306 da CETESB (2014) descreve a determinação de clorofila A por espectrofotometria utilizando-se propanona 90% como solução de extração e a 70% para lavagem. No entanto, foram utilizados apenas os comprimentos de onda 664 nm, 665 nm e 750 nm.

Os alunos já haviam realizado duas aulas práticas para compreender os princípios da técnica e também o uso do espectrofotômetro. Na aula corrente, foram lembrados conceitos básicos, como a relação entre absorbância (A), transmitância (T) e Lei de Lambert-Beer, onde puderam averiguar a aplicação da técnica em uma análise fundamentada em um problema real.

Na faixa UV-VIS as cores variam do violeta ao vermelho, e os picos de absorção máxima se dão justamente aos arredores de 500 nm, onde é transmitida a cor verde do espectro eletromagnético. Segundo Maestrin *et al.* (2009, p. 1670) “a intensa cor verde das clorofilas deve-se a suas fortes absorções nas regiões do azul e vermelho do espectro eletromagnético, fazendo com que transmitam na região do verde”.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DA FAIXA ESPECTRAL DE ABSORÇÃO LUMINOSA POR PIGMENTO FOTOSSINTETIZANTE DE DUAS ESPÉCIES VEGETAIS: O USO DA EXPERIMENTAÇÃO PARA POTENCIALIZAR A APRENDIZAGEM EM QUÍMICA ANALÍTICA
Leandro José Dias Gonçalves de Oliveira

Logo, as cores das folhas devem-se ao fato de a cor verde ser a única não absorvida e, os diferentes tons se devem às diferentes regiões do espectro onde ocorre absorção da cor pela clorofila. Analogamente, as cores vistas em todas as coisas a nossa volta são frutos das radiações transmitidas nos mais variados comprimentos de onda. Todo pigmento é capaz de absorver luz visível, revelando certa cor conforme o percentual de transmitância. Já a cor negra (ausência de todas as cores) indica que o pigmento absorveu todas as cores em todos comprimentos de onda.

Na literatura não foram encontradas muitas publicações relacionadas à extração de clorofila com posterior análise via espectrofotometria, nem utilizando as mesmas espécies vegetais. Foram lidos diversos resumos, mas a maioria tratava do método cromatográfico para esse tipo de análise.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados experimentais obtidos revelaram que a técnica empregada se mostrou adequada para determinação do comprimento de onda de máxima absorção para a clorofila das duas espécies vegetais adotadas. Diante dos valores, os alunos puderam reconhecer como os vegetais interagem com a luz branca e compreender o motivo pelo qual vemos as cores das coisas tais como são. Neste sentido, a realização do experimento atendeu de maneira satisfatória aos objetivos propostos.

No ensino de química, a experimentação é indispensável para criar uma base mais sólida na aprendizagem científica, favorecendo a construção e sistematização de conceitos mais tangíveis. Como resultados da prática pedagógica em si, houve êxito na resolução de um problema real passível de contextualização.

O uso da problematização possibilita a observação, discussão e compreensão de fenômenos cujas respostas não são óbvias. E, na maior parte das vezes, tais fenômenos têm ocorrência natural no cotidiano. Assim, constatou-se que a utilização da experimentação incitou maior engajamento dos alunos e facilitou a interpretação dos dados experimentais.

REFERÊNCIAS

ATKINS, P. W.; JONES, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

CETESB 5.306 de 15 de abril de 2014. **Determinação de clorofila A e Feotina A**: método espectrofotométrico. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2013/11/L5306.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2020.

CIENFUEGOS, F.; VAITSMAN, D. **Análise Instrumental**. Rio de Janeiro: Interciência, 2000.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DA FAIXA ESPECTRAL DE ABSORÇÃO LUMINOSA POR PIGMENTO FOTOSSINTETIZANTE DE DUAS ESPÉCIES VEGETAIS: O USO DA EXPERIMENTAÇÃO PARA POTENCIALIZAR A APRENDIZAGEM EM QUÍMICA ANALÍTICA
 Leandro José Dias Gonçalves de Oliveira

COUCEIRO, G. C. *et al.* Extração e quantificação das clorofilas A e B nas folhas da *Xanthosoma sagittifolium*. **Revista UNIVAP**, São Jose dos Campos, v. 22, n. 40, p. 323, 2016.

FELTRE, R. **Química Geral**. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

FREIRE, M. M.; FONSECA, S. F. **Extração rápida e seletiva dos pigmentos das folhas de beterraba**. Disponível em: <http://www.s bq.org.br/37ra/cdrom/resumos/T0375-1.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2020.

GONTIJO, L. C. Espectrofotometria. *In.*: PIRES, N. J.; GONTIJO, L. C.; DIAS, R. A. **Química Analítica Instrumental**. Uberaba: Pearson, 2011. Cap. I, p. 6-23.

HOLLAUE, E. **Química Quântica**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

MAESTRIN, A. P. J. *et al.* Extração e purificação de clorofila A da alga *Spirulina máxima*: um experimento para os cursos de química. **Revista Química Nova**, Ribeirão Preto, v. 32, n. 6, p. 1670-1672, jul. 2009.

MORTIMER, E. F. *et al.* Proposta curricular de química no estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Revista Química Nova**, Belo Horizonte, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.

PASQUINI, D. Química dos Compostos de Coordenação. *In.*: GUERRA, Wendell *et al.* **Química Inorgânica**. Uberaba: Pearson, 2011. Cap. III, p. 65-94.

SANTOS, L. R.; MENEZES, J. A. A experimentação no ensino de química: principais abordagens, problemas e desafios. **Revista Eletrônica Pesquiseduca**, Santos, v. 12, n. 26, p. 180-207, jan./abr. 2020.

SILVA, A. R. *et al.* **Extração de pigmentos fotossintéticos em folhas das espécies de café (Coffea arabica), acálifa (Acalypha hispida) e urucum (Bixa orellana) por meio de cromatografia em papel**. Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio8/34.pdf. Acesso em: 24 nov. 2020.

STREIT, N. M. *et al.* As clorofilas. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 748-755, maio/jun. 2005.

WELLER, M. *et al.* **Química Inorgânica**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.