



**INSTITUTO
FEDERAL**
Paraíba

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

CAMPUS SOUSA

DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO

DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR

COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

ANA KELLY DA SILVA LOPES

**ANTOCIANINAS EM EXTRATOS VEGETAIS: UMA ALTERNATIVA PARA
DESENVOLVER UM EXPERIMENTO DIDÁTICO PARA ALUNOS DO ENSINO
MÉDIO DE QUÍMICA ABORDANDO CONCEITOS DE VOLUMETRIA DE
NEUTRALIZAÇÃO**

SOUSA/PB

2022

ANA KELLY DA SILVA LOPES

**ANTOCIANINAS EM EXTRATOS VEGETAIS: UMA ALTERNATIVA PARA
DESENVOLVER UM EXPERIMENTO DIDÁTICO PARA ALUNOS DO ENSINO
MÉDIO DE QUÍMICA ABORDANDO CONCEITOS DE VOLUMETRIA DE
NEUTRALIZAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado à Coordenação do Curso Superior de
Licenciatura em Química do Instituto Federal da
Paraíba – Campus Sousa, como requisito parcial
para a obtenção do título de Licenciada em Química.

Orientador: Prof. Dr. Lech Walesa Oliveira Soares

SOUSA/PB

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Leandro da Silva Carvalho – Bibliotecário CRB 15/875

L864a Lopes, Ana Kelly da Silva
 Antocianinas em extratos vegetais: uma alternativa para desenvolver um experimento didático para alunos do ensino médio de Química abordando conceitos de volumetria de neutralização. / Ana Kelly da Silva Lopes, 2022.
 50 p.: il.
 Orientador: Prof. Dr. Lech Walesa Oliveira Soares.TCC (Licenciatura em Química) - IFPB, 2022.
 1. Antocianinas. 2. Volumetria. 3. Arroz vermelho. 4. Arrozpreto. 5. Extrato de arroz. I. Soares, Lech Walesa Oliveira.
 II. Título.

IFPB Sousa / BS CDU 54

ATA 33/2022 - CCSLQ/DES/DOE/DG/SS/REITORIA/IFPB

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Antocianinas em extratos vegetais: uma alternativa para desenvolver um experimento didático para alunos do ensino médio de Química abordando conceitos de volumetria de neutralização.

Autor(a): Ana Kelly da Silva Lopes.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Sousa, como parte das exigências para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Aprovado pela Comissão Examinadora em: 30/05/2022.

Dr. Lech Walesa Oliveira Soares

IFPB — Campus Sousa / Professor Orientador

Ma. Valmiza da Costa Rodrigues Durand

IFPB — Campus Sousa/ Examinadora 1

Dr. João Batista Moura de Resende Filho

IFPB — Campus Sousa / Examinador 2

Documento assinado eletronicamente por:

- Joao Batista Moura de Resende Filho, COORDENADOR DE CURSO - FUC1 - CCSLQ-SS, em 02/06/2022 13:07:41.
- Valmiza da Costa Rodrigues Durand, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 03/06/2022 LI:14:42.
- Lech Walesa Oliveira Soares, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 06/06/2022 11:26:15.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 28/05/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados

Código verificador: 300460

Código de Autenticação: ed0e479b7e



Dedico este trabalho primeiramente a Deus sem ele eu não teria capacidade de desenvolver este trabalho.

A minha querida família que me apoiou e ao meu orientador sem o qual não teria conseguido concluir esta difícil tarefa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, onde deposito toda a minha fé, nele encontrei forças para perseverar até o fim.

Aos meus pais, Silvana Luciano da Silva e Wanderlânio Wilson de Lacerda, que me acompanham e me incentivam nos meus estudos, ensinando-me a ser uma pessoa melhor e a nunca desistir dos meus objetivos.

Ao meu esposo Klebson Alves dos Santos, que me compreendeu sempre em momentos de ausência para a dedicação dos meus estudos, incentivando-me sempre e acreditando na minha capacidade, quando até mesmo eu não acredito.

A minha companheira de estudo e amiga, Anna Karoline, sempre podendo contar com sua ajuda, conselhos e disposta a escutar meus desabafos em momentos de dificuldades.

Agradeço a todos os professores do Curso de Licenciatura em Química do IFPB – Campus Sousa, que contribuíram para minha formação. Principalmente ao meu querido orientador Lech Soares, que conheço a tão pouco tempo, mas abraçou com maior carinho esta causa comigo, com sua paciência, dedicação e amizade. Também quero agradecer a Samuel que é técnico do laboratório de química do IFPB, pois me ajudou e aconselhou bastante.

A todos meus sinceros agradecimentos.

“Alegrem-se na esperança, sejam pacientes na tribulação, perseverem na oração”.

(Romanos 12: 12)

RESUMO

O estudo das antocianinas em extratos vegetais está se tornando cada vez mais comum no ensino de química, por possuir pigmentos que atraem a atenção dos alunos. Este trabalho apresenta uma proposta de um experimento didático para as aulas de química, utilizando extratos vegetais do arroz preto e arroz vermelho como uma alternativa de indicador natural em experimentos de volumetria de neutralização e na identificação do potencial hidrogeniônico em produtos comerciais. A pesquisa é baseada em uma abordagem experimental e de caráter qualitativa, onde uma sequência de procedimentos experimentais é realizada para, em seguida, serem analisados e, por último, propor um roteiro de aula prática. O extrato do arroz preto atuou como um bom indicador natural em titulações de neutralização de base forte e ácido forte, pois apresentou uma mudança de cor nítida no ponto final da titulação e na identificação do pH em produtos comerciais. O extrato do arroz preto manifestou variações de cores bem maior do que o extrato do arroz vermelho. Um experimento didático utilizando o extrato do arroz preto foi proposto como uma alternativa de um indicador natural em titulações de neutralização de um ácido forte com base forte. Além disso, buscou-se expandir as possibilidades de indicadores naturais com maior eficácia no ensino médio de química e despertar o interesse pelo uso de indicadores naturais em vez de indicadores sintéticos em experimentos didáticos.

Palavras-chave: antocianinas, extrato, arroz vermelho, arroz preto, volumetria, indicador, ácido e base.

ABSTRACT

The study of anthocyanins in plant extracts is becoming increasingly common in chemistry teaching, such as they have pigments which attract the attention of students. This work is aimed at proposing a didactic experiment for chemistry classes, using plant extracts of black rice and red rice such as an alternative of natural indicator in neutralization volumetry experiments and in the identification of the hydrogenionic potential in commercial products. The research is based on an experimental and qualitative approach. Where a sequence of experimental procedures is carried out, analyzed, and finally propose a practical class script. The black rice extract acted as a good natural indicator in neutralization titrations of strong base and strong acid, as it showed a clear color change at the end point of the titration and in the identification of pH in commercial products. A didactic experiment using black rice extract was proposed such as an alternative of a natural indicator in neutralization titrations of a strong acid with a strong base. In addition, we sought to expand the possibilities of natural indicators with greater effectiveness in teaching chemistry and arouse interest in the use of natural indicators instead of synthetic indicators in didactic experiments.

Keywords: anthocyanins, extract, red rice, black rice, volumetry, indicator, acid, and base.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aparelhagem de titulação.....	20
Figura 2 – Estrutura química das antocianinas.....	26
Figura 3 – Imagem do arroz vermelho (a) e do arroz preto (b).....	31
Figura 4 – Grãos do arroz vermelho (a) e arroz preto (b) antes de serem triturados e após a trituração (c) e (d), respectivamente.	31
Figura 5 – Extrato do arroz preto (a) e do arroz vermelho (b).	32
Figura 6 – Monitoramento das cores obtidas ao adicionar-se 20 gotas do extrato de arroz vermelho.....	33
Figura 7 – Monitoramento das cores obtidas ao adicionar-se 20 gotas do extrato de arroz preto	34
Figura 8 – Identificação do pH do ácido muriático utilizando os extratos de arroz preto e arroz vermelho.....	36
Figura 9 - Identificação do pH do sumo do limão utilizando os extratos de arroz preto e arroz vermelho.....	37
Figura 10 – Identificação do pH da refrigerante sprite utilizando os extratos de arroz preto e arroz vermelho.....	38
Figura 11 – Identificação do pH do suco de frutas cítricas utilizando os extratos de arroz preto e arroz vermelho.	38
Figura 12 – Identificação do pH do bicarbonato de sódio utilizando os extratos de arroz preto e arroz vermelho.	39
Figura 13 - Identificação do pH do desinfetante utilizando os extratos de arroz preto e arroz vermelho.....	39
Figura 14 - Identificação do pH da água sanitária utilizando os extratos de arroz preto e arroz vermelho.....	39
Figura 15 - Identificação do pH da soda cáustica utilizando os extratos de arroz preto e arroz vermelho.....	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico de titulação ácido forte-base forte.	23
Gráfico 2 – Gráfico típico de uma titulação base forte-ácido forte.	24
Gráfico 5 – Gráfico de titulação base forte-ácido forte	35

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Titulação com extrato do arroz preto	35
---	----

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	21
Equação 2	22
Equação 3	22
Equação 4	22
Equação 5	22
Equação 6	22
Equação 7	22
Equação 8	22
Equação 9	22
Equação 10	23

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Etapas do cálculo teórico do (pH) de uma titulação ácido forte-base forte..... 25

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1	A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA	18
3.2	QUÍMICA ANALÍTICA E SUAS CLASSIFICAÇÕES	19
3.3	VOLUMETRIA DE NEUTRALIZAÇÃO.....	21
3.4	TITULAÇÃO ÁCIDO FORTE-BASE FORTE	23
3.5	ANTOCIANINAS.....	26
3.6	CARACTERÍSTICAS DO ARROZ VERMELHO E ARROZ PRETO	27
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	29
4.1	EXPERIMENTO DIDÁTICO	29
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	31
5.1	EXTRAÇÃO DAS ANTOCIANINAS	31
5.2	VARREDURA DO PH COM OS INDICADORES NATURAIS	33
5.3	TITULAÇÃO DE NEUTRALIZAÇÃO ÁCIDO FORTE – BASE FORTE.....	34
5.4	APLICAÇÃO DOS INDICADORES EM SUBSTÂNCIAS COMERCIAIS	36
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
	REFERÊNCIAS	44
	APÊNDICE A: PROPOSTA DE ROTEIRO EXPERIMENTAL PARA VOLUMETRIA DE NEUTRALZAÇÃO	47

1 INTRODUÇÃO

No ensino de química é imprescindível a utilização de metodologias alternativas, em vez de mero espectador e consumidor de conhecimento, o aluno assume o papel de construtor do saber e colaborador no processo de aprendizagem que está inserido. Ao assistir a aula de química, além de ouvir, anotar e observar, os alunos devem ser convidados a contribuir para a construção do conhecimento daquela aula. A experimentação é uma metodologia alternativa que abordaremos no decorrer do trabalho como estratégia de ensino. Guimarães *et al.* (2009) explicam que no ensino de ciências a criação de cenários reais facilita a contextualização e o estímulo de questionamento investigativo. Baseado nisto a experimentação pode ser um método eficiente nas aulas de química.

A volumetria de neutralização é uma técnica analítica, podendo ser utilizada em reação de neutralização entre um ácido e uma base. Ao conhecermos a quantidade de base utilizada para neutralizar o ácido, podemos indicar a quantidade de ácido neutralizado (PIERINI *et al.*, 2015). Na titulação de neutralização é utilizado medidor de potencial hidrogeniônico, que possui um eletrodo que mede a concentração de H_3O^+ . A mudança rápida do pH indica o ponto de equivalência da titulação. Também são utilizados indicadores ácido-base, que são corantes solúveis em água, cuja cor depende do pH, empregados para indicar o ponto final de uma titulação, assim sinalizado pela mudança drástica da cor do corante. Os indicadores mais utilizados são os convencionais ou também chamados de sintéticos (ATKINS *et al.*, 2018).

As antocianinas fazem parte da classe dos flavonoides. São os pigmentos encarregados pela coloração azul, violeta, vermelho e rosa exibida nas flores e frutos; encontram-se constantemente associadas a açúcares e ligadas aos grupos hidroxila (OH). As antocianinas apresentam cores diferentes dependendo do potencial hidrogeniônico do meio em que se encontram, o que torna possível o seu uso como indicador natural, podendo ser utilizado como recurso didático para o ensino de conceitos de volumetria de neutralização e na identificação do pH em produtos comerciais. Algumas vantagens podem ser abordadas em relação a utilização desses indicadores naturais, em substituição aos indicadores convencionais, tais como o fato de estarem disponíveis na natureza, terem baixo custo e causarem menor impacto ambiental quando descartados (GUIMARÃES *et al.*, 2012).

O arroz é um cereal que possui uma grande diversidade genética e se encontra na alimentação da maior parte da população mundial. A *Oryza sativa L* é um tipo de espécie de arroz encontrado na Ásia, contendo uma grande variedade de arroz pigmentado. O arroz preto

pertence a espécie *Oryza sativa L*, que vem ganhando espaço na culinária pela sua grande variedade e por ser um produto exótico. Na química os estudos estão bem avançados devido as suas características físico-químicas, extração, potencial antioxidante e as suas propriedades nutricionais (ITO; LACERDA, 2019). O arroz preto apresenta no pericarpo coloração preta, é devido ao teor grande de antocianina em sua camada do pericarpo, contendo a presença de flavonóis, flavonoides e ácido fenólicos que são responsáveis pela atividade antioxidante, contribui para o tratamento de doenças crônicas, possui sabor aromático e resistência ao cozimento (CATENA *et al.*, 2020).

O arroz vermelho (*Oryza sativa*) é considerado uma planta daninha. Muito frequente na alimentação brasileira, uma planta rústica e adapta-se facilmente ao meio ambiente. É um tipo de arroz que se diferencia por apresentar no pericarpo coloração vermelha é devido ao teor de tanino e antocianina presente na parede da cariopse (DORNELLES, 2009).

Considerando o exposto, escolheu-se a abordagem experimental para desenvolver um roteiro de uma aula prática a partir da seguinte problematização: “é possível utilizar extratos de arroz preto e arroz vermelho como indicadores naturais em titulação de neutralização e na identificação do pH em produtos comerciais? E com isso estimular o interesse dos alunos para as aulas de química?”

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma proposta experimental para aulas do ensino médio de química, utilizando extratos vegetais de arroz preto e arroz vermelho como uma alternativa de um indicador natural para ensinar conceitos de volumetria de neutralização e na identificação do pH em produtos comerciais.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Analisar se é possível utilizar o extrato do arroz preto e arroz vermelho como um indicador natural em volumetria de neutralização;
- ✓ Examinar qual dos extratos de arroz possui maior eficácia como indicador natural no experimento didático;
- ✓ Averiguar se é possível utilizar os extratos de arroz preto e arroz vermelho na identificação do pH em produtos comerciais;
- ✓ Conhecer as vantagens e desvantagens da utilização desses indicadores naturais no experimento didático.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A importância da experimentação no ensino de química

A química é uma ciência do cotidiano, entretanto, na maioria das vezes, os alunos não conseguem perceber o significado ou a importância do que estudam. Por ser uma ciência muito complexa, os educandos encontram dificuldades no decorrer dos seus estudos, assuntos que estão distantes da nossa realidade e, com isso, não despertando o interesse dos alunos Guimarães *et al.* (2009). Além disto, os professores de química encontram dificuldades para ensinar os diversos conteúdos científicos e relacioná-los com o cotidiano, assim, priorizando a memorização, cópias e esquecendo da aprendizagem significativa.

Brasil (2018) explica que a Base Nacional Comum Curricular reconhece que a educação deve afirmar valores e estimular ações que contribuam para a transformação da sociedade, tornando-a mais humana, socialmente justa e, também, voltada para a preservação da natureza. Contudo, se o professor se propõe a transmitir os conceitos científicos, e no processo de construção dos novos conhecimentos o aluno não se torna agente ativo, o ensino formal apenas mostrará o conceito e não fazendo nenhuma correlação com o cotidiano se tornando conflitante, os conceitos expostos pelo professor não terão significado prático para o estudante, a única motivação de aprender química na escola será de obter boas notas nas avaliações finais.

Todavia, dentro da gama de assunto pertinentes a esta disciplina, a experimentação pode ser um bom caminho para enfrentarmos esta dificuldade e se torna essencial para o desenvolvimento de estratégias e metodologias de ensino. A partir do século XVII a experimentação ocupou um papel essencial, na medida em que as leis formuladas deveriam passar pelo crivo das situações empíricas propostas, dentro de uma lógica sequencial de formulação de hipóteses e verificação de consistência. A experimentação passou, portanto, a ocupar um lugar privilegiado na proposição de uma metodologia científica (GIORDIAN *et al.*, 1999).

Guimarães *et al.* (2009) explica que no ensino de ciências a criação de cenários reais facilita a contextualização e o estímulo de questionamento investigativo; baseado nisto a experimentação pode ser um método eficiente nas aulas de química. Portanto, o ensino de

análises químicas vem ganhando espaço no ensino de química, pois permite trabalhar conceitos explorando-se o cotidiano do aluno e o contexto industrial.

Uma das características do experimento é de motivar os alunos, mas não deve ser usado apenas como um mecanismo de motivação aos alunos, porém, que seja um instrumento que facilite a construção e aprendizagem dos educandos. Os dados recentes mostram que as maiores dificuldades que se encontram nas aulas experimentais é a falta de infraestrutura da escola, a falta de tempo para pesquisa e planejamento para as aulas experimentais (GONÇALVES; MARQUES, 2006).

3.2 Química analítica e suas classificações

A análise química surgiu somente no século XVII, com as experiências de Robert Boyle, um brilhante filósofo e considerado um dos fundadores da química moderna. Ele sistematizou diversas reações químicas conhecidas e propôs novos métodos para testá-las, originando a química analítica por via úmida: um deles foi o uso do tornassol como indicador de ácido e base (RIBEIRO, 2010).

Segundo Hage e Carr (2012) durante a era industrial a utilização da análise química continuou a aumentar e atualmente é uma parte importante de quase todos os aspectos de nossas vidas e são úteis em todos os campos da ciência, a exemplo da biologia, medicina, biotecnologia, agricultura, indústria, engenharia, dentre outras.

A química analítica é uma ciência empregada na realização de medidas, em que se utilizam técnicas e métodos avançados para identificar ou quantificar uma substância e para determinar a estrutura de compostos químicos. Sendo assim, a química analítica desempenha um papel essencial em nosso mundo, no qual podemos usar os resultados analíticos para ajudar na manutenção ou melhora da saúde de um paciente, para regular a qualidade de um produto ou saber se existe vida em Marte (FERREIRA; RIBEIRO, 2011).

Na realização de análises químicas, podem ser obtidas informações qualitativas e quantitativas. A análise qualitativa estabelece a identidade química das espécies presentes em uma amostra. Por sua vez, análise quantitativa determina as quantidades relativas das espécies ou analitos presentes em uma amostra (SKOOG *et al.*, 2006). A maioria das amostras contém uma grande variedade de substâncias e a substância em particular que nos interessa analisar na amostra é denominada de analito (HAGE; CARR, 2012).

A gravimetria é um método quantitativo que determina a concentração de um ou mais analitos, de composição química definida, em uma amostra através da pesagem. A volumetria inclui um grupo de métodos analíticos que consiste em adicionar a solução padrão que é denominada titulante à solução que contém o analito denominada titulado até que a reação entre os dois seja completa (SKOOG *et al.*, 2006). A Figura 1 abaixo mostra os materiais utilizados na volumetria, que são relativamente simples: bureta, suporte universal, Erlenmeyer e proveta.

Figura 1 - Aparelhagem de titulação



Fonte: Titulação no manual da química (ROCHA, 2021, p. 1)

As soluções padrões devem ser formadas por substâncias conhecidas como padrões primários e secundários. Andrade (2020) e Ferreira e Ribeiro (2011) explicam que a solução padrão é um composto ultrapuro que serve como material de referência para métodos volumétricos e, preferencialmente, tem que apresentar as seguintes características: apresentar elevado grau de pureza, ser estável no ar, não ser higroscópica ou volátil, não conter água de hidratação, possuir elevada massa molar para reduzir os erros na pesagem, ser solúvel no meio reativo, reagir de forma rápida com o analito e ser de baixo custo. Somente um número limitado de substâncias padrões primários estão disponíveis comercialmente – e.g. Carbonato de sódio – (Na_2CO_3), hidrogenoftalato de potássio / ($\text{KH}(\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_4)$) e oxalato de sódio ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$). Poucos compostos preenchem estes requisitos; como consequência os compostos

menos puros são utilizados no lugar de um padrão primário que são conhecidos como padrão secundário.

O objetivo de toda titulação é atingir o ponto de equivalência (P.E.) que é um ponto teórico alcançado quando a quantidade de solução padrão (titulante) é exatamente equivalente à quantidade de analito na amostra. O ponto final é um ponto onde se dá por encerrado o processo experimental em uma titulação, quando ocorre uma alteração física associada à condição de equivalência química. Na titulação é importante assegurar que qualquer diferença de massa e volume entre o ponto de equivalência e o ponto final seja pequena. Esta diferença é chamada erro de titulação, como mostra a Equação 1, em que V_{pe} é o volume gasto ao ponto de equivalência e V_{pf} é o volume gasto ao ponto final (SKOOG *et al.*, 2006).

$$\%Et = \frac{|V_{pf} - V_{pe}| \times 100}{V_{pe}} \quad \text{Equação 1}$$

3.3 Volumetria de neutralização

As titulações de neutralização são utilizadas para determinar as quantidades de ácidos e bases. Os reagentes padrão mais utilizados nas titulações ácido e base são ácidos ou bases fortes porque essas substâncias reagem de forma mais completa com o analito e fornecem ponto finais mais nítidos. Os mais utilizados são o ácido clorídrico, ácido perclórico, ácido sulfúrico, hidróxido de sódio e hidróxido de potássio concentrados (SKOOG *et al.*, 2006).

O ponto de equivalência pode ser localizado por um indicador ou um método instrumental. Os indicadores são utilizados a séculos para indicar a acidez ou alcalinidade da água e são classificados em naturais ou sintéticos. Andrade, (2020, p.3) explica que:

Os indicadores ácido-base são substâncias orgânicas do tipo ácido ou base fracas. Os indicadores são adicionados à solução de analito para produzir uma alteração visível (ponto final) próximo ao ponto de equivalência.

Atkins *et al.* (2018) explicam que o mecanismo dos processos de neutralização pode ser entendido através das mudanças de concentração de H^+ durante a titulação. A variação de pH próximo ao ponto de equivalência é um parâmetro importante, porque permite escolher o indicador que provoque o menor erro de titulação possível.

Os indicadores ácido-base são ácidos ou bases orgânicas fracos que apresentam diferentes colorações conforme se apresentam na forma molecular (forma não dissociada) ou na forma iônica (forma dissociada). Por exemplo, o comportamento de um indicador do tipo

ácido, HIn , é descrito pela **Error! Reference source not found.** Se aumentarmos o pH do meio, isto é, diminuindo a concentração de íons H_3O^+ , o equilíbrio se desloca para a direita predominando a cor de In^- . Mas, se diminuirmos o pH, isto é, aumentarmos a concentração de íons H_3O^+ , o equilíbrio se desloca para a esquerda passando a predominar a cor de HIn . A **Error! Reference source not found.** mostra o equilíbrio para um indicador do tipo básico In (SKOOG *et al.*, 2006).



A expressão da constante de equilíbrio para a dissociação de um indicador tipo ácido tem a forma da seguinte **Error! Reference source not found.:**

$$Ka = \frac{[H_3O^+] \times [In^-]}{[HIn]} \quad \text{Equação 4}$$

Rearranjando-a chega-se a **Error! Reference source not found.:**

$$[H_3O^+] = Ka \times \frac{[HIn]}{[In^-]} \quad \text{Equação 5}$$

A alteração da cor é detectada pelo observador quando ocorre dentro de uma faixa-limite de razões de concentração de 10 a 0,1. A **Error! Reference source not found.** descreve o indicador do tipo, HIn , que exibe sua cor ácida pura, e a **Error! Reference source not found.** a sua cor básica (SKOOG *et al.*, 2006).

$$\frac{[HIn]}{[In^-]} \geq \frac{10}{1} \quad \text{Equação 6}$$

$$\frac{[HIn]}{[In^-]} \leq 0,1 \quad \text{Equação 7}$$

Para obter a faixa de potencial hidrogeniônico do indicador, tornarmos o logaritmo das duas expressões, como mostra a **Error! Reference source not found.** e **Error! Reference source not found.**

$$pH_{(cor\ ácida)} = -\log(10 Ka) = pKa - 1 \quad \text{Equação 8}$$

$$pH_{(cor\ básica)} = -\log(0,1Ka) = pKa + 1 \quad \text{Equação 9}$$

A **Error! Reference source not found.** mostra a faixa de transição de pH da maioria dos indicadores tipo ácido (FERREIRA; RIBEIRO 2011).

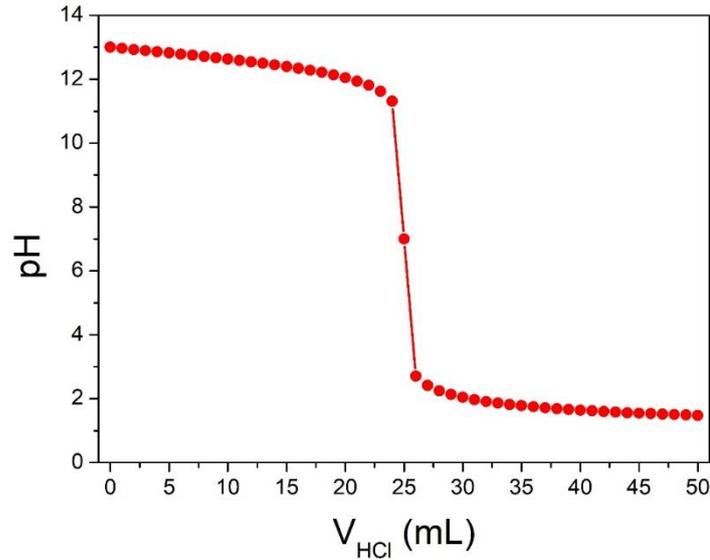
$$Faixa\ de\ pH = pKa \pm 1 \quad \text{Equação 10}$$

Uma solução em que as concentrações dos íons hidrônio e hidróxido são iguais é chamada solução neutra ($pH = 7$). Uma solução ácida ($pH < 7$), possui maior concentração de íons H_3O^+ do que íons OH^- . Já uma solução básica ($pH > 7$), possui maior concentração de íons hidróxido do que íons hidrônio (Atkins *et al.*, 2018).

3.4 Titulação ácido forte-base forte

O gráfico obtido ao final de uma titulação de neutralização é chamado de curva de neutralização ou curva de pH, o qual é obtido pela representação gráfica do pH da solução em função do volume do titulante adicionado durante a titulação, podendo assumir diferentes formas de acordo com o tipo de ácido e base utilizados. Gomes et al. (2018) cita que a curva possui três regiões específicas e os cálculos de pH dividem-se em quatro etapas: (i) antes do início da titulação, (ii) antes de atingir o ponto de equivalência, (iii) no ponto de equivalência e (iv) após o ponto de equivalência.

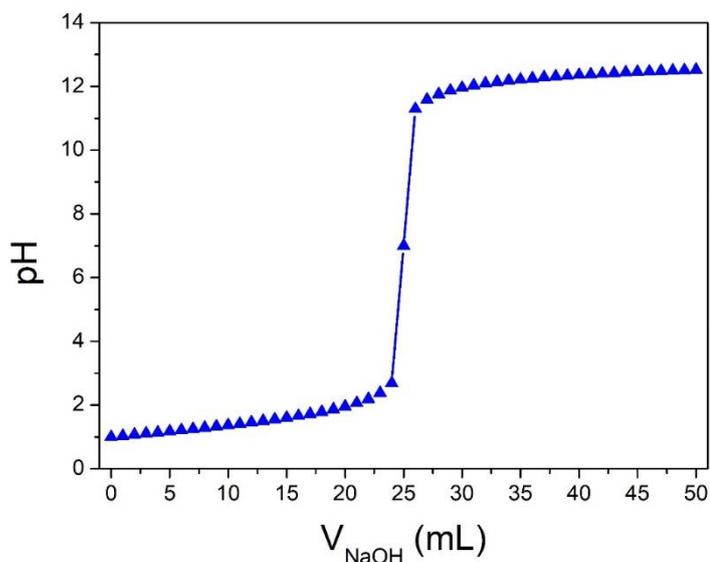
A curva de pH do Gráfico 1 é típica de titulações em que um ácido forte (HCl, 0,1 mol L⁻¹) é adicionado a uma base forte (NaOH, 0,1 mol L⁻¹). Inicialmente, o pH cai lentamente. Então, quando o ponto de equivalência se aproxima, ocorre um decréscimo repentino do pH, passando pelo valor 7. Neste ponto, um indicador muda de cor ou um titulador automático responde eletronicamente à rápida mudança de pH. As titulações terminam, tipicamente, neste ponto. Entretanto, se continuarmos a titulação, veremos que o pH cai lentamente, na direção do valor do ácido, à medida que a diluição devida à solução original do analito se torna cada vez menos importante.



Fonte: Autoria própria, 2022.

O Gráfico 2, tem uma curva de pH típica de uma titulação ácido forte-base forte, onde uma base forte (NaOH, 0,1 mol L⁻¹) é adicionada a um ácido forte (HCl, 0,1 mol L⁻¹). Inicialmente, o pH sobe lentamente. Então, quando o ponto de equivalência se aproxima, ocorre um acréscimo repentino do pH, passando pelo valor 7. Neste ponto, um indicador muda de cor ou um titulador automático responde eletronicamente à rápida mudança de pH. As titulações terminam, tipicamente, neste ponto. Entretanto, se continuarmos a titulação, veremos que o pH sobe lentamente, na direção do valor da base, à medida que a diluição devida à solução original do analito se torna cada vez menos importante.

Gráfico 2 – Gráfico típico de uma titulação base forte-ácido forte.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Todas as quatro etapas a serem consideradas para o cálculo do potencial hidrogeniônico (pH) em uma titulação ácido forte-base forte são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Etapas do cálculo teórico do (pH) de uma titulação ácido forte-base forte.

Titulação Ácido Forte-Base Forte	
Situação 1: Titulante: NaOH, 0,1 mol L ⁻¹ . Analito: HCl, 0,1 mol L ⁻¹ , 25 mL.	Situação 2: Titulante: HCl, 0,1 mol L ⁻¹ . Analito: NaOH, 0,1 mol L ⁻¹ , 25 mL.
$pH = -\log[H_3O^+]$	
Etapas a serem consideradas no cálculo do pH	
Etapa 1: Antes de adicionar uma gota do titulante (<i>pH é dado, exclusivamente, em função da concentração do analito</i>).	
$V_{NaOH} = 0 \text{ mL}$ $[H_3O^+] = [HCl]_{inicial}$	$V_{HCl} = 0 \text{ mL}$ $[OH^-] = [NaOH]_{inicial}$ $[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]}$ Onde, $K_w = 1.10^{-14}$
Etapa 2: Entre adicionar uma gota do titulante e o ponto de equivalência (<i>o analito ainda não foi totalmente neutralizado pelo titulante</i>).	
$0 \text{ mL} < V_{NaOH} < 25 \text{ mL}$ Nesta etapa, a quantidade de ácido (HCl) será maior que a quantidade de base (NaOH). $[H_3O^+] = \frac{[HCl]V_{HCl} - [NaOH]V_{NaOH}}{V_{HCl} + V_{NaOH}}$	$0 \text{ mL} < V_{HCl} < 25 \text{ mL}$ Nesta etapa, a quantidade de base (NaOH) será maior que a quantidade de ácido (HCl). $[OH^-] = \frac{[NaOH]V_{NaOH} - [HCl]V_{HCl}}{V_{NaOH} + V_{HCl}}$ Logo, $[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]}$
Etapa 3: No ponto de Equivalência (<i>neutralização total do analito pelo titulante</i>).	
$V_{NaOH} = 25 \text{ mL}$ Todo o ácido (HCl) foi neutralizado pela base (NaOH). Então, a autoprotólise da água, neste ponto, deve ser considerada. $H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightleftharpoons H_2O_{(aq)}$ $[H_3O^+][OH^-] = K_w$ $pH = 7$	$V_{HCl} = 25 \text{ mL}$ Toda a base (NaOH) foi neutralizada pelo ácido (HCl). Então, a autoprotólise da água, neste ponto, deve ser considerada. $H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightleftharpoons H_2O_{(aq)}$ $[H_3O^+][OH^-] = K_w$ $pH = 7$
Etapa 4: Depois do ponto de equivalência (<i>excesso de titulante</i>).	
$V_{NaOH} > 25 \text{ mL}$	$V_{HCl} > 25 \text{ mL}$

<p>Nesta etapa, a quantidade de base (NaOH) será maior que a quantidade de ácido (HCl).</p> $[OH^-] = \frac{[NaOH]V_{NaOH} - [HCl]V_{HCl}}{V_{HCl} + V_{NaOH}}$ <p>Logo,</p> $[H_3O^+] = \frac{K_w}{[OH^-]}$	<p>Nesta etapa, a quantidade de ácido (HCl) será maior que a quantidade de base (NaOH).</p> $[H_3O^+] = \frac{[HCl]V_{HCl} - [NaOH]V_{NaOH}}{V_{HCl} + V_{NaOH}}$
--	---

Fonte: Autoria própria, 2022.

3.5 Antocianinas

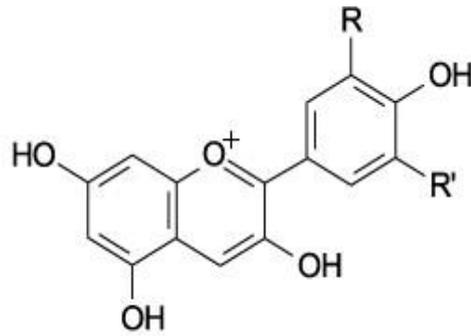
Os compostos fenólicos são metabólitos que contribuem para a coloração do reino vegetal, caracterizados por possuírem um ou mais anéis aromáticos e ao menos uma hidroxila. Geralmente são subdivididos em ácidos fenólicos, flavonoides, tatinos, estilbenos e cumarinas (MASSARETTO, 2013).

O termo antocianina é de origem grega (*anthos*, uma flor, e *kyanos*, azul escuro). A estrutura química das antocianinas é baseada em uma estrutura policíclica de quinze carbonos como mostra na Figura 2. A coloração das antocianinas é influenciada pela substituição dos grupos hidroxila e metoxila na molécula (LOPES *et al.*, 2007).

As antocianinas são moléculas polares devido à presença de grupos substituintes (hidroxilas, carboxilas e metoxilas). Conseqüentemente são mais solúveis em água e éter do que solventes não polares. Essas características ajudam na escolha do método de extração e separação mais eficiente (PÉREZ *et al.*, 2021).

A estabilidade da cor das antocianinas é afetada por diversos fatores como pH, copigmentação, luz, temperatura, metais e oxigênio. Estes fatores que devem ser monitorados após processamento para garantir uma melhor conservação do aspecto sensorial dos produtos. (REIN, 2005).

Figura 2 – Estrutura química das antocianinas



Fonte: Lopes et al. (2007)

Diante dos fatores que afetam a estabilidade das antocianinas o estudo dessa classe de pigmentos torna-se um desafio, sendo que a busca por um ambiente que aumente a sua estabilidade ainda é bastante limitada. Em meio aquoso as antocianinas apresentam uma elevada reatividade dependendo do pH do meio, que provoca mudanças na sua coloração e estrutura devido uma série de reações reversíveis, porém, apresentando uma maior estabilidade em soluções ácidas do que em soluções básicas e neutras (SILVA, 2015).

Um dos motivos do aumento da pesquisa neste campo (antocianinas) durante os últimos tempos, é a necessidade de evitar o uso de corantes sintéticos e passar ao uso de corantes naturais em alimentos e como também a utilidade de indicadores naturais em experimentos analíticos. A utilização das antocianinas no dia a dia proporciona a sociedade uma qualidade de vida melhor, pois esses compostos bioativos podem atuar como antioxidantes, anti-inflamatórios, anticâncer e contribui para o tratamento de doenças crônicas (MATTIOLI *et al.*, 2020).

3.6 Características do arroz vermelho e arroz preto

O arroz é um cereal que contém um valor econômico muito importante na área industrial, sendo encontrado na alimentação da maior parte da população mundial. Ele é extremamente versátil e se adapta em diferentes climas e solos. O Brasil está entre os dez principais produtores mundiais de arroz (MAGALHÃES JÚNIOR *et al.*, 2004). Atualmente no Brasil, os tipos pigmentados de arroz são consumidos por nichos específicos de mercado e associados a tradições culturais de algumas regiões (MASSARETTO *et al.*, 2013).

O arroz preto também é conhecido como (arroz proibido, arroz negro, arroz imperial, arroz chinês ou arroz roxo), foi utilizado exclusivamente por séculos pela realeza Chinesa e na

Ásia. A partir de 1980 a China intensificou seus esforços para melhorar a qualidade do arroz e atualmente existe mais de 50 variedades geneticamente melhoradas e cultivados naquele país (ITO; LACERDA, 2019).

O arroz preto apresenta no pericarpo coloração preta, esta coloração é devido ao teor grande de antocianina em sua camada do pericarpo, contendo a presença de flavonóis, flavonóides e ácido fenólicos que são responsáveis pela atividade antioxidante, contribui para o tratamento de doenças crônicas, possui sabor aromático, grãos longos e resistência ao cozimento (CATENA *et al.*, 2020).

Magalhães Júnior *et al.* (2004) e Santiago (2018) afirmam que no Brasil o arroz vermelho é conhecido como planta daninha por causa dos prejuízos nas lavouras ocasionados pela competição de água, luz e nutrientes que afetam o desenvolvimento do arroz. Ainda pouco conhecido, é cultivado em áreas isoladas no centro-oeste, norte, nordeste, onde recebe diferentes nomes e também considerado um ingrediente comum da culinária regional.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Na proposta metodológica utilizou-se uma abordagem experimental, de caráter qualitativo, de forma explicativa e o tipo de pesquisa no que se refere a meios técnicos de investigação é pesquisa experimental. A sugestão metodológica do seguinte trabalho consistiu em propor um roteiro de aula prática destinado ao ensino médio de química, utilizando extratos vegetais do arroz preto e do arroz vermelho, que contém antocianinas, como alternativa de indicador natural para o ensino de conceitos de volumetria de neutralização, utilizando-o também como indicador de pH em produtos comerciais.

4.1 Experimento didático

➤ **Materiais e reagentes**

Os materiais e reagentes utilizados foram: béqueres 250 mL, pipetas volumétricas, 46 tubos de ensaio, banho térmico, bastão de vidro, papel de filtro, funil, 29rlenmeyer, suporte universal, pHmetro, bureta, proveta, 3 conta gotas e almofariz. Arroz vermelho, arroz preto, ácido clorídrico 0,098 mol. L⁻¹, hidróxido de sódio ± 0.09 mol. L⁻¹, água destilada, etanol, ácido muriático, suco de limão, vinagre, bicarbonato de sódio, água sanitária, soda cáustica, refrigerante sprite, desinfetante e suco de frutas cítricas.

➤ **Preparo do extrato do indicador natural**

A metodologia de extração de antocianinas foi baseada nos métodos relatados por Massaretto *et al.*(2013), com adaptações.

Antes da extração, os grãos de arroz preto e vermelho foram finamente triturados em um almofariz. Logo em seguida, pesou-se 10 g do pó do arroz triturado e o adicionou em um Becker com 100 mL, relação amostra/solvente de 1:10 (g/mL), de solução hidroalcolica de etanol e água, relação 60:40 (v/v). Essa suspensão foi submetida sob agitação constante a 50 ± 20°C por 30 min e em seguida filtrou-se a solução. Esse procedimento foi realizado para o arroz preto e arroz vermelho.

➤ **Volumetria de neutralização**

A metodologia de titulação de neutralização foi fundamentada nos métodos descritos por Guimarães *et al.* (2012).

Mediu-se com uma pipeta graduada 20 mL de solução de HCl 0,098 mol. L⁻¹ e transferiu-se para um béquer de 250 mL. Logo após, mediu-se em uma proveta 100 mL de água destilada que foi posteriormente adicionada a solução. Depois, com o conta gotas, adicionou-se 60 gotas do extrato do indicador do arroz preto na solução ácida. Em seguida, completou-se a bureta com a solução de hidróxido de sódio ± 0.09 mol. L⁻¹ já padronizada e iniciou-se a titulação sob incessante agitação até haver a mudança de cor; o pH da solução com o pHmetro. Repetiu-se o mesmo procedimento utilizando o extrato de indicador do arroz vermelho.

➤ **Aplicação do extrato em produtos comerciais**

Preparou-se dez tubos de ensaio contendo uma quantidade significativa dos seguintes produtos comerciais: água destilada, etanol, ácido muriático, suco de limão, vinagre, bicarbonato de sódio, água sanitária, soda cáustica, refrigerante sprite, desinfetante e suco de frutas cítricas. Logo após, adicionou-se 40 gotas do extrato do arroz preto em cada tubo de ensaio e em seguida verificou-se as mudanças de cores. Realizou-se a mesma metodologia, mas adicionando-se 40 gotas do extrato de arroz vermelho.

➤ **Preparação das soluções varrendo toda a escala de pH**

Na preparação das soluções de pH entre 1 e 6, partiu-se da solução padrão de HCl 0,1 mol. L⁻¹. Para a solução de pH igual a 1 retirou-se 10 mL da solução padrão de HCl (0,1 M). Em seguida, fez-se diluições consecutivas para a obtenção das demais soluções (pH = 2, 3, 4, 5 e 6). Utilizou-se uma metodologia similar para a preparação das soluções de pH entre 8 e 13, partindo-se de uma solução de hidróxido de sódio de concentração 0,1 mol. L⁻¹. Para obtenção da solução com o potencial hidrogeniônico neutro (pH=7) retirou-se uma amostra de 10 mL de água destilada. Em seguida adicionou-se 20 gotas do extrato do arroz preto em cada solução e observou-se as mudanças de cores.

Repetiu-se a mesma metodologia para a preparação das soluções acima, mas adicionando 20 gotas do extrato de arroz vermelho em cada solução e observou-se as mudanças de cor.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Extração das antocianinas

A Figura 3 (a) mostra o arroz vermelho que foi utilizado para a extração das antocianinas, um arroz bastante utilizado na culinária paraibana. A Figura 3 (b) mostra o tipo de arroz preto utilizado para a extração das antocianinas, um arroz comum na culinária chinesa, mas nos últimos tempos vem sendo bastante explorado no Brasil. Pode-se inferir uma maior facilidade no processo de extração das antocianinas do arroz preto devido a sua coloração violeta bem chamativa e pigmentada. Já o extrato do arroz vermelho não apresentou uma coloração intensa, mas sim um amarronzado.

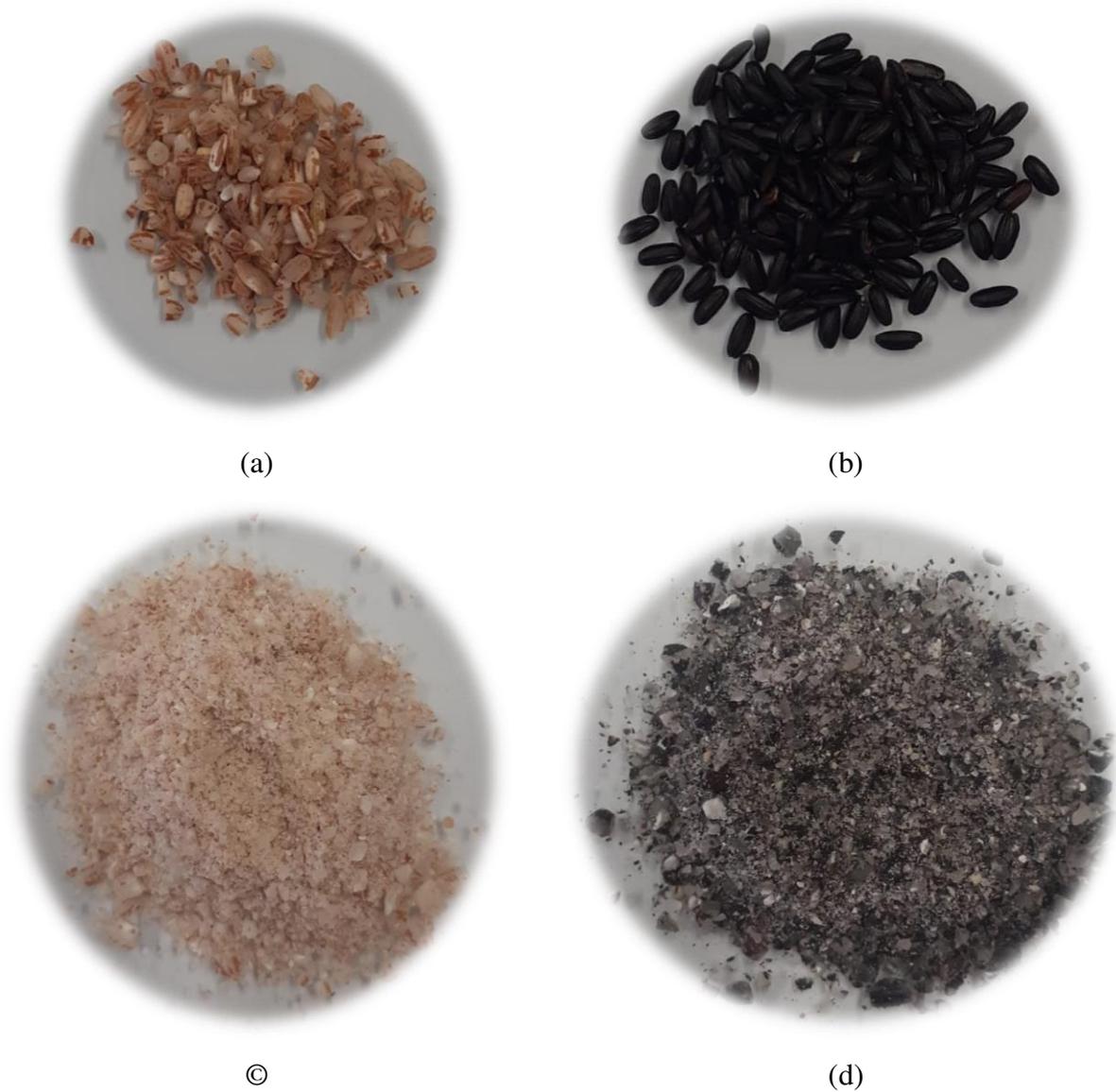
Figura 3 – Imagem do arroz vermelho (a) e do arroz preto (b)



Fonte: Autoria própria, 2022.

A Figura 4 apresenta os grãos do arroz vermelho (a) e arroz preto (b) antes de serem triturados no almofariz e após a trituração (c) e (d), respectivamente. O processo de trituração dos grãos de arroz foi realizado para aumentar a área de contato dos grãos de arroz na etapa de extração das antocianinas; consequentemente, aumentar a eficiência da extração.

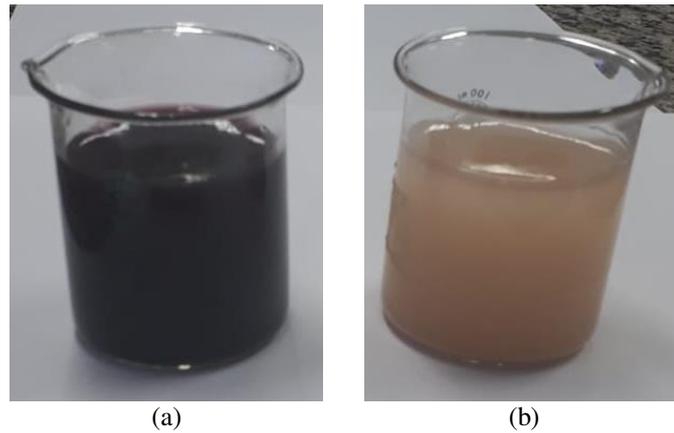
Figura 4 – Grãos do arroz vermelho (a) e arroz preto (b) antes de serem triturados e após a trituração (c) e (d), respectivamente.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Após a etapa de extração das antocianinas do arroz preto e arroz vermelho com solução hidroalcolólica de etanol e água 60:40 (v/v), observou-se que os extratos obtiveram a coloração correspondente à do arroz trabalhado. O arroz preto apresentou um extrato de cor preto/roxo como mostra a Figura 5 (a), e o extrato do arroz vermelho apresentou a cor marrom-amarelado Figura 5 (b).

Figura 5 – Extrato do arroz preto (a) e do arroz vermelho (b).



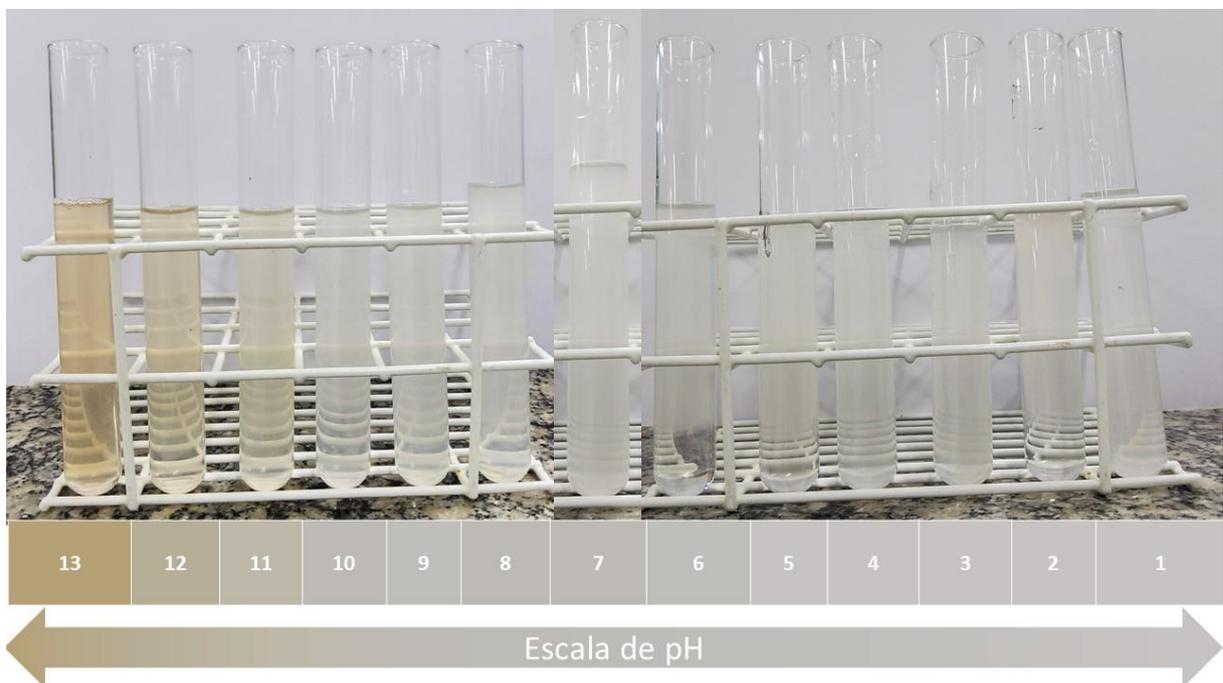
(a) (b)

Fonte: Autoria própria, 2022

5.2 Varredura do pH com os indicadores naturais

O extrato de arroz vermelho não apresentou mudanças significativas em sua cor para uma faixa de potencial hidrogeniônico entre 1 e 10. A coloração obtida para essa faixa de pH foi incolor. Apenas para os valores de pH iguais a 11, 12 e 13 é que se observou uma coloração âmbar aumentando de intensidade nessa ordem, respectivamente (ver Figura 6).

Figura 6 – Monitoramento das cores obtidas ao adicionar-se 20 gotas do extrato de arroz vermelho

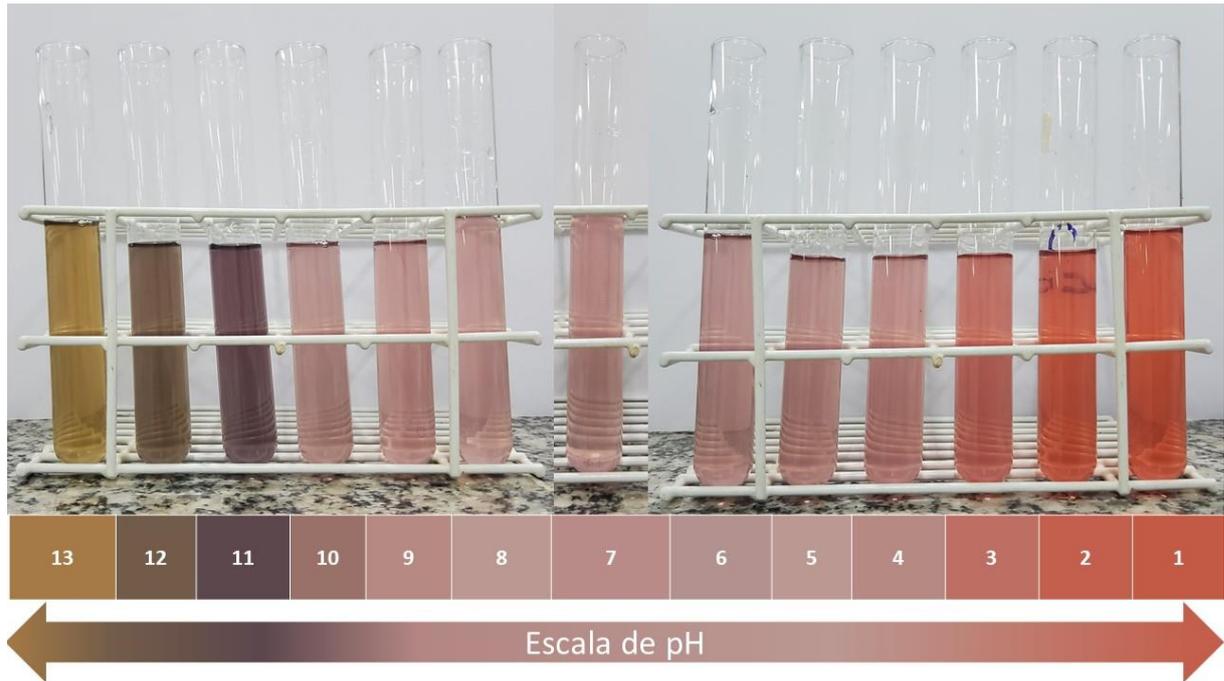


Fonte: Autoria própria, 2022.

O extrato de arroz preto apresentou uma variação de cores bem maior do que o extrato do arroz vermelho (ver Figura 7). Para os valores de pH 1, 2 e 3 a cor apresentada pelo

indicador do arroz preto foi vermelha e quanto mais ácido for o meio mais forte foi a tonalidade da cor vermelha apresentada. Na região intermediária da escala de pH, entre 4 e 10, a coloração obtida foi rosa (vermelho claro) com pequenas variações. Em pH 11 o indicador manifestou a cor roxa, pH 12 a cor marrom e pH 13 a cor âmbar.

Figura 7 – Monitoramento das cores obtidas ao adicionar-se 20 gotas do extrato de arroz preto



Fonte: autoria própria, 2022.

5.3 Titulação de neutralização Ácido forte – Base forte

A Tabela 1 mostra os resultados da titulação utilizando o extrato do arroz preto como indicador ácido-base natural. Mediu-se o pH da solução titulada com o pHmetro durante pontos específicos da titulação. Inicialmente, o pH aumenta lentamente (entre pH 1 e 3); próximo ao ponto estequiométrico ocorreu um acréscimo repentino do potencial hidrogeniônico passando pelo pH igual a 7; depois, o pH aumenta lentamente mais uma vez (entre pH 11 e 13) – ver Gráfico 3. O ponto final da titulação foi identificado ao se adicionar o volume de 22 mL da solução de NaOH 0,09 M, correspondendo a mudança de cor do indicador em pH = 10,42 passando da cor rosa para roxa. O ponto de equivalência para essa titulação é 21,78 mL da solução de NaOH 0,09 M adicionado (ver cálculo abaixo).

$$C_{NaOH}V_{NaOH} = C_{HCl}V_{HCl}$$

$$(0,09 \text{ mol L}^{-1})V_{\text{NaOH}} = (0,098 \text{ mol L}^{-1})(20 \text{ mL})$$

$$V_{\text{NaOH}} = 21,78 \text{ mL}$$

O erro percentual experimental dessa medida é:

$$\%erro = \frac{|Ponto \text{ Final} - Ponto \text{ de Equivalência}|}{Ponto \text{ de Equivalência}} \cdot 100$$

$$\%erro = \frac{|22 \text{ mL} - 21,78 \text{ mL}|}{21,78 \text{ mL}} \cdot 100$$

$$\%erro = 1\%$$

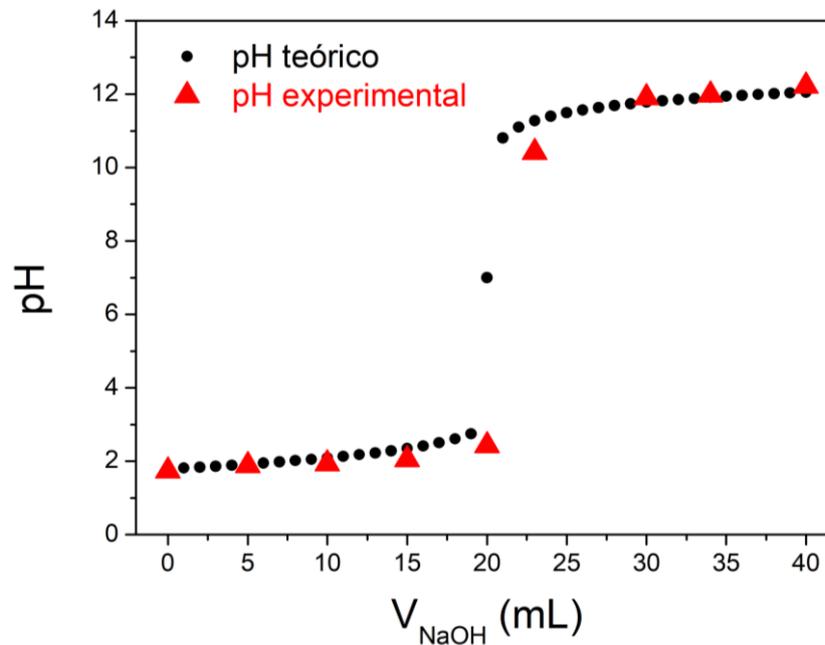
Atkins *et al.*, (2018) explicam que o erro experimental é menor que 5% ou seja, o indicador se mostrou ser eficiente na identificação do ponto estequiométrico da titulação ácido forte base forte.

Tabela 1 – Titulação com extrato do arroz preto

Volume NaOH adicionado (mL)	pH teórico	pH experimental (pHmetro)	Cor da solução
0	1,8	1,73	Vermelho
5	1,9	1,88	Vermelho
10	2,1	1,93	Vermelho
15	2,4	2,04	Vermelho
20	2,9	2,43	Rosa claro
22	11,1	10,42	Rosa claro
30	11,8	11,90	Roxa
35	12,0	12,05	Marrom
40	12,1	12,22	Âmbar

Fonte: Autoria própria, 2022.

A titulação utilizando o extrato do arroz vermelho como indicador ácido-base não foi exitosa. Portanto não discutimos e não se colocou os resultados. Observou-se que durante a titulação ácido forte-base forte não houve uma mudança de cor nítida em torno do ponto estequiométrico ($V_{\text{NaOH}} = 21,78 \text{ mL}$), dificultando a visualização do ponto final. Notou-se que a mudança de cor se torna nítida com o passar do tempo, passando de um marrom claro para amarelado escuro. Todavia, precisa-se de um indicador que dê uma resposta imediata para identificar o ponto final sem maiores erros experimentais.



Fonte: Autoria própria, 2022.

5.4 Aplicação dos indicadores em substâncias comerciais

Utilizou-se os extratos de arroz vermelho e arroz preto para indicar o pH de diversos produtos comerciais. Pode-se afirmar que o extrato de arroz preto apresentou maior precisão e riqueza de cores para identificar substâncias em diversas faixas de potencial hidrogeniônico.

Baseado nas cores observadas para as diversas faixas de pH obtidas na seção Varredura do pH com os indicadores naturais, tanto para o extrato de arroz vermelho (ver Figura 6), como para o extrato de arroz preto (ver Figura 7), construiu-se uma escala de cores específicas para os potenciais hidrogeniônicos compreendidos entre 1 e 13. Em todas as figuras de identificação do pH das substâncias nesta seção (da Figura 8 a Figura 15), a escala de cores a direita corresponde ao indicador ácido-base proveniente do extrato de arroz preto e a escala de cores a esquerda corresponde ao indicador ácido-base proveniente do arroz vermelho.

A primeira substância comercial analisada foi o ácido muriático (ácido clorídrico) e de acordo com a escala indicadora de pH do extrato de arroz preto que se encontra a direita, o pH correspondente para essa substância é um (1), apresentando uma cor vermelho intenso (ver Figura 8). A escala indicadora de pH do extrato de arroz vermelho que se encontra a esquerda não permite identificar uma faixa de pH específica para o ácido muriático, pois permanece na cor incolor entre pH 1 e 10.

Figura 8 – Identificação do pH do ácido muriático utilizando os extratos de arroz preto e arroz vermelho.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Após extrair-se o sumo do limão e adicionar os extratos do arroz preto e arroz vermelho em dois tubos de ensaios diferentes, verifica-se que o extrato de arroz preto indica um pH igual a 2, mostrando uma cor vermelha. E o extrato de arroz vermelho não permite a identificação de uma faixa de pH mais específica para o sumo do limão (ver Figura 9).

Figura 9 - Identificação do pH do sumo do limão utilizando os extratos de arroz preto e arroz vermelho.



Fonte: Autoria própria, 2022.

A identificação do potencial hidrogeniônico para a Figura 10, um refrigerante sprite e o suco de frutas cítricas (ver Figura 11) seguiu a mesma tendência apresentada na análise do ácido muriático e do sumo do limão. Sendo assim, o extrato do arroz preto apresentou um pH entre três e quatro, indicando uma coloração vermelha para o refrigerante sprite e o suco de

frutas cítricas. O extrato de arroz vermelho não possibilitou identificar uma faixa de pH específica para esses produtos comerciais.

Figura 10 – Identificação do pH da refrigerante sprite utilizando os extratos de arroz preto e arroz vermelho.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 11 – Identificação do pH do suco de frutas cítricas utilizando os extratos de arroz preto e arroz vermelho.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Ao analisarmos o bicarbonato de sódio (Figura 12) e o desinfetante (Figura 13), pode-se observar que de acordo com a escala indicadora de pH do extrato de arroz preto, o pH correspondente para essa substância é onze. A escala indicadora de pH do extrato de arroz vermelho não permite identificar uma faixa de pH específica para o bicarbonato de sódio e desinfetante, pois permanece na cor incolor entre pH 1 e 11.

Figura 12 – Identificação do pH do bicarbonato de sódio utilizando os extratos de arroz preto e arroz vermelho.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 13 - Identificação do pH do desinfetante utilizando os extratos de arroz preto e arroz vermelho.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Ao analisarmos a água sanitária (Figura 14), pode-se observar uma mudança de cor amarelada, na faixa de pH 12 na escala de pH do extrato do arroz preto que se encontra a esquerda. Já na escala de pH do extrato do arroz vermelho que se encontra a direita, não permitiu identificar uma faixa de pH específica.

Figura 14 - Identificação do pH da água sanitária utilizando os extratos de arroz preto e arroz vermelho.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Por fim, a soda cáustica, na escala de pH do extrato do arroz preto a esquerda, pode-se identificar a faixa de pH treze (ver Figura 15) apresentando uma coloração âmbar e a escala do pH do extrato do arroz vermelho a esquerda, pode-se observar uma cor amarelada em torno do pH treze.

Figura 15 - Identificação do pH da soda cáustica utilizando os extratos de arroz preto e arroz vermelho.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Quando adicionamos o extrato em produtos de caráter básico ocorreu mudanças de cores bem específicas. Podemos afirmar que o extrato do arroz preto atua como um bom indicador natural, pois em cada faixa específica de pH ocorre mudanças de cores bem nítidas. Em seguida, utilizou-se o extrato de arroz vermelho em produtos comerciais: os produtos de caráter ácido, o indicador permaneceu com sua cor cinza. Entretanto à medida que o pH

aumenta houve uma mudança de cor, mas não muito nítida. Podemos afirmar que, em meios extremamente básicos o extrato de arroz vermelho atua como um indicador, mas não com muita eficácia.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa teve como objetivo propor um experimento didático no qual são empregados extratos brutos de espécies vegetais contendo antocianinas. O principal objetivo do trabalho foi desenvolver uma proposta experimental para aulas do ensino médio de química, utilizando extratos vegetais de arroz preto e arroz vermelho como uma alternativa de um indicador natural para ensinar conceitos de volumetria de neutralização e na identificação do pH em produtos comerciais.

Verificou-se que o extrato do arroz preto possui maior eficácia como indicador natural em titulações de neutralização de base forte e ácido forte, pois apresentou uma mudança de cor nítida no ponto final da titulação. Paralelamente, averiguou-se que o extrato do arroz preto também atuou como um bom indicador natural na identificação do pH em produtos comerciais e apresentou uma sensibilidade de cores bem maior do que o extrato do arroz vermelho.

O arroz preto não é muito utilizado na culinária brasileira pelo fato de ser um arroz exótico, pouquíssimo cultivado no Brasil e de um custo alto. Mas, apresentou resultados relevantes e positivos na pesquisa. Já o arroz vermelho é muito utilizado na culinária brasileira, bastante cultivado no Brasil e de baixo custo. O fato de o extrato do arroz vermelho não apresentar uma mudança de cor visível no ponto final da titulação dificulta obter resultados satisfatórios e com menos erros experimentais.

O presente trabalho propôs um experimento didático utilizando o extrato do arroz preto como uma alternativa de um indicador natural em titulações de neutralização de um ácido forte com base forte. Tem como objetivo futuro contribuir para uma aprendizagem mais significativa do aluno e ampliar sua gama de conhecimentos a respeito de conceitos básicos de química. Espera-se que essa proposta de experimento didático favoreça as associações interdisciplinares, usando materiais presentes no cotidiano dos alunos e despertando sua expectativa ao assunto. Presentemente, teve como objetivo expandir as possibilidades de indicadores naturais com maior eficácia no ensino da química e despertar o interesse pelo uso de indicadores naturais em vez de indicadores sintéticos em experimentos didáticos.

Em relação a trabalhos futuros, este trabalho fornece algumas opções no que diz respeito a continuidade do desenvolvimento de experimentos didáticos com o extrato do arroz preto. A primeira proposta é utilizar o extrato do arroz preto como indicador natural em

titulações de base forte e ácido fraco, assim como na criação de papeis indicadores de pH. Outra sugestão é desenvolver um procedimento para a demonstração de princípios básicos de cromatografia em papel, na separação e identificação de antocianinas presentes no extrato do arroz preto. Analisar o extrato do arroz preto, via IR, para a determinação de antocianinas totais, monoméricas, polifenóis totais e capacidade antioxidante e utilizar esse conjunto de experimentos de forma didática pedagógica.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, José Carlos de. Química analítica básica: Volumetria de neutralização-conceitos e curvas de titulação. **Revista Chemkeys**, Campinas - SP, 23 jun. 2020. v. 2, p. 1-14. Disponível em: <https://econtents.bc.unicamp.br/inpec/index.php/chemkeys/article/view/13737>. Acesso em: 5 junho 2021.

ATKINS, Peter. JONES, Loretta. LAVERMAN, Leroy. **Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 7ª ed. [s.l]. Bookman, 2018. 1094 p. ISBN 978-8582604618.

BRASIL. **Ministério da Educação Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.bts.senac.br/bts/article/view/664>. Acesso em 3 maio 2021.

CATENA, S. RAOTOMANOMANA, N. ZUNIN, P. BOGGIA, R. TURRINI, F. CHEMAT, F. Solubility study and intensification of extraction of phenolic and anthocyanin compounds from *Oryza sativa* L. 'Violet Nori'. **Ultrasonics Sonochemistry**, França, v. 68, n.1350-4177, 10 junho 2020. Elsevier B.V, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105231>. Acesso em: 15 julh 2021.

DORNELLES, Sylvio Henrique Bidel. **Caracterização de acessos polimórficos de arroz vermelho do Rio Grande do sul por descritores morfológicos e microssatélites**. 2009. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2009.

FERREIRA, Rafael de Queiroz. RIBEIRO, Josimar. **Química Analítica II**. Vitória-ES: UFES, Núcleo de Educação Aberta e a Distância, 2011. ISBN: 9788560312610.

GIORDIAN, Marcelo. O papel da experimentação no ensino de ciências. São Paulo – SP, **II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p.1-13, 1999. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/iienpec/Dados/trabalhos/A33.pdf>. Acesso em: 12 maio 2021.

GOMES, Sandra Inês Adamns Angnes. MATIAS, Tatiana Brescovite. GIUSTI, Edneia Durli. SANTOS, Vanessa Machado da Silva. **Volumetria de neutralização: abordagens Teórico-Experimentais**. São Carlos-SP: Pedro & João Editores. 163p, 2018. ISBN: 978-85-7993-502-2.

GONÇALVES, Fábio. Peres. MARQUES, Carlos Alberto. Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 2, p. 219–238, 2006.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. Experimentação no ensino de química: Caminhos e descaminhos rumos à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, agosto, 2009.

GUIMARÃES, Wesson. ALVES, Maria Isabel Ribeiro. FILHO, Antoniosi Nelson Roberto. Antocianinas em extratos vegetais: aplicação em titulação ácido-base e identificação via

cromatografia líquida/espectrometria de massas. Goiânia -GO, **Química Nova**, v. 35, n. 8, p. 1673–1679, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422012000800030&lng=pt&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 15 junh 2021.

HAGE, David S. CARR, James D. **Química analítica e análise quantitativa**. Pearson, 1. ed. 2012. ISBN: 8576059819.

ITO, Vivian Cristina. LACERDA, Luiz Gustavo. Black rice (*Oryza sativa* L.): A review of its historical aspects, chemical composition, nutritional and functional properties, and applications and processing technologies. **Food Chemistry**, v. 301, n. 125304, 31 de julho 2019. Elsevier B.V, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125304>. Acesso em: 20 julh.2021.

LOPES, Toni Jefferson. XAVIER, Marcelo Fonseca. QUADRI, Mara Gabriela Novy. QUADRI, Marinho Bastos. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.3, p. 291-297, jul-set, 2007. DOI: 10.18539/CAST.V13I3.1375.

MAGALHÃES JÚNIOR, Ariano Martins de. GOMES, Algenor da Silva. SANTOS, Alberto Baêta dos. **Sistema de cultivo de arroz irrigado no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 270, 2004. ISSN: 1676-7683.

MASSARETTO, Isabel Louro. **Características químicas e nutricionais de arroz preto, vermelho e selvagem e comparação e comparação por análise estatística multivariada**. 2013. p. 153. Tese (doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental, São Paulo, 2013.

MATTIOLI, Roberto. FRANCIOSO, Antonio. MOSCA, Luciana. SILVA, Paula. Anthocyanins: A Comprehensive Review of Their Chemical Properties and Health Effects on Cardiovascular and Neurodegenerative Diseases. **Molecules**, v. 25, n. 17, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/17/3809>. Acesso em: 10 jun 2021.

PÉREZ, Byron. ENDARA, Andrea. GARRIDO, Javier. RAMIREZ-CÁRDENAS, Lucía. Extraction of anthocyanins from mortiño (*Vaccinium floribundum*) and determination of their antioxidant capacity. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, v. 74, n. 1, p. 9453–9460, 2021. Disponível em: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/89089>. Acesso em: 12 jun 2021.

PIERINI, Max F. ROCHA, Natasha C. FILHO, Moacelio V Silva. CASTRO, Helena C. LOPES, Renato M. Aprendizagem Baseada em Casos Investigativos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 112–119, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20150027>. Acesso em: 10 jun 2021.

REIN, Maarit. **Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins**. 2005. p. 87. Dissertação acadêmica - University of Helsinki, Department of Applied Chemistry and Microbiology Food Chemistry Division, Helsinki, 2005. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf071205v>. Acesso em: 12 jun 2021.

RIBEIRO, J. **Química Analítica I**. Vitória, ES : Universidade Federal do Espírito Santo,

Núcleo de Educação Aberta e a Distância, p. 83, 2010. ISBN: 9788599510902.

SANTIAGO, Aryadne Karoline Carvalho. **Compostos antioxidantes em variedades de arroz branco, vermelho e preto em diferentes processamentos tecnológicos**. 2018. p. 1–38, TCC (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cuiába, 2018.

SILVA, Cassio Pacheco da. **Complexos de Inclusão de Antocianinas e Análogos Sintéticos de Antocianinas**. 2015. p.87, Dissertação (mestrado) – Instituto de Química da Universidade de São Paulo, Departamento de Química Fundamental, São Paulo, 2015.

SKOOG, F. J. H. DONALD M. WEST, STANLEY R. CROUCH, DOUGLAS A. **Fundamentos de química analítica**. 8ª. Ed. Tradução norte-americana. São Paulo: Thomson, 2006. ISBN: 8522116601,9788522116607.

APÊNDICE A: PROPOSTA DE ROTEIRO EXPERIMENTAL PARA VOLUMETRIA DE NEUTRALIZAÇÃO



INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA – CAMPUS SOUSA

PROFESSOR (A): ANA KELLY DA SILVA LOPES

DISCIPLINA: QUÍMICA

ALUNO:

AULA PRÁTICA – VOLUMETRIA DE NEUTRALIZAÇÃO

1 OBJETIVOS

- Adquirir os conhecimentos básicos sobre Volumetria de Neutralização.
- Determinar a concentração de uma amostra de ácido clorídrico utilizando o extrato do arroz preto como indicador natural.

2 INTRODUÇÃO

Quando no laboratório à necessidade de determinar a concentração em quantidade de matéria (mol/L) de alguma solução, costuma-se usar uma técnica de análise volumétrica denominada titulação ou volumetria. A volumetria inclui um grupo de métodos analíticos que consiste em adicionar uma solução padrão, que é denominada titulante, solução que contém o analito, denominada titulado, até que a reação entre os dois seja completa (SKOOG *et al.*, 2006).

A volumetria de neutralização ou volumetria ácido-base é um método de análise baseado na reação entre íons H_3O^+ e OH^- . Essa classe de método volumétrico consiste na titulação de ácidos com soluções padrões alcalinas ou de bases com soluções padrões ácidas, caracterizando-se por variações de pH ao longo do processo (VASCONCELOS, 2019). O objetivo de toda titulação é atingir o ponto de equivalência (P.E.) que é um ponto teórico alcançado quando a quantidade de solução padrão (titulante) é exatamente equivalente à quantidade de analito na amostra. O ponto final é um ponto onde se dá por encerrado o processo experimental em uma titulação, quando ocorre uma alteração física associada à condição de equivalência química (SKOOG *et al.*, 2006).

Os indicadores são utilizados a séculos para indicar a acidez ou alcalinidade da água e são classificados em naturais ou sintéticos. Andrade (2020) explica que os indicadores ácido-base possuem natureza orgânica e são ácidos ou bases fracas, cujas formas dissociadas apresentam diferentes cores das formas não-dissociadas. Os indicadores são adicionados à solução de analito para produzir uma alteração visível (ponto final) próximo ao ponto de equivalência.

As antocianinas apresentam cores diferentes dependendo do potencial hidrogeniônico do meio em que se encontram, tornando possível o seu uso como indicador natural, podendo ser utilizado como recurso didático para o ensino de conceitos de volumetria de neutralização e na identificação do pH em produtos comerciais. Quimicamente, esses pigmentos são compostos fenólicos pertencentes ao grupo dos flavonoides, grupo de pigmentos naturais amplamente distribuídos no reino vegetal. São compostos solúveis em água e altamente instáveis em temperaturas elevadas. A estrutura química das antocianinas é baseada em uma estrutura policíclica de quinze carbonos e a sua coloração é influenciada pela substituição dos grupos hidroxila e metoxila na molécula (LOPES *et al.*, 2007).

O arroz preto é considerado um bom indicador natural, que pode ser utilizado em experimentos analíticos e na identificação do potencial hidrogeniônico em produtos comerciais. O arroz preto pertence a espécie *Oryza sativa L*, que vem ganhando espaço na culinária pela sua grande variedade e por ser um produto exótico. Apresenta no pericarpo coloração preta é devido ao elevado teor de antocianina em sua camada do pericarpo, contendo a presença de flavonóis, flavonoides e ácido fenólicos que são responsáveis pela atividade antioxidante, contribui para o tratamento de doenças crônicas, possui sabor aromático, grãos longos e resistência ao cozimento (CATENA *et al.*, 2020).

Em titulações de neutralização o extrato do arroz preto é considerado um bom indicador natural, principalmente do tipo base forte e ácido forte. O ácido clorídrico é um ácido forte, considerado volátil, o que significa que passa com facilidade para o estado de vapor em condições ambientes. Ele é bastante corrosivo, utilizado na limpeza e decapagem de metais, na produção de tintas, couros e corantes; na redução de ouro, na acidificação em poços de petróleo, na hidrólise de amidos e proteínas. Pode ser encontrado também em nosso próprio organismo, estando presente no suco gástrico do estômago, cuja ação é ajudar na digestão dos alimentos.

3 MATERIAIS E REAGENTES

- Béqueres;
- Banho térmico;
- Papel de filtro;
- Erlenmeyer;
- Bureta;
- Provetas;
- Conta gotas;
- Arroz preto;
- Hidróxido de sódio 0,1 mol L⁻¹ (NaOH);
- Etanol;
- Pipetas volumétricas;
- Bastão de vidro;
- Funil;
- Suporte universal;
- Balança;
- Agitador magnético;
- Almofariz;
- Ácido Clorídrico (HCl);
- Água destilada;

4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Parte 1: Preparação do extrato do arroz preto

1. Pesar em uma balança analítica exatamente 10 g do arroz preto.
2. Transferir para um almofariz e triturar até que fique um pó.
3. Logo em seguida, transferir o pó de arroz preto ao um béquer; com auxílio de uma proveta, adicionar 60 mL de etanol e 40 mL de água destilada.
4. Submeter a agitação constante em banho térmico à $50 \pm 20^\circ\text{C}$ por 30 minutos.
5. Por último, utilizar o funil com o papel de filtro e filtrar a solução e armazenar.

Parte 2: Titulação de uma amostra de HCl com NaOH padrão 0,1 mol L⁻¹

1. Lavar a bureta com hidróxido de sódio (NaOH) padrão e encher a bureta. Eliminar possíveis bolhas de ar localizadas abaixo da torneira e ajustar o nível do líquido para o valor zero.
2. Transferir 20 mL de HCl 0,1 mol L⁻¹ para um béquer de 250 mL.
3. Em seguida, adicionar 60 gotas do extrato do arroz preto e agitar.
4. Ligar o agitador magnético e logo após adicionar adequadamente quantidades de solução padrão de NaOH até ocorrer uma mudança de cor.
5. Anotar o volume de NaOH 0,1 mol/L⁻¹ adicionado e repetir mais duas vezes a titulação.
6. Calcular a média dos volumes de NaOH 0,1 mol/L gastos. Com os dados obtidos, calcular a concentração da solução de HCl utilizada.

5 QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

- 1) Defina: indicadores naturais e sintéticos.
- 2) Qual a importância de utilizar indicadores naturais em experimentos analíticos ao invés de indicadores sintéticos?
- 3) Qual a diferença de ponto de equivalência e ponto final?
- 4) O extrato do arroz preto proporcionou uma mudança de cor nítida na titulação? Cite qual foi a cor visualizada.
- 5) Qual a concentração da solução de HCl utilizada na titulação?
- 6) Cite algumas vantagens e desvantagens da utilização do extrato de arroz preto como indicador natural em titulações de neutralização.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, José Carlos de. Química analítica básica: Volumetria de neutralização-conceitos e curvas de titulação. **Revista Chemkeys**, Campinas - SP, 23 jun. 2020. v. 2, p. 1-14. Disponível em: <https://econtents.bc.unicamp.br/inpec/index.php/chemkeys/article/view/13737>. Acesso em: 5 junho 2021.

CATENA, S. RAOTOMANOMANA, N. ZUNIN, P. BOGGIA, R. TURRINI, F. CHEMAT, F. Solubility study and intensification of extraction of phenolic and anthocyanin compounds from *Oryza sativa* L. 'Violet Nori'. **Ultrasonics Sonochemistry**, França, v. 68, n.1350-4177, 10 junho 2020. Elsevier B.V, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105231>. Acesso em: 15 julh 2021.

LOPES, Toni Jefferson. XAVIER, Marcelo Fonseca. QUADRI, Mara Gabriela Novy. QUADRI, Marinho Bastos. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.3, p. 291-297, jul-set, 2007. DOI: 10.18539/CAST.V13I3.1375.

SKOOG, F. J. H. DONALD M. WEST, STANLEY R. CROUCH, DOUGLAS A. **Fundamentos de química analítica**. 8ª. Ed. Tradução norte-americana. São Paulo: Thomson, 2006. ISBN: 8522116601,9788522116607.

VASCONCELLOS, Nadja Maria Sales de. **Fundamentos de química analítica quantitativa**. 2ª. Ed. EdUCE. Fortaleza – Ceará, 2019.

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC

Assunto: TCC
Assinado por: Ana Lopes
Tipo do Documento: Tese
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Ana Kelly da Silva Lopes, ALUNO (201618740156) DE LICENCIATURA EM QUÍMICA - SOUSA, em 13/07/2022 11:54:42.

Este documento foi armazenado no SUAP em 13/07/2022. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 570120
Código de Autenticação: 08f1c3322e

