

Produtos Naturais e o ensino de Ciências: Tubérculo Amazônico como alternativa de indicador Ácido e Base

Natural Products and teaching in Science: Amazon Tuber as alternative for Acid-Base indicator

Productos Naturales y enseñanza de las Ciencias: El Tubérculo Amazónico como alternativa indicadora de Ácidos y Bases

Recebido: 08/09/2022 | Revisado: 23/09/2022 | Aceitado: 26/09/2022 | Publicado: 04/10/2022

Eldrinei Gomes Peres

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5454-9088>

Universidade do Estado do Amazonas, Brasil

E-mail: eldrineibk96@gmail.com

Edriely Vilena de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2949-4310>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: edriely_vilena@hotmail.com

Tiago Marette Gonçalves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8971-0647>

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

E-mail: tiagobiol@hotmail.com

Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7998-410X>

Universidade Federal do Amazonas, Brasil

E-mail: klenicy@gmail.com

Resumo

O presente artigo descreve a análise de um indicador natural de pH obtido a partir do tubérculo do cará-roxo (*Dioscorea trifida*), espécie muito conhecida na região Norte e nordeste do Brasil. O objetivo foi testar o potencial do extrato como indicador natural de substâncias ácidas e básicas e otimizar seu método de extração por meio de maceração utilizando diferentes solventes de extração. A amostra utilizada no presente estudo foi obtida no município de Coari, Amazonas. Diferentes parâmetros de extração foram utilizados: o material seco e *in natura*, macerados em temperatura ambiente, e o solvente etanol e hidroalcoólico. A capacidade indicadora dos extratos foi testada com soluções com pH de 1 a 14 e analisada pela absorbância na região UV (300 à 700 nm), por meio de espectrofotômetro. Os resultados evidenciaram uma significativa eficiência dos extratos como indicador natural, com coloração característica conforme a acidez do meio (ácido – vermelho violeta, básico – azul violeta e neutro - violeta). O extrato hidroalcoólico a partir da amostra seca e triturada apresentou melhor desempenho, com uma maior absorção no comprimento de onda característico. Conclui-se que o cará-roxo é uma alternativa para ser utilizada nas aulas de Ciências, em razão do processo de extração simples, com materiais de baixo custo, sendo uma técnica reproduzível e ambientalmente adequada, somado a um bom desempenho de mudança de coloração em soluções com diferentes valores pH. Assim, esse extrato se apresenta uma possibilidade de substituição dos indicadores tradicionais disponíveis no mercado.

Palavras-chave: *Dioscorea trifida*; Ensino de biologia; Ensino de química; Indicador de pH.

Abstract

This paper, describes the analysis of a natural indicator from the tuber of the cara-roxo (*Dioscorea trifida*), which is a well-known species in the North and Northeast of Brazil. This paper aims to analyse the extract as a natural indicator of acidic and basic substances and to optimize the extraction method. The sample used in the present study was obtained in Coari city, Amazon state. Different extraction parameters were the dry and *in natura* and the ethanol and hydroalcoholic solvents, all macerated at room temperature. The ability of the extracts to act as an indicator was tested with solutions varying the pH from 1 to 14 and the absorbance in the UV region (300 to 700 nm) was analyzed using a spectrophotometer. The results of this work showed that there was a good efficiency of the extracts as a natural indicator, with characteristic coloration according to the acidity of the medium (acid - lilac, basic – cyber grape and neutral - iris). The dry and crushed hydroalcoholic extract performed better, with a higher wavelength absorption. It is concluded that the purple yam is an alternative to be used in Science classes (Chemistry and Biology), having a simple extraction process, using low cost materials, being a highly reproducible and environment friendly technique, presenting a good performance of color change in different pH solutions, being a possibility of substitution of the traditional indicators, available in the market today.

Keywords: *Dioscorea trifida*; Biology teaching; Chemistry teaching; pH indicator.

Resumen

Este artículo describe el análisis de un indicador natural del tubérculo del cará-roxo (*Dioscorea trifida*), que es una especie bien conocida en el Norte y Nordeste de Brasil. El objetivo era probar el extracto como indicador natural de sustancias ácidas y básicas y optimizar el método de extracción. La muestra utilizada en el presente estudio se obtuvo en la ciudad de Coari, Amazonas. Los diferentes parámetros de extracción fueron el material seco e *in natura* y el etanol y solventes hidroalcohólicos, todos macerados a temperatura ambiente. La capacidad de los extractos para actuar como indicador se probó con soluciones que variaban el pH de 1 a 14 y la absorbancia en la región UV (300 a 700 nm) se analizó usando un espectrofotómetro. Los resultados de este trabajo mostraron que hubo una buena eficiencia de los extractos como indicador natural, con coloración característica según la acidez del medio (ácido, básico y neutro). El extracto hidroalcohólico seco y triturado se comportó mejor, con una mayor longitud de onda de absorción. Se concluye que el ñame morado es una alternativa para ser utilizado en las clases de Ciencias (Química y Biología), teniendo un proceso de extracción sencillo, utilizando materiales de bajo costo, siendo una técnica altamente reproducible y amigable con el medio ambiente, presentando un buen desempeño de cambio de color en diferentes soluciones de pH, siendo una posibilidad de sustitución de los indicadores tradicionales, disponibles en el mercado hoy en día.

Palabras clave: *Dioscorea trifida*; Enseñanza de la biología; Enseñanza de la química; pH indicator.

1. Introdução

O ensino de Ciências apresenta o diferencial de possibilitar um maior entendimento tanto dos conteúdos estudados em sala de aula, quanto as vivências dos discentes, assumindo grande importância no processo de construção do aprendizado e na valorização dos saberes culturais e sociais, proporcionando benefícios relacionados a qualidade de vida das pessoas e a sua percepção de mundo (Catapan et al., 2022).

No entanto, nem sempre os discentes conseguem relacionar os conteúdos em suas vivências e comumente ocorre a ideia de que as disciplinas são complexas e com pouca utilidade. Segundo Araújo et al. (2021, p. 34.166), “o uso de repetições de fórmulas, nomenclaturas e teorias acabam por se tornarem maçantes”. E outros percalços, relacionados ao ensino de Ciências, são relatados por Macuglia et al. (2021, p. 270):

Na maioria das vezes, o ensino [...] tem se resumido à mera transmissão de informações, definições e leis isoladas, sem qualquer relação com a vida do aluno, exigindo, comumente, pura memorização. Enfatizam-se, ainda, muitos tipos de classificações de reações e soluções, fórmulas e nomenclaturas, que, apesar de importantes, são trabalhadas de forma isolada e descontextualizada. (Macuglia et al., 2021, p. 270).

Dessa forma, utilizar o conhecimento tradicional dos discentes aos conteúdos das disciplinas de Ciências é uma estratégia que associado a metodologias ativas, em que o discente é autor no processo de construção do seu conhecimento, vem sendo reportada como exitosa em pesquisas sobre essas temáticas (Nunes et al., 2021; Catapan et al., 2022). Neste sentido, é crescente a utilização de metodologias que buscam a contextualização em sala de aula, dentre elas, cita-se o uso de produtos naturais como indicador de substâncias ácidas e bases, principalmente os que apresentam em sua composição flavonoides da classe das antocianinas, o que pode ser um indicativo norteador de pesquisas para detectar novas matérias primas a serem utilizadas para essa finalidade (Almeida et al., 2020).

A utilização de indicadores em uma análise de pH é de extrema importância, uma vez que, alguns ácidos e algumas bases são altamente corrosivos. Esses indicadores, quando em contato com substâncias ácidas ou básicas (alcalinas), são capazes de mudar de coloração em função, principalmente, do pH da solução. Eles são divididos em indicadores artificiais como fenolftaleína, laranja de metila, papel tornassol dentre outros, e indicadores naturais, obtidos de partes de plantas como, folha, flor, fruto, caule e raiz (Terci & Rossi, 2001; Vos & Pilot, 2001; Brown et al., 2005). O uso de indicadores naturais de pH como forma de contextualização dos conceitos de ácidos e bases é essencial para minimizar os impactos de aulas tradicionais que abordam suas definições de forma cumulativa e progressiva, desconsiderando o contexto e a realidade dos discentes (Paik, 2015).

A região Amazônica possui uma enorme biodiversidade com potencial para a produção de substâncias químicas que são comumente estudadas para aplicação na indústria de alimentos e farmacêutica, no entanto, pouco é descrito sobre as

aplicações desses produtos naturais no ensino. Desta forma, esse trabalho teve como objetivo a obtenção do extrato de um produto amazônico, o cará-roxo (*Dioscorea trifida*), para utilização como indicador ácido-base alternativo, tendo em vista que se trata de uma matéria-prima de baixo custo, fácil aquisição e do cotidiano dos moradores da região. Além disso, para haver reprodutibilidade em sala de aula, foram utilizados etanol e água como solventes extratores em diferentes concentrações.

2. Referencial Teórico

Os ácidos e as bases são estudados segundo três principais conceitos. O de Arrhenius, Bronsted-Lowry e Lewis. Segundo Arrhenius, ácidos são substâncias que em solução liberam íons hidrogênio (H^+) e bases, são substâncias que em solução, liberam íons hidroxila (OH^-). Sua definição se baseia em termos de dissociação iônica. As definições de Arrhenius se limitam apenas a solução aquosa (Kousathana et al., 2005).

As ideias propostas em 1923 por Johannes Nicolaus Brønsted (1879-1947), na Dinamarca, e Thomas Martin Lowry (1874-1936), na Inglaterra, possibilitaram uma mudança na visão e no conceito de ácido e base. Segundo eles, ácidos são doadores de prótons (H^+) e bases são receptores de prótons (H^+). Desta forma, O conceito de Brønsted-Lowry relaciona-se à extensão da transferência do íon hidrogênio (H^+) do ácido para a base e independe do seu comportamento em água e da natureza do solvente (Kousathana et al., 2005).

Em 1923, Gilbert Newton Lewis (1875-1946) elaborou um conceito ou classificação mais ampla sobre ácidos e bases. Lewis definiu ácido como uma substância molecular ou iônica capaz de aceitar um par de elétrons e, base, como sendo capaz de doar um par de elétrons (Kousathana et al., 2005).

Os ácidos são amplamente encontrados em nosso cotidiano, como por exemplo, ácido acético no vinagre, ácido cítrico em frutas cítricas, como laranja e limão, dentre outros. O pH de substâncias ácidas varia de 1 a 6 e podem formar soluções condutoras de eletricidade, possuem sabor azedo, e atuam sobre indicadores (Utamura & Linguanoto, 1998).

As bases têm larga aplicação nas fabricas de sabão, de papel, entre outras. Seu pH varia de 8 a 14, são capazes de conduzir eletricidade em soluções, apresentam sabor amargo, adstringente e possuem ação sobre indicadores (Utamura & Linguanoto, 1998). Além dos ácidos e das bases, existem também as substâncias neutras que apresentam pH 7. Elas não possuem ação sobre grande parte dos indicadores de pH existentes e como, principais exemplos, tem-se a água e o detergente neutro. Com isso, os indicadores ácido-base surgiram a partir da necessidade de maior segurança na determinação e diferenciação dessas substâncias.

A descoberta de ácidos e bases fortes que não podiam ser diferenciadas por propriedades organolépticas como ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH), e a necessidade de segurança em procedimentos e experimentos laboratoriais, remeteu a preocupação em elaborar substâncias capazes de indicar se uma substância era ácida ou básica (alcalina), denominadas de indicadores ácido-base ou indicadores de pH, desenvolvido por Robert Boyle (1627-1691). Ele descobriu que o xarope de violetas ficava vermelho quando se adicionavam ácidos, e verde, com bases. Este fato associado a resultados experimentais possibilitou a proposição de uma classificação de soluções ácidas, básicas e neutras (Kousathana et al., 2005). A utilização de extratos vegetais com propriedades de mudança de coloração em meio ácido ou alcalino já era bastante conhecida no século XVI.

Existem, atualmente, indicadores ácido-base artificiais e naturais. Dentre os indicadores artificiais mais conhecidos e utilizados nos laboratórios para testes quantitativos como a titulação estão a fenolftaleína, o metilorange (alaranjado de metila) e papel de tornassol (Chang, 2006). Estes indicadores possuem pontos específicos de pH para mudança de coloração em meio ácido ou básico. A fenolftaleína, por exemplo, que é uma solução alcoólica e incolor, tem ponto de viragem entre pH 8,3 e 10 (Macedo & Carvalho, 2000). Os indicadores naturais são extratos obtidos de partes de plantas, frutos, sementes, raízes, folhas e flores. Neste sentido, Sharma et al. (2013), relatam diversas espécies botânicas como sendo indicadores naturais de pH, dentre

elas, as flores da planta de Dália, da espécie *Dahlia pinnata*, as flores de Butea (*Butea monosperma*), e as flores da espécie de *Antirrhinum majus*, popularmente conhecidas como Boca-de-leão. Além destes, existem outros exemplos de indicadores naturais importantes como o açai, a beterraba, o repolho roxo, o jenipapo, o açafraão entre outras. Esses extratos apresentam coloração diferenciada conforme o meio em que estão inseridos, seja ácido ou alcalino (Macedo & Carvalho, 2000; Science North, 2022). Os indicadores naturais, são utilizados em testes qualitativos em aulas experimentais de Química e Biologia, sendo uma alternativa ecológica, pois não agridem o meio ambiente e possuem baixo custo, além de cumprirem sua função, com grande poder indicador.

Essa capacidade de mudança de coloração dos indicadores naturais está diretamente relacionada às substâncias presentes em algumas plantas. Dentre essas substâncias, estão as antocianinas pertencentes à classe dos flavonoides. São pigmentos responsáveis pela coloração de frutos, folhas, flores, caules e raízes. Esses pigmentos têm diferentes tonalidades de cores, podem variar entre vermelho, laranja, violeta e azul, conforme as condições de pH, encontradas nos vegetais. São responsáveis pela proteção contra raios solares intensos, atração de polinizadores, ação antioxidante, função biológica e mecanismos de defesa (Lopes et al., 2007). Essas substâncias também estão presentes em raízes tuberosas como a beterraba e o cará-roxo.

Os carás pertencem à família Dioscoreaceae, gênero *Dioscorea* (Pedralli et al., 2002; Pedralli, 2004). Essa família é constituída por 6 a 9 gêneros com mais de 600 espécies que se distribuem pelas regiões tropicais, subtropicais e temperadas de todo mundo (Pedralli et al., 2002; Pedralli, 2004). A espécie, *Dioscorea trifida* (Figura 1a e 1b), apresenta ampla distribuição nas Américas central e sul, desde as ilhas do Caribe até o Peru. No Brasil, distribui-se desde o Amazonas até a região sudeste (Pedralli, 1997).

Figura 1. Cará-roxo (*D. trifida*) a) Parte aérea da planta de cará-roxo, b) Tubérculo de cará-roxo.



Fontes: a) Wikimedia Commons (2022). Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dioscorea_trifida.jpg Mvh57, CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons e b) Autores (2022).

O cará-roxo é constituído de aproximadamente 75% de polpa, sendo sua principal fonte de antocianinas (Pedralli, 2002; Santos et al., 2020). Esses compostos são responsáveis pela colocação laranja, vermelho, roxo e azul em muitas frutas, legumes, grãos, flores e plantas (Navas et al., 2012; Farooq et al., 2020), e suas aplicações envolvem o tratamento de doenças crônicas como inflamação, diabetes e obesidade, entre outras, além da crescente demanda na indústria alimentícia como corantes (Farooq et al., 2020). Estudos feitos com cará-roxo como matéria-prima para confecção de pães demonstraram que os compostos polifenólicos e antociânicos podem ser os componentes ativos, da atividade antioxidante em carás, aumentando sua capacidade nutricional (HSU, 2004; Santos et al., 2020).

Os carás (*Dioscorea* spp.) são de grande relevância socioeconômica para muitos Estados brasileiros, principalmente, para a região Nordeste, por constituir um importante agronegócio e fazer parte da alimentação humana (Santos, 2002). Eles apresentam uma enorme qualidade nutritiva e energética, por ser rico em diversas vitaminas do complexo B, vitaminas A e C, carboidratos, teores de proteínas e gorduras e minerais (fósforo, cálcio e ferro) (Oliveira et al., 2007; Santos et al., 2020).

3. Metodologia

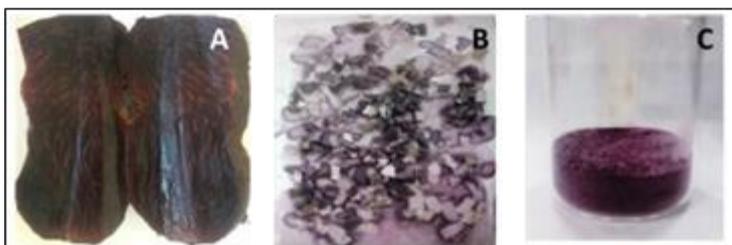
3.1 Obtenção da matéria-prima

Os tubérculos do cará-roxo foram obtidos comercialmente durante a época de safra na feira municipal do município de Coari, situado no Médio Solimões no Estado do Amazonas, no mês de outubro de 2019. Todas as amostras foram transportadas para o laboratório de Química Orgânica do Instituto de Saúde e Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas (ISB/UFAM). As amostras foram lavadas, higienizadas utilizando água e hipoclorito, retiradas as cascas e armazenadas para análise. Para obtenção dos extratos a matéria prima foi separada, uma parte *in natura* e outra para ser desidratada (Figura 2):

1) Amostras secas: Cortou-se os tubérculos em cubos pequenos e foram distribuídas em bandejas para desidratação na estufa em temperatura de 50 °C, durante 24 horas. Após, foi resfriada em temperatura ambiente e posteriormente, trituradas até a obtenção de um pó.

2) Amostras frescas (*in natura*): Cortou-se as polpas em cubos pequenos que foram distribuídas em bandejas e armazenadas para análise posterior. Todas as amostras foram armazenadas em freezer (-15°C) até as análises.

Figura 2. Cará-roxo (*D. trifida*); A) Tubérculo fresco; B) Tubérculo em cubos; C) Tubérculo seco e triturado.



Fonte: Autores (2020).

3.2 Obtenção dos extratos

Utilizou-se como solventes extratores água (100%), etanol (100%) e solução hidroalcoólica 9:1 (v/v). Para cada extração, pesou-se 100 g da polpa do cará-roxo fresco e transferiu-se para as respectivas soluções, separadamente. O mesmo foi feito para a cará-roxo seco. O material extraído por um período de 48 horas e, posteriormente, submetido a filtração simples e reservado em um frasco âmbar para as análises. Todas as extrações foram realizadas em triplicata.

3.3 Análise espectrofotométrica

Para análise espectrofotométrica utilizou-se três diferentes extratos (extrato etanólico, extrato aquoso e extrato hidroalcoólico) obtidos por meio dos diferentes solventes de extração do material fresco e seco triturado. Os espectros foram obtidos no espectrofotômetro (KASUAKI Espectrofotômetros). As amostras foram analisadas na região UV (300 nm à 700 nm), verificando-se suas referidas absorvâncias.

3.4 Indicador natural

Para observar o comportamento de mudanças de colorações dos extratos em meio ácido, básico ou neutro, utilizou-se soluções prontas do laboratório de Química geral (ISB/UFAM), com diferentes tipos de concentrações e pH entre 1 e 14. Neste procedimento usou-se, 42 tubos de ensaio, 2 estantes para tubos de ensaio, 14 pipetas graduadas de 5 mL, 6 pipetas graduadas de 5 mL, papel indicador universal (QUALIVIDROS) e 6 bastões de vidro. As soluções selecionadas estão demonstradas na Tabela 1, organizadas em ordem crescente na escala de potencial hidrogeniônico (1 a 14). Para cada extrato usou-se essa sequência.

Tabela 1. Determinação da escala de pH.

Soluções	pH
Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄) 0,5 mol/L	1
Ácido acético (CH ₃ COOH) 0,5 mol/L	2
Ácido acético (CH ₃ COOH) 0,1 mol/L	3
Nitrato de prata (AgNO ₃) 0,06 mol/L	4
Cloreto de magnésio (MgCl ₂) 0,5 mol/L	5
Cloreto de magnésio (MgCl ₂) 0,15 mol/L	6
Água destilada (H ₂ O)	7
Solução tampão	8
Hidróxido de amônio (NH ₄ OH) 0,1 mol/L	9
Solução tampão	10
Hidróxido de amônio (NH ₄ OH) 0,6 mol/L	11
Hidróxido de sódio (NaOH) 0,5 mol/L	12
Hidróxido de sódio (NaOH) 0,5 mol/L	13
Hidróxido de sódio (NaOH) 0,5 mol/L	14

Fonte: Autores (2020).

Numerou-se os indicadores de *D. trifida* (seco triturado e fresco) de um 1 a 6, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Sequência dos extratos.

Amostras	Extratos		
	Água (100% v)	Etanol (100% v)	Etanol/água (90:10 v/v)
Cará-roxo (<i>D. trifida</i>)			
Seca e triturada	1	2	3
Fresca	4	5	6

Fonte: Autores (2020).

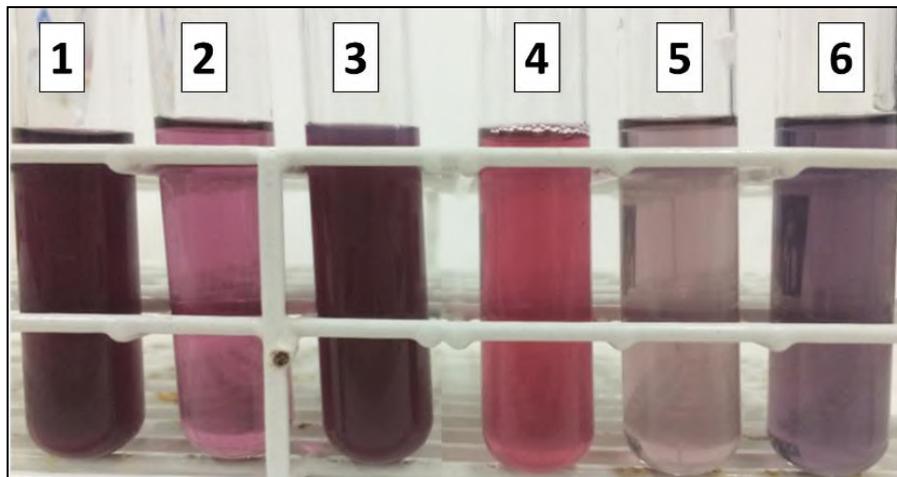
Analisou-se o potencial dos extratos de *D. trifida* como indicador natural de ácido e base. Para cada tubo contendo 2,5 mL de solução presente na Tabela 1, adicionou-se 0,5 mL do extrato aquoso de *D. trifida* (seco triturado e fresco).

4. Resultados e Discussão

4.1 Diferença entre os estados de hidratação do solvente extrator

Os extratos em água e hidroalcoólico da amostra seca apresentaram uma coloração intensa, roxo escuro, demonstrando ser bastante pigmentados, enquanto o extrato de etanol (100%) possuiu uma coloração menos preponderante. Os extratos *in natura* demonstraram colorações de diferentes intensidades, tendo o extrato com água uma coloração de vinho claro, extrato de etanol (100%) coloração roxa clara e o extrato em etanol/água coloração roxo escuro, demonstrando uma aparência bastante pigmentada. Todos os seis extratos podem ser visualizados na Figura 3.

Figura 3. Extratos obtidos; 1, 2 e 3 extratos da amostra seca; 4, 5 e 6 extratos da amostra fresca; solventes extratores, 1 e 4 (água 100% v), 2 e 5 (etanol 100% v), 3 e 6 (etanol/água 90:10 v/v).



Fonte: Autores (2020).

A extração dos pigmentos do tubérculo seco, em ambos os solventes, visualmente apresentou uma coloração mais pigmentada, demonstrando que houve diferença na capacidade extrativa da amostra vegetal. A presença de água no material submetido ao processo de extração pode afetar o rendimento da extração por meio da interferência na interação soluto e solvente, ao mesmo tempo, pode expandir o material, aumentando a superfície de contato, e como consequência, melhorar o rendimento (Kerbstadt et al., 2015; Pourmortazavi & Hajimirsadeghi, 2007). As antocianinas, devido a presença de constituintes polares em sua estrutura, são extraídas com solventes orgânicos polares (metanol, etanol, acetona ou acetonitrila) e água acidificados, favorecendo a estabilização das mesmas (Farooq et al., 2020; Kerbstadt et al., 2015; Navas et al., 2012). Resultados reportam que extração de antocianinas com solução hidroalcoólica acidificada é afetada pelo aumento da concentração do solvente orgânico e da temperatura, esta última, está associada à degradação das moléculas (Cacace & Mazza, 2003).

4.2 Análise espectrofotométrica

O teste foi realizado com intuito de verificar qual método obteve maiores concentrações de antocianinas. Para isso, foi utilizada a região da luz visível que compreende comprimentos de onda que variam de 300 a 700 nanômetro (nm). Os resultados são demonstrados na Tabela 3 e na Figura 4. De modo geral, todos os extratos com cará-roxo seco obtiveram resultados satisfatórios na absorção do comprimento de onda característico de antocianinas (500 a 600 nm) (Gould et al., 2018) em comparação aos extratos do cará-roxo fresco, resultados que apontam para a presença de água na matéria-prima como o principal fator relacionado à eficiência e rendimento das extrações (Kerbstadt et al., 2015; Pourmortazavi & Hajimirsadeghi, 2007). Também foi observado que em relação à eficiência dos solventes extratores a solução hidroalcoólica apresentou maior eficiência de extração de antocianinas (Figura 4c), corroborando com trabalhos onde é relatada a eficiência da solução hidroalcoólica na extração de antocianinas utilizando diferentes técnicas de extração (Backes et al., 2018; Bonfigli et al., 2017; Ochoa et al., 2020). O uso de soluções aquosas aumenta o rendimento da extração, pois melhora a solubilidade e aumenta a interação do analito com o solvente extrator. Neste contexto, o etanol aumenta a solubilidade do analito e a água auxilia na dessorção do analito do substrato (Mustafa & Turner, 2011).

Os extratos do cará-roxo com água (100%) demonstraram absorção acentuada para antocianinas (Figura 4a), colocando a água como segundo melhor solvente de extração, apesar de alguns trabalhos relatarem sua baixa eficiência na extração de antocianinas comparada a outros solventes extratores como água acidificada e soluções aquosas acidificadas, devido sua alta polaridade (Ju & Howard, 2005; Machado et al., 2014; Ryu et al., 2019; Ryu & Koh, 2018). Os extratos em etanol (100%)

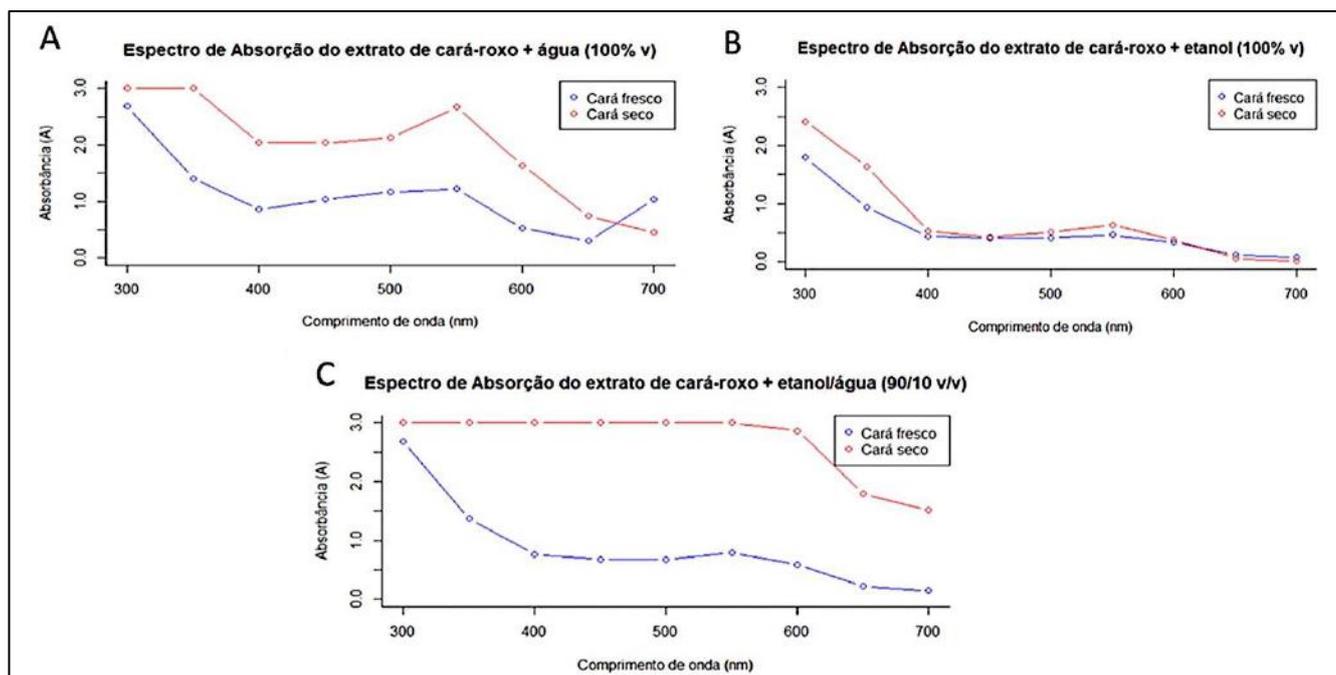
apresentaram baixa absorção no comprimento de onda característico das antocianinas (Figura 4b). A eficiência de extração do etanol é maior quando utilizado em solução aquosa, devido à fatores já mencionados. Estudos reportam a diminuição da concentração de compostos fenólicos nos extratos com o aumento da concentração de etanol (Cacace & Mazza, 2003; Zheng et al., 2013).

Tabela 3. Análise espectrofotométrica Espectrofotometria dos extratos de cará-roxo (*D. trifida*)

Espectrofotometria dos extratos de cará-roxo (<i>Dioscorea trifida</i>)						
Comprimento de onda (nm)	Água		Etanol		Etanol + Água	
	Fresco	Seco	Fresco	Seco	Fresco	Seco
300	2,679	3,000	1,790	2,414	2,683	3,000
350	1,410	3,000	0,941	1,641	1,372	3,000
400	0,863	2,044	0,444	0,536	0,763	3,000
450	1,034	2,040	0,408	0,432	0,676	3,000
500	1,168	2,127	0,417	0,510	0,681	3,000
550	1,225	2,665	0,465	0,636	0,787	3,000
600	0,532	1,641	0,346	0,386	0,594	2,868
650	0,305	0,748	0,118	0,060	0,218	1,797
700	1,040	0,451	0,073	0,019	0,148	1,514

Fonte: Autores (2020).

Figura 4. Espectros de absorção dos extratos de cará-roxo (*D. trifida*).

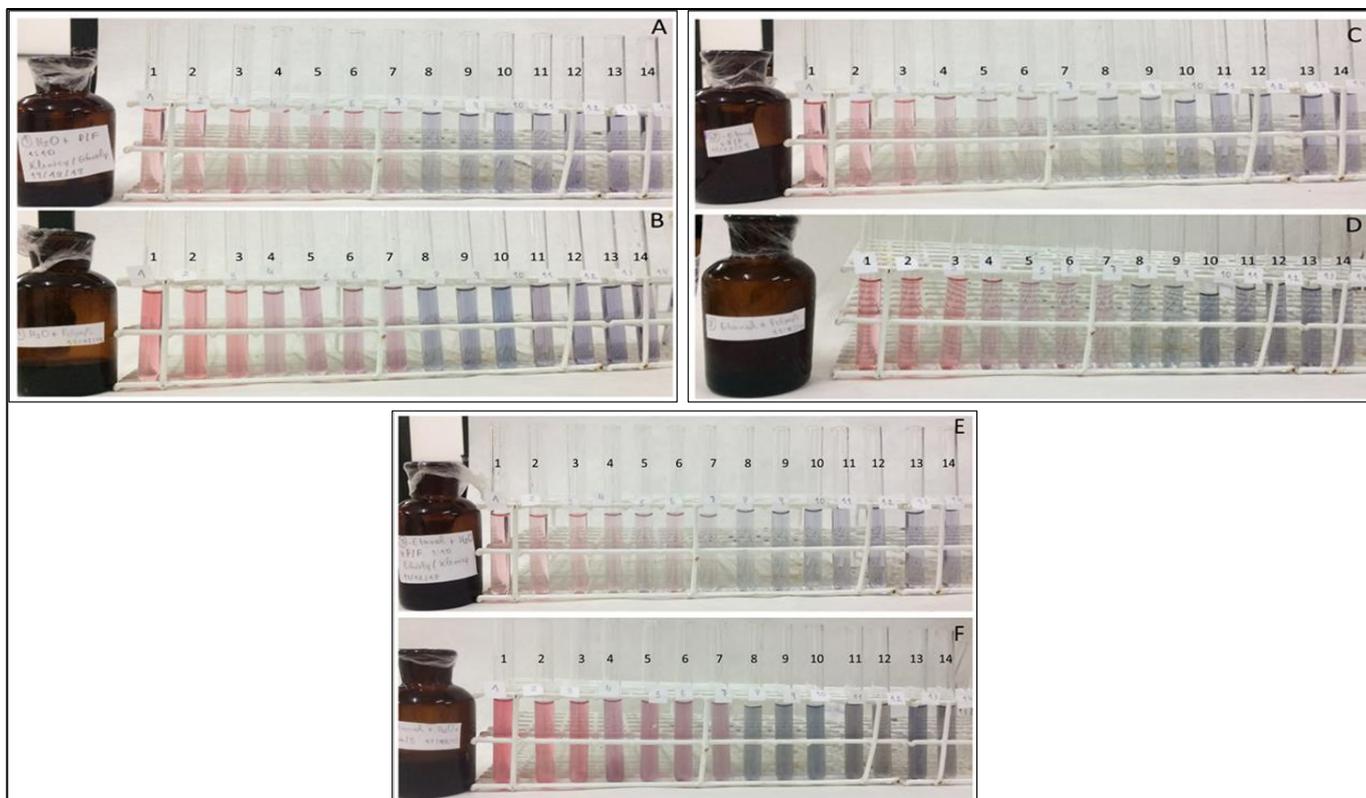


Fonte: Autores (2020).

4.3 Uso como indicador

Para análise dos extratos como indicador natural, observou-se o comportamento dos mesmos em meio ácido, básico ou neutro em uma escala de pH (1-14). Os resultados estão apresentados na Figura 5. Observou-se que as soluções contendo extrato *D. trifida* seco destacaram-se por apresentarem cores mais intensas na variação de soluções com diferentes valores de pH. Assim, por exemplo, nas Figuras 5a e 5b são apresentadas as análises dos extratos obtidos por meio da extração com água (100%). No extrato de *D. trifida* fresca (Figura 5a), observou-se um tom de coloração clara e o extrato de *D. trifida* seca triturada (Figura 5b), apresentou um tom forte de coloração.

Figura 5. A) Teste com extrato de cará-roxo *in natura* em solvente hidroalcoólico (90/10 v/v); B) amostra de cará roxo *in natura* em água; C) amostra de cará roxo *in natura* em solvente etanol; D) amostra seca de cará-roxo em solvente água; E) amostra seca de cará-roxo em solvente etanol e F) amostra seca de cará-roxo em solvente hidroalcoólico (90/10 v/v).



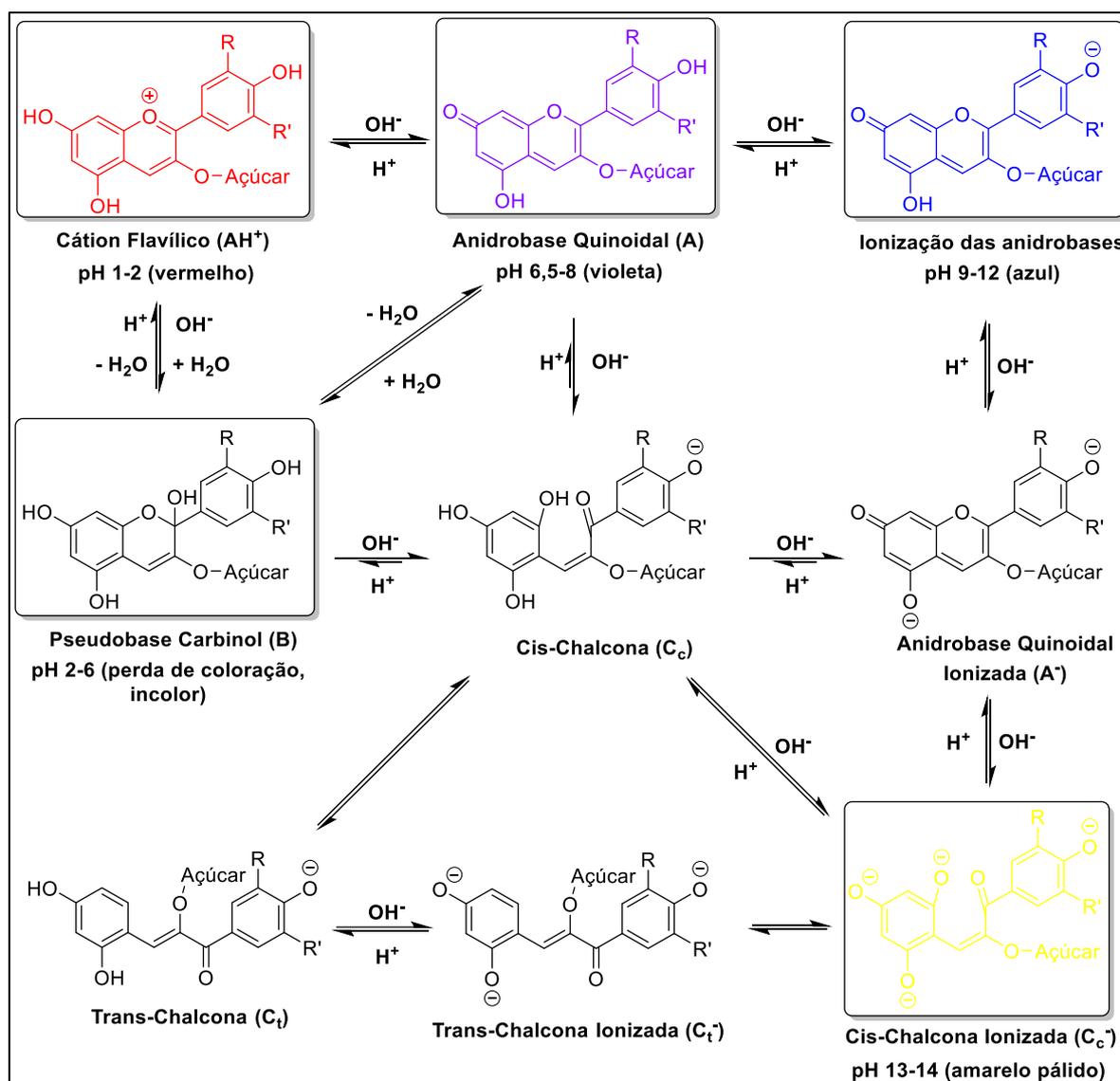
Fonte: Autores (2020).

A tonalidade de cor observadas na Figura 3 de todos os extratos, são corroboradas pelas análises das absorções dos extratos e correlacionam com a capacidade de indicar a mudança da acidez do meio. Pode-se observar que os extratos em todos os solventes extratores apresentaram a mesma coloração, no entanto, a principal diferença observada entre os mesmos, foi a intensidade das colorações.

O extrato de *D. trifida* seca obtido por meio da extração com solução hidroalcoólica (Figura 5f) apresentou colorações mais intensas em contato com soluções ácidas e básicas. Comparadas entre todas as soluções, este obteve maior consistência de cor e podem ser visivelmente identificadas.

Os resultados desta análise mostram que todos os extratos possuem mudança de cor em meio ácido e básico. Os extratos *D. trifida* fresca assumem tons de colorações mais fracas, e nos extratos *D. trifida* seca, tons de coloração mais fortes. Em diferentes valores de pH, os extratos *D. trifida* (fresca/seca triturada) apresentaram a mesma cor em meio ácido, vermelho ($\text{pH} < 7$), e em meio básico, roxo ($\text{pH} > 7$), do mais fraco ao mais forte. Esses resultados demonstram uma boa eficiência dos extratos aquosos do tubérculo de cará-roxo como novo indicador natural de ácido e base, onde a variação de cor em função do pH tornou-se visível. Essa mudança de coloração se deve ao fato das antocianinas apresentarem diferentes estruturas em diferentes valores de pH (Figura 6) (Março et al., 2008).

Figura 6. Possíveis transformações estruturais das antocianinas em função do pH.



Fonte: Adaptado de Março et al., 2008.

A partir dos resultados obtidos, observou-se que o método mais viável na absorção de antocianinas foi o método com o cará-roxo seco, utilizando como solventes extratores etanol/água na proporção de 90:10 v/v, com cores mais intensas e pigmentadas, tanto em soluções ácidas, quanto básicas.

Essas colorações apresentadas no teste mostraram características de indicador natural. De acordo com Matos (1999), a mudança de cores de soluções contendo antocianinas surge com a variação de equilíbrio ácido-base, apresentando uma combinação de comprimentos de ondas visível que variam em três cores primárias: vermelho-alaranjado, azul-violeta e verde.

Diante de todos os resultados obtidos neste trabalho e discussões, o uso de cará-roxo como indicador natural poderá ser uma importante ferramenta facilitadora no aprendizado dos discentes, levando em consideração que é um tubérculo muito apreciado na culinária da região Norte e Nordeste, e que apresenta valor cultural para a população. Assim, em uma ótica mais abrangente, os produtos naturais são utilizados desde tempos imemoriais, na busca por alívio e cura de doenças, sendo uma das primeiras formas de utilização pelo homem (Pinto et al., 2002). Com o advento da civilização, a busca pela evolução vem sendo norteadas por mecanismos que auxiliem o desenvolvimento intelectual e o aprendizado. Diversas pesquisas vêm demonstrando

que a aprendizagem deve ocorrer de forma construtiva, envolvendo os saberes prévios dos discentes, com os assuntos que serão desenvolvidos (Chassot, 1990; Oliveira & Yamaguchi, 2021).

Sabe-se que há na literatura diversos artigos que envolvem o uso de indicadores naturais (Matos, 1999; Terci & Rossi, 2022; Dias, et al., 2002; Pereira, et al., 2017; Catapan et al., 2022), mas o diferencial deste trabalho, além do ineditismo do uso desse tubérculo no ensino, dar-se-á pelas possibilidades de associação desse tema de forma interdisciplinar (Química e Biologia) com outros assuntos, relacionados com o uso econômico desta matéria prima, a associação com as substâncias presentes com as atividades biológicas, além da possibilidade da caracterização botânica e de sua importância sociocultural.

No âmbito educacional, o ineditismo do cará-roxo (*D. trifida*) como indicador natural ácido base, se desponta como um valioso recurso alternativo em aulas práticas de Química, no Ensino Médio. Neste sentido, o professor poderá propor aos discentes, levarem para sala de aula, vários produtos utilizados no cotidiano como desinfetante, sabonete, pasta de dente, shampoo e até mesmo alimentos consumidos no dia a dia, para uma aula experimental, utilizando o cará-roxo como indicador indicadores ácido-base, e a conseguinte discussão sobre funções inorgânicas. Já, no âmbito da Biologia, o extrato do tubérculo de cará-roxo obtido a partir da amostra seca utilizando como solvente extrator solução hidroalcoólica (90%), poderá ser utilizado como indicador de pH em atividades experimentais para melhor compreensão de aulas que envolvam a respiração celular como, por exemplo, abordar o processo de fermentação realizadas pelas bactérias dentro do escopo da Bioquímica e da Biologia Celular. Nessa ótica, Gonçalves (2021), publicou uma proposta de atividade prática aos discentes do Ensino Médio na Biologia, utilizando-se o leite integral, leite fermentado e o *kefir*, para a discussão do tema da fermentação (respiração anaeróbia) em leveduras e bactérias do leite. Foi utilizado, como indicador natural, o extrato de repolho roxo, para averiguação da variação do pH entre eles, em relação a produção ou não de ácido láctico ($C_3H_6O_3$), por estes microrganismos. Assim, da mesma forma que o repolho roxo foi empregado nesta proposta experimental, o cará-roxo também se desponta como um indicador natural relevante e com resultados satisfatórios, permitindo ao docente a sua utilização em experimentos didáticos em sala de aula.

5. Considerações Finais

O extrato do tubérculo de cará-roxo utilizando a amostra seca e o solvente extrator hidroalcoólico (90%) exibiu colorações intensas em meio ácido e em meio básico, demonstrando uma potencialidade para serem utilizadas como indicador natural de ácido-base. Os resultados obtidos neste trabalho servirão para facilitar a abordagem de conteúdos relacionados à Química, tendo em vista que esse produto é fácil de ser obtido, apresentou uma metodologia de extração simples e eficiente.

Esses extratos poderão ser utilizados como ferramenta didática para os professores visando promover o desenvolvimento de atividades experimentais e possibilitando novas alternativas didáticas em prol da melhoria da qualidade do ensino de Química e Biologia, no Ensino Médio.

Agradecimentos

A FAPEAM e a UFAM pelas bolsas concedidas durante o projeto.

Referências

- Almeida, C. dos S., Yamaguchi, K. K. de L., & Souza, A. de O. (2020). The use of natural acid-base indicators in Chemistry teaching: a review. *Research, Society and Development*, 9 (9), e175997243. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7243>
- Araújo, T. K. A., Pricinotto, G., Marciniuk, L. L., Crespan, E. R., & Soares, S. S. (2021). O jogo “Verdade ou Desafio?” Como Ferramenta Pedagógica no Ensino-Aprendizagem de Funções Inorgânicas. *Brazilian Journal of Development*, 7 (4), 34164–34178. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-056>
- Backes, E., Pereira, C., Barros, L., Prieto, M. A., Genena, A. K., Barreiro, M. F., & Ferreira, I. C. R. (2018). Recovery of bioactive anthocyanin pigments from *Ficus carica* L. peel by heat, microwave, and ultrasound based extraction techniques. *Food Research International*, 113, 197-209. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.016>

- Bonfigli, M., Godoy, E., Reinheimer, M. A., & Scenna, N. J. (2017). Comparison between conventional and ultrasound-assisted techniques for extraction of anthocyanins from grape pomace. Experimental results and mathematical modeling. *Journal of Food Engineering*, 207, 56-72. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.03.011>
- Brown, T. L., LeMay, H. E., & Bruce J. (2005). *Química, a ciência central*: Pearson Prentice Hall.
- Cacace, J. E., & Mazza, G. (2003). Optimization of extraction of anthocyanins from black currants with aqueous ethanol. *Journal of Food Science*, 68 (1), 240-248. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb14146.x>
- Catapan, S. M., Liberato, M. C. T. C., Lopes, M. B., Pedrosa, M. C. P., Souza, J. V. A., & Teixeira, L. D. S. (2022). Uso de indicadores naturais ácido-base como facilitadores no ensino de química / Use of natural acid-base indicators as facilitators in the teaching of chemistry. *Brazilian Journal of Development*, 8 (3), 17694–17711. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n3-147>
- Chang, R. (2006). *Química Geral Conceitos Essenciais*. (Edição 4.). Editora Mc Graw Hill.
- Chassot, A. L. (1990). *Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação*. (2a ed.): Unijuí, 117 p.
- Dias, M. V., Guimarães, P. I. C., & Merçon, F. (2002). Corantes naturais: Extração e Emprego como Indicadores de pH. *Química nova na escola*, 17, 27-31.
- Embrapa. (1996). Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (Belém, PA). Geração de tecnologia agroindustrial para o desenvolvido do trópico úmido. Belém: EMBRAPA - CPATU / JICA, 305p.
- Farooq, S., Shah, M. A., Siddiqui, M. W., Dar, B. N., Mir, S. A., & Ali, A. (2020). Recent trends in extraction techniques of anthocyanins from plant materials. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14 (6), 3508-3519. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00598-8>
- Gonçalves, T. M. A fermentação do leite: uma proposta de aula prática de bioquímica na disciplina de Biologia no ensino médio. In: Prata, E. G. (Org.). *Biologia: Ensino, Pesquisa e Extensão - Uma abordagem do conhecimento científico nas diferentes esferas do saber*. Editora Científica Digital, 2021. p. 24-37. <https://doi.org/10.37885/210604990>
- Gould, K. S., Jay-Allemand, C., Logan, B. A., Baissac, Y., & Bidel, L. P. R. (2018). When are foliar anthocyanins useful to plants? Re-evaluation of the photoprotection hypothesis using *Arabidopsis thaliana* mutants that differ in anthocyanin accumulation. *Environmental and Experimental Botany*, 154, 11-22. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.02.006>
- Hsu, C. L., Hurang, S. L., Chen, W., Weng, Y. M., & Tseng, C. Y. (2004). Qualities and antioxidant properties of bread as affected by the incorporation of yam flour in the formulation. *International Journal of Food Science and Technology*, Oxford, 39, 231-238. <https://doi.org/10.1046/j.0950-5423.2003.00770.x>
- Ju, Z. Y., & Howard, L. R. (2005). Subcritical water and sulfured water extraction of anthocyanins and other phenolics from dried red grape skin. *Journal of Food Science*, 70 (4), 270-276. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07202.x>
- Kerbstadt, S., Eliasson, L., Mustafa, A., & Ahrné, L. (2015). Effect of novel drying techniques on the extraction of anthocyanins from bilberry press cake using supercritical carbon dioxide. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 29, 209-214. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.02.002>
- Kousathana, M., Demerouti, M., & Tsaparlis, G. (2005). Instructional Misconceptions in Acid-Base Equilibria: An Analysis from a History and Philosophy of Science Perspective. *Science & Education*, 14, 173-193. <https://doi.org/10.1007/s11191-005-5719-9>
- Lopes, T. J., Xavier, M. F., Quadri, M. G. N., & Quadri, M. B. (2019). Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. *Current Agricultural Science and Technology*, 13 (3), 291-297.
- Macedo, M. U., & Carvalho, A. (2000). *Química: Coleção Horizonte*. Editora IBEP.
- Machado, A. P. F., Pasquel-Reátegui, J. L., Barbero, G. F., & Martínez, J. (2014). Pressurized liquid extraction of bioactive compounds from blackberry (*Rubus fruticosus* L.) residues: a comparison with conventional methods. *Food Research International*, 77, 675-683. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.12.042>
- Macuglia, U., Locatelli, A., & Darroz, L. M. (2021). Funções inorgânicas e digestão: uma proposta didática construída nas premissas da aprendizagem significativa e da aprendizagem cooperativa. *Ensino, Saude e Ambiente*, 13 (3), 269-294.
- Março, P. H., Poppi, R. J., & Scarminio, I. S. (2008). Procedimentos analíticos para identificação de antocianinas presentes em extratos naturais. *Química Nova*, 31 (5), 1218-1223. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000500051>
- Matos, J. A. M. G. (1999). Mudanças nas cores dos extratos de flores e do repolho roxo. *Química Nova na Escola*, 10, 1-10.
- Mustafa, A., & Turner, C. (2011). Pressurized liquid extraction as a green approach in food and herbal plants extraction: A review. *Analytica Chimica Acta*, 703 (1), 8-18. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2011.07.018>
- Navas, M. J., Jiménez-Moreno, A. M., Bueno, J. M., Saez-Plaza, P., & Asuero, A. G. (2012). Analysis and antioxidant capacity of anthocyanin pigments. Part IV: Extraction of anthocyanins. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 42 (4), 313-342. <https://doi.org/10.1080/10408347.2012.680343>
- Nunes, D. R., de Araújo, J. F., Prata, E. G., da Silva Freitas, N. M., de Freitas, M. C. D. C., & Correia, L. M. (2021). Indicador ácido-base: extrato hidroalcoólico da flor da espécie *Macropitium lathyroides* (L.) Urb. *Scientia Naturalis*, 3 (1), 288-299.
- Ochoa, S., Durango-Zuleta, M. M., & Osorio-Tobón, J. F. (2020). Techno-economic evaluation of the extraction of anthocyanins from purple yam (*Dioscorea alata*) using ultrasound-assisted extraction and conventional extraction processes. *Food and Bioproducts Processing*, 122, 111-123. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.04.007>
- Oliveira, E. V., & Yamaguchi, K. K. L. (2021). Conhecimento tradicional e o ensino de Ciências: uso de cará-roxo (*Dioscorea trifida*) como indicador de ácidos e bases. *Revista Insignare Scientia*, 4 (6), 495-507. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2021v4i6.12441>

Paik, S. H. (2015). Understanding the Relationship Among Arrhenius, Brønsted-Lowry, and Lewis Theories. *Journal of Chemical Education*, 92 (9), 1484-1489. <https://doi.org/10.1021/ed500891w>

Pedralli, G. Revisão taxonômica das espécies de Dioscoreaceae (R.Br.) Lindley da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais e Bahia, Brasil. 500f. Tese (Doutorado em Botânica), Universidade de São Paulo, 1998.

Pedralli, G. (2004). Flora ilustrada catarinense. Santa Catarina: Fundação Cultural de Itajaí, 83p.

Pedralli, G., Carmo, C. A. S., Cereda, M., & Puiatti, M. (2002). Uso de nomes populares para as espécies de Araceae e Dioscoreaceae no Brasil. *Horticultura Brasileira*, 20 (4), 530-532. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000400002>

Pereira, A. S., Vitorino, J. P., & Assis, A. (2017). O uso de indicadores naturais para abordar a experimentação investigativa problematizadora em aulas de Química. *Educação Química em Punto de Vista*, 1 (2). <https://doi.org/10.30705/eqpv.v1i2.891>

Pinto, C. A., Silva, D. H. S., Bolzani, V. S., Lopes, N. P., & Epifanio, R. A. (2002). Produtos Naturais: atualidade, desafios e perspectivas. *Química Nova*, 25 (1), 45-61. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000800009>

Pourmortazavi, S. M., & Hajimirsadeghi, S. S. (2007). Supercritical fluid extraction in plant essential and volatile oil analysis. *Journal of chromatography A*, 1163 (1-2), 2-24. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.06.021>

Ryu, D., & Koh, E. (2018). Application of response surface methodology to acidified water extraction of black soybeans for improving anthocyanin content, total phenols content and antioxidant activity. *Food Chemistry*, 261, 260-266. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.061>

Ryu, D., Park, H. M., & Koh, E. (2019). Effects of solid-liquid ratio, time, and temperature on water extraction of anthocyanin from Campbell early grape. *Food Analytical Methods*, 13 (3), 637-646. <https://doi.org/10.1007/s12161-019-01688-0>

Santos, S. D. J. L., Canto, H. K. F., da Silva, L. H. M., & Rodrigues, A. M. D. C. (2022). Characterization and properties of purple yam (*Dioscorea trifida*) powder obtained by refractance window drying. *Drying Technology*, 40 (6), 1103-1113. <https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1847140>

Science North (2022). *Is it a chemical reaction?*
<https://www.sciencenorth.ca/sites/default/files/2018/May%207%20Grade%205%20Chemical%20Reactions%20Offline%20ENG.pdf>

Sharma, P., Gupta R., Roshan, S., Sahu, S., Tantuway, S., Shukla, A., & Garg, A. (2013). Plant Extracts as Acid Base Indicator: An Overview. *Inventi Rapid: Planta Activa*, 3, 1-3.

Terci, D. P. L., & Rossi, A. V. (2002). Indicadores Naturais de pH: Usar papel ou Solução? *Química Nova*, 25 (4), 684-688. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422002000400026>

Utamura, T. Y., & Linguanoto, M. (1998). *Química Fundamental*. Volume Único. (Edição 1). Editora FTD.

Vos, W., & Pilot, A. (2001). Acids and Bases in Layers: the stratal structure of an ancient topic. *Journal of Chemical Education*, 78 (4), 494-499. <https://doi.org/10.1021/ed078p494>

Wikimedia Commons (2022). *Dioscorea trifida*. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dioscorea_trifida.jpg

Zheng, X., Xu, X., Liu, C., Sun, Y., Lin, Z., & Liu, H. (2013). Extraction characteristics and optimal parameters of anthocyanin from blueberry powder under microwave-assisted extraction conditions. *Separation and Purification Technology*, 104, 17-25. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2012.11.011>