

# O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)



O ensino e a pesquisa em  
**QU**  **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes editoriais**

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federac do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

#### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

E59 O ensino e a pesquisa em química / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-428-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.280212608>

1. Química - Estudo e ensino. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 540.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

O e-book: “O ensino e a pesquisa em química” volume I é constituído por quinze capítulos de livro que tratam das seguintes temáticas: processo de ensino-aprendizagem em química e desenvolvimento sustentável. Em relação a primeira temática, está é abordada em diferentes contextos e práticas que se encontram presente em doze dos quinze capítulos deste primeiro volume. Os trabalhos selecionados buscam investigar a diversidade de fatores que podem contribuir de forma positiva ou negativa nos diferentes processos de ensino-aprendizagem em química dentro ou fora do âmbito escolar. A disciplina de química é uma área das denominadas ciências da natureza ou ciências naturais que exigem uma grande capacidade de abstração para o entendimento de seus conceitos e como estes podem estar relacionados ao ambiente no qual o aluno se insere. Além disso, este campo do saber demanda a visualização de seus pressupostos teóricos em práticas por meio da experimentação que presume um espaço destinado à visualização ou o laboratório de química. Entretanto, este espaço não se faz presente em função da falta de recursos financeiros e projetos de políticas públicas voltadas para oferecer condições dos estabelecimentos da educação básica, manter um espaço destinado à experimentação química.

Neste contexto, os professores de química são desafiados a buscar alternativas para a experimentação a ser desenvolvida dentro do ambiente de sala ou em áreas abertas sem infra- estrutura necessária. Neste sentido, os trabalhos trazem abordagens sob diferentes óticas de experiências relatadas por intermédios de Práticas Pedagógicas Inovadoras (PPI), metodologias ativas de ensino e propostas de pesquisas realizadas na busca por materiais alternativos para substituir os tradicionais de alto custo e de difícil acesso. Tais experiências também são relatadas por meio de olimpíadas de química no México e práticas para alunos recém ingressos em instituições de ensino superior no Brasil.

A segunda temática apresenta três trabalhos que apresentam resultados pela busca de metodologias que possibilitem o desenvolvimento da Química Sustentável (Química Verde) e o desenvolvimento de adsorventes naturais para a remoção de metais pesados e/ou tóxicos em diferentes matrizes aquáticas, visando uma melhor qualidade tanto o ambiente quanto para o próprio homem.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando por meio do incentivo de publicações de trabalhos de pesquisadores de todas as regiões do Brasil e de outros países com o intuito de colaborar com a publicação de e-books e, conseqüentemente, sua divulgação de forma gratuita em diferentes plataformas digitais de fácil acesso. Logo, a Atena Editora contribui para a divulgação e disseminação do conhecimento científico gerado dentro de instituições de ensino e pesquisa e que pode ser acessado de qualquer lugar e em tempo real por qualquer pessoa interessada na busca pelo conhecimento.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

INFLUÊNCIA DOS ASPECTOS FÍSICOS E ESTRUTURAIS DE UMA ESCOLA PÚBLICA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM: ESTUDO DE CASO

Murilo Sérgio da Silva Julião

Hélcio Silva dos Santos

Alex Tenório Ximenes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2802126081>

### **CAPÍTULO 2..... 16**

PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM E ENSINO DE QUÍMICA: O FEIJÃO E AS SUAS POSSIBILIDADES DE GERMINAÇÃO COMO TEMÁTICA DE UMA SITUAÇÃO DE ESTUDO

Isabella Guedes Martinez

Elias Batista dos Santos

Sebastião Mateus Veloso Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2802126082>

### **CAPÍTULO 3..... 31**

A QUÍMICA NAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS E NO ENSINO MÉDIO: ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS

Ana Paula Vieira de Camargos

Beatriz Esser Harms

Vitor Hugo Soares Rosa

Maria Gabriela de Melo Santos

Brenda Garcia

Mírian da Silva Costa Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2802126083>

### **CAPÍTULO 4..... 44**

ENSINO DE QUÍMICA E SUBJETIVIDADE: UMA PROPOSTA DE ENSINO-APRENDIZAGEM COM ESTUDANTES A PARTIR DAS EXPERIÊNCIAS DE JOSEPH PRIESTLEY

Elias Batista dos Santos

Isabella Guedes Martinez

Sebastião Mateus Veloso Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2802126084>

### **CAPÍTULO 5..... 55**

MÉXICO: XXVII OLIMPIADA NACIONAL DE QUÍMICA, 2018  
REACCIÓN DE SUSTITUCIÓN ELECTROFÍLICA AROMÁTICA  
NITRACIÓN DEL BENZOATO DE METILO

Patricia Elizalde Galván

Fernando León Cedeño

José Manuel Méndez Stivalet

Martha Menes Arzate

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2802126085>

**CAPÍTULO 6..... 62**

O SIGNIFICADO DO PIBID E SUAS CONTRIBUIÇÕES INICIAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA NA ESCOLA PARCEIRA DO SUBPROJETO DE QUÍMICA/UESPI/PIRIPIRI

Rothchild Sousa de Morais Carvalho Filho

Laiane Viana de Andrade

Naiana Machado Pontes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2802126086>

**CAPÍTULO 7..... 71**

PRÁTICAS PEDAGÓGICAS INOVADORAS E METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA NOS PERÍODOS INICIAIS DA GRADUAÇÃO

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Ana Paula Di Foggi

Vinícius Pereira de Carvalho

Waleska Rodrigues dos Santos

Weida Rodrigues Silva

Bruno Elias dos Santos Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2802126087>

**CAPÍTULO 8..... 82**

UNIVERSO ATLANTIS JOGO DIGITAL EDUCATIVO PARA O ENSINO DE BIOQUÍMICA

Elisabeth Pizoni

Elson Longo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2802126088>

**CAPÍTULO 9..... 97**

NOVO INDICADOR NATURAL ÁCIDO-BASE PARA O ENSINO DE QUÍMICA A PARTIR DA EUPHORBIA LEUCOCEPHALA LOTSY

Rothchild Sousa de Morais Carvalho Filho

João Clécio Alves Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2802126089>

**CAPÍTULO 10..... 109**

ESTUDO DA ESTABILIDADE TÉRMICA DE CORANTES NATURAIS COMO NOVOS INDICADORES ÁCIDO-BASE PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Rothchild Sousa de Morais Carvalho Filho

João Clécio Alves Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.28021260810>

**CAPÍTULO 11..... 120**

DETERMINAÇÃO DE UMIDADE DE ALIMENTOS: UM ESTUDO DE CASO NA DISCIPLINA DE QUÍMICA DE ALIMENTOS

Diego Morais da Silva

Kiseane Santos Gomes

Letícia Terumi Kito  
Vania Battestin Wiendl

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.28021260811>

**CAPÍTULO 12..... 125**

QUÍMICOS ALHURES: DA MUDANÇA DE CARREIRA À POLIMATIA

Daniel Perdigão

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.28021260812>

**CAPÍTULO 13..... 137**

SÍNTESIS DEL 2,4,5-TRIFENILIMIDAZOL EMPLEANDO TÉCNICAS DE LA QUÍMICA SOSTENIBLE

Patricia Elizalde Galván

Martha Menes Arzate

Fernando León Cedeño

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.28021260813>

**CAPÍTULO 14..... 146**

ESTUDO COMPARATIVO DO USO DE CARVÃO ATIVADO, CINZA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E Cocos nucifera L. COMO ADSORVENTE NATURAL DE CROMO (VI) EM MEIO AQUOSO

Monique Rodrigues dos Santos Silva

Juliana Duarte Gregório da Rocha

Waldemar Alves Ribeiro Filho

Antonio Iris Mazza

José Graziane de Souza

Juliana Torres Silva

Bruna Baptista Branco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.28021260814>

**CAPÍTULO 15..... 156**

PASSION FRUIT PEEL FLOUR AS ARSENIC BIOSORBENT FOR WATER TREATMENT

Emylle Emediato Santos

Constanza Catarina Cid Bustamente

Josiane Lopes de Oliveira

Paulo Henrique Carvalho

Liliane Catone Soares

Roberta Eliane Santos Froes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.28021260815>

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 176**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 177**

# CAPÍTULO 1

## INFLUÊNCIA DOS ASPECTOS FÍSICOS E ESTRUTURAIS DE UMA ESCOLA PÚBLICA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM: ESTUDO DE CASO

*Data de aceite: 23/08/2021*

**Murilo Sérgio da Silva Julião**

Universidade Estadual Vale do Acaraú  
Sobral – CE  
<https://orcid.org/0000-0001-6709-0061>

**Hélcio Silva dos Santos**

Universidade Estadual Vale do Acaraú  
Sobral – CE  
<https://orcid.org/0000-0001-5527-164X>

**Alex Tenório Ximenes**

Universidade Estadual Vale do Acaraú  
Sobral – CE  
<http://lattes.cnpq.br/6075184178744532>

**RESUMO:** Este trabalho discute a influência dos aspectos físicos e estruturais no processo de ensino-aprendizagem de estudantes de uma escola pública da cidade de Forquilha-CE. O objetivo da pesquisa foi verificar por meio de comparações entre a antiga e atual escola recém-inaugurada, de que maneira os aspectos físicos estruturais contribuem para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem, e também mensurar o grau de satisfação dos professores e alunos em relação aos aspectos físicos das escolas. Os métodos de pesquisa aplicados para esse estudo foram qualitativo e quantitativo, fundamentados em descrições delineadas de fatos vivenciados pelos professores e alunos no antigo e atual prédio da escola, e na avaliação dos dados obtidos a partir de 2 questionários, um submetido a 80 estudantes dos 2º e 3º anos do ensino médio e outro para 8 professores

dessa escola. Por meio dos resultados obtidos é possível afirmar que uma boa infraestrutura física escolar contribui em muito para a melhoria no processo de ensino-aprendizagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aprendizagem, Ambiente escolar, Espaço físico.

### INFLUENCE OF PHYSICAL AND STRUCTURAL ASPECTS OF A PUBLIC SCHOOL ON THE TEACHING-LEARNING PROCESS: CASE STUDY

**ABSTRACT:** This paper discusses the influence of infrastructure physical aspects in the teaching-learning students on public school of the Forquilha-CE. The goal of research was to determine by comparisons between the old and current newly opened school, how the structural physical aspects contribute to improvement of the teaching-learning process, and also measure degree of satisfaction of teachers and students in physical aspects of schools. Research methods used for this study were qualitative and quantitative, based on descriptions of facts outlined experienced by teachers and students on the old and new school building, and evaluation of data obtained from two questionnaires, one submitted for 80 students from 2 and 3 years of high school and other for 8 teachers of this school. From the results obtained it is clear that a good school physical infrastructure helps to improve the teaching-learning process.

**KEYWORDS:** Learning, School environment, Physical areas.

## 1 | INTRODUÇÃO

A infraestrutura escolar é um conjunto de aspectos que servem de apoio para as atividades que caracterizam a dinâmica da instituição escolar e que informam sobre condições do trabalho que influenciam de forma direta e indireta, no processo de ensino-aprendizagem, desta forma o ambiente escolar configura-se como item essencial para o desenvolvimento do ser humano, a ausência de uma boa infraestrutura escolar acarreta em prejuízos no processo ensino-aprendizagem.

A harmonia entre o aluno e o ambiente escolar é um assunto que necessita ser seriamente relacionado, pois deve haver uma influência mútua entre espaço físico, atividades pedagógicas e comportamento humano.

A infraestrutura física é de grande importância para o ensino e o aprendizado, pois, quanto mais agradável o ambiente, melhor será o rendimento psíquico, intelectual, social e futuramente até econômico do aluno. Segundo Elali, (2003) a disposição da mobília e as condições ambientais e estruturais refletem nos fatores de sociabilidade dos usuários, desempenho acadêmico e na saúde, por isso devem estar dispostos de forma a propiciar a interação professor-aluno.

Alguns dos aspectos da infraestrutura descrevem as condições de trabalho dos professores, as que influenciam indiretamente o procedimento do ensino-aprendizado; outros aspectos dizem respeito àqueles meios que consentem melhor conseguir o objetivo da escola que é ensinar, e que os alunos realmente aprendam.

O objetivo principal deste trabalho foi averiguar a influência que os aspectos físicos estruturais provocam no aprendizado dos estudantes e mensurar o grau de satisfação dos professores e alunos de uma escola pública localizada na cidade de Forquilha-CE.

### 1.1 Fatores que influenciam ou interferem no processo ensino-aprendizagem

São muitas as variáveis que interferem no processo de ensino e aprendizagem. Alguns dos principais fatores etiológico-sociais que interferem na aprendizagem são: carências afetivas; deficientes condições habitacionais; pobreza da estimulação precoce; privações lúdicas, psicomotoras, simbólicas e culturais; ambientes repressivos; nível elevado de ansiedade; relações interfamiliares; métodos de ensino impróprios e inadequados, devendo-se ressaltar que os aspectos físicos estruturais da escola também exercem influência na aprendizagem.

Dentre os fatores citados anteriormente, a motivação é um dos fatores de suma importância que interfere no processo de ensino-aprendizagem. Conforme Bzuneck (2000, p. 9) “a motivação, ou o motivo, é aquilo que move uma pessoa ou que a põe em ação ou a faz mudar de curso”. A motivação pode ser entendida como um processo e, como tal, é aquilo que suscita ou incita uma conduta, que sustenta uma atividade progressiva, que canaliza essa atividade para um dado sentido (BALANCHO; COELHO, 1996).

É importante salientar que manter a autoestima e motivação elevadas é um desafio para o professor e tornam-se fundamentais não apenas para o seu sucesso pessoal, mas também como docente, interferindo diretamente no processo ensino aprendizagem, refletindo em uma melhor formação dos alunos.

Por outro lado, as pessoas podem perder a motivação quando as necessidades fundamentais não são atendidas, desde fisiológicas até as do ego. Para Hersey e Blanchard (1986) o comportamento é ditado por motivos diversos, resultantes de necessidades de caráter biológico, psicológico e social.

Sendo assim o fator de motivação no processo de ensino-aprendizagem humano está sujeito a determinadas necessidades e, conforme a suposição de Maslow tem sua raiz nas necessidades elementares, uma vez atendida estas necessidades, o ser humano passa a buscar as seguintes. Além do aspecto motivacional outro fator a ser destacado no processo ensino-aprendizagem é a da estrutura da personalidade cognitiva, Ramos e Pagotti (2008) afirmam:

[...] competência cognitiva é um dos fatores ressaltados no mundo acadêmico, e implica memorizar, comparar, associar, classificar, interpretar, hipotetizar, julgar, enfim, compreender os fenômenos; o professor, na medida em que prepara os alunos para o mundo acadêmico, deveria estimular essa competência.

Sendo assim, a personalidade e a estrutura cognitiva são componentes eficazes e que podem interferir negativamente se não for bem trabalhado no aluno dentro do processo de aprendizagem. A falta de acompanhamento e apoio familiar é outro fator que interfere de forma negativa, pois segundo Bollman et al. (2001, p.65) “é importante que os pais participem constantemente das atividades proporcionadas pela escola, incentivando seus filhos para o mesmo, pois esta união de esforços enriquecerá todo o processo de ensino-aprendizagem”.

Para Smith e Strick (2012, p.31) um ambiente estimulante e encorajador em casa produz estudantes adaptáveis e muito dispostos a aprender, mesmo entre crianças cuja saúde ou inteligência foi comprometida de alguma maneira. Então, é conveniente ressaltar que a parceria entre escola e família é um componente de extrema importância no processo ensino-aprendizagem. Escola e família são contextos de desenvolvimento dos indivíduos com papéis complementares no processo educativo, cujo significado cultural, econômico e existencial reside no encontro dinâmico das realidades, valores e projetos de cada uma destas unidades sociais (COIMBRA, 1990).

Existe um conflito que pode interferir no processo ensino-aprendizagem, ele ocorre geralmente na fase da adolescência devido à individuação do jovem ser paradoxal, se por um lado, ele busca a independência em relação à autoridade dos pais, por outro, busca o prestígio do outro e o respeito recíproco entre pais e filhos. O procedimento é duplo, implicando a edificação contínua do equilíbrio entre separação e conexão. Esta desordem

acompanha muitas vezes o educando na etapa inicial do seu curso superior, podendo arrastar-se, ou não, de acordo com a decisão que dele irá exercer.

Os fatores sociais são tão amplos e exercem, de fato, tantas influências diretas e indiretas na aprendizagem, que a escola e o professor devem ter particular atenção a este fator, procurando não transformar diferenças em desigualdades, motivação em desinteresse, mas sim estimular um relacionamento positivo e enriquecedor. Dentre as atribuições das quais o docente deve ter, somem-se também algumas características a esse educador nas áreas sociais e psicológicas, para lidar com inúmeras complexidades do método de ensinar e assim transformar-se num agente interferente de forma positiva nesse processo (COIMBRA, 1990).

## **1.2 Interferência dos aspectos físicos e estruturais da escola**

A procura por um lugar específico para se ministrar aulas é uma inquietação bem antiga. O ambiente escolar configura-se como item essencial para o desenvolvimento do ser humano, a ausência de uma boa infraestrutura escolar acarreta em prejuízos no processo ensino-aprendizagem. A busca da harmonia entre o aluno e o ambiente escolar é um assunto que necessita ser seriamente relacionado, pois deve haver uma influência mútua entre espaço físico, atividades pedagógicas e comportamento humano.

Segundo Paín (1985) o fator ambiental é, especialmente determinante no diagnóstico do problema de aprendizagem, na medida em que nos permite compreender sua coincidência com a ideologia e os valores vigentes no grupo. Determinados estudos já evidenciaram que condições adversas de conforto ambiental são motivo de maus desempenhos dos aprendizes, por outro lado um ambiente escolar agradável e confortável, é fundamental na melhoria do processo de aprendizagem.

Existem importantes aspectos que desempenham bastante influência na aprendizagem; como o tipo de sala de aula, a instalação das carteiras e a posição dos alunos. Uma sala mal iluminada e sem ventilação, em que os aprendizes permanecem sempre sentados da mesma maneira, cada qual observando as costas do que está na frente, seguramente é um ambiente que pode favorecer a submissão, a passividade e a dependência, e não beneficia o trabalho livre e criativo. É evidente que salas lotadas de alunos o trabalho torna mais complicado, uma vez que número de alunos deve permitir ao professor um atendimento individual, fundamentado num conhecimento de todos eles.

Além da importância do espaço construído, outro fator que pode interferir no desenvolvimento didático dos alunos são as condições ambientais da classe: acústica, temperatura, insolação, ventilação e luminosidade, as quais podem se refletir em fatores tão diversos como a sociabilidade dos usuários, seu desempenho acadêmico e mesmo em sua saúde (ELALI, 2003). São inúmeras variáveis que podem atrapalhar os professores e alunos na construção do conhecimento, muitas vezes são considerados meros detalhes, mas a falta de um bom planejamento, para que esses detalhes possam funcionar de forma

satisfatória, geram prejuízos no processo ensino-aprendizagem.

No que se refere ao projeto de escola, este é elaborado prevendo espaços para trabalhos com determinados métodos que não duram para sempre, por isso é necessária à reciclagem, o que nem sempre acontece com a velocidade do espaço construído (ELALI, 2003). Daí a importância de pensar edifícios que levem em conta a mutabilidade, tão natural nas coisas humanas. Compreendemos então, que existe necessidade de se padronizar as escolas públicas para reduzir a variabilidade dos processos de trabalho sem prejudicar a sua flexibilidade, isso significa que a infraestrutura deve atender as expectativas dos professores e alunos, e que todas as escolas passem a trabalhar de uma maneira homogênea, com isso dará condições de igualdades a todos os alunos.

Segundo Piaget *apud* Kramer (2000, p.29) “o desenvolvimento resulta de combinações entre o que o organismo traz e as circunstâncias oferecidas pelo meio [...] e os esquemas de assimilação vão se modificando progressivamente, considerando estágios de desenvolvimento”, conseqüentemente, pode-se expor que a aprendizagem tem certa semelhança com o espaço físico em que se desenvolve uma atividade relacionada à educação.

O espaço da escola não é apenas um lugar, que abriga alunos, livros, professores, um local em que se realizam atividades de aprendizagem, a escola é mais do que quatro paredes; é clima, espírito de trabalho, produção de aprendizagem, relações sociais de formação de pessoas. O espaço tem que gerar ideias, sentimentos, movimentos no sentido da busca do conhecimento; tem que despertar interesse em aprender; além de ser alegre aprazível e confortável, tem que ser pedagógico. Há uma ‘docência do espaço’. Os alunos aprendem dele lições sobre a relação entre o corpo e a mente, o movimento e o pensamento, o silêncio e o barulho do trabalho, que constroem conhecimento (BRASIL, 2006).

A relação entre o momento político-ecológico e as características sociais de um grupo define um modelo de homem ideal para cada contexto, de modo que a configuração, a estrutura e o partido estético da edificação escolar devem refletir tal modelo de homem, as tendências pedagógicas vigentes e a própria sociedade, até mesmo em termos urbanísticos (ELALI, 2003). Entendemos que o espaço físico existente na escola é fundamental para que haja aprendizagem e socialização dos alunos, pois estes passam boa parte de suas vidas presentes nele. Vale salientar que ao se organizar e projetar uma estrutura escolar é necessário levar em conta aspectos como a localização geográfica, para viabilizar o acesso dos alunos.

Os espaços escolares atuais vão, então, tentando se distanciar do perfil das escolas do século XIX, que mantinham organização espacial coerente com uma proposta pedagógica cujo dogma era o controle e a disciplina rigorosa - traduzidos pelas carteiras dispostas em fila, pregadas no chão, o professor colocado em posição de destaque, sobre estrado e o estado permanente de vigilância da classe através dos visores estrategicamente colocados nas portas das salas de aula; ou ainda hierarquia e distinção nítida dos setores masculino e

feminino, materializada na simetria da planta, facilitando entradas independentes.

Após a revolução industrial, passou-se a obedecer sistematicamente a regras que seguem leis nas quais são traduzidas em cálculos e fórmulas. 'Não é apenas aquilo que nos rodeia exteriormente e o mundo físico que é organizado pela máquina, mas também nosso mundo interior e espiritual' (CHOAY, 2006). Compreendemos que tudo adota uma padronização, desde os espaços físicos existentes até mesmo nossas atuações diárias.

O projeto padrão sempre esteve presente na história da arquitetura escolar do Brasil, desde as primeiras unidades projetadas especificamente para fins educacionais, no início da República, até os dias de hoje. O inventário do repertório tipológico das edificações escolares existentes demonstra que as soluções espaciais adotadas em cada momento histórico, materializam as práticas pedagógicas e as políticas públicas educacionais vigentes. Além disso, esses edifícios comungam com o próprio contexto histórico arquitetônico, no qual alguns exemplares configuram-se como verdadeiros testemunhos e marcos referenciais da cultura e história da sociedade.

Nas novas escolas, os espaços procuram refletir uma nova postura e visão de sociedade, mais dinâmica, na qual a formação do cidadão vai passar pela experiência da atividade coletiva. Nos dias de hoje, alguns educadores guiados por um novo ambiente de transformações, procuram criar alternativas para a escola e para o ensino, numa crítica ao modelo pedagógico tradicional originado no século passado, autoritário, reducionista e baseado na memorização de conteúdos. A busca por novos paradigmas de aprendizagem e pelo traçado de caminhos para a escola do novo milênio se traduz em teorias e métodos que vêm sendo amplamente pesquisados e discutidos pelos pedagogos.

Essa nova concepção de escola - concebida como resposta às indagações surgidas com a negação das ideologias pregadas pelo movimento moderno - introduz uma nova visão de homem complexo, contraditório e ao mesmo tempo cooperativo, e coloca em pauta as questões relacionadas à arquitetura escolar, suscitando a necessidade de revisão desses espaços (AZEVEDO, 1995). A discussão atual sobre os novos conceitos de educação, que tem em vista a formação de um ser humano integral – apto a resolver problemas e dinâmico o suficiente para se adaptar a um contexto globalizado – vai exigir uma maior reflexão sobre os significados do lugar no processo de construção do conhecimento.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho fez parte de um estudo de caso realizado em uma escola pública estadual localizada no município de Forquilha-CE: EEEM Elza Goersch (Figura 1), essa escola esteve sediada por vários anos em um local de difícil acesso, distante do centro da cidade, sem pavimentação, apresentando várias dificuldades, tais como: ausência de conservação e necessidade de boa higienização, luminosidade insuficiente, mobiliário desconfortável e sem nenhuma representação simbólica, espaços inadequados e falta de segurança.



Figura 1. Fotografias do antigo prédio da EEEM Elza Goersch: (A) entrada da escola; (B) laboratório de informática; (C) sala dos professores e (D) laboratório de Ciências.

Fonte: Autores, Forquilha, 2018.

Em 2015, foi inaugurada a nova sede dessa escola, em outro bairro da cidade cuja localização geográfica facilita o acesso dos alunos e dos profissionais que ali trabalham. A nova escola atualmente apresenta boa infraestrutura, ampla área verde, 1 quadra de esportes, 5 laboratórios climatizados e bem estruturados (Química, Biologia, Física, Matemática e Informática, 1 biblioteca, 13 salas de aula bem arejadas e com ótima luminosidade, 6 banheiros (um para pessoas deficientes), 1 cozinha e 1 depósito para armazenar produtos alimentícios e materiais de limpeza. Por fim, a escola atual onde foi realizado esse estudo encontra-se em excelente estado de conservação e bem organizada, fazendo com que a mesma constitua em um recinto agradável para os aprendizes e funcionários (Figura 2).



Figura 2. Fotografias do novo prédio da EEEM Elza Goersch: (A) entrada da escola; (B) laboratório de informática; (C) sala dos professores e (D) laboratórios de Ciências.

Fonte: Autores, Forquilha, 2018.

A metodologia de pesquisa aplicada para esse estudo foi de âmbito qualitativo e quantitativo, ou seja, foi fundamentada em descrições delineadas de fatos vivenciados pelos professores e alunos no antigo e no atual prédio da escola, e na avaliação dos dados obtidos a partir de 2 questionários, um aplicado a 80 estudantes do 2º e 3º anos do EM e o outro para 8 professores dessa escola: 2 de Química; 2 de Matemática; 2 de Física e 2 de Biologia.

Num primeiro momento, foi realizada uma investigação por meio da leitura dos diários, registros escolares, para verificar juntamente com os professores, se houve melhora nas notas dos alunos na atual escola em relação à antiga em turmas de mesmo ano. Na etapa seguinte foi mensurado o grau de satisfação dos alunos através de um questionário,

que visava saber dos alunos que estudaram e vivenciaram a realidade das duas escolas, se a nova infraestrutura afeta a aprendizagem dos estudantes. Na terceira etapa, 40 alunos do 2º ano, 40 alunos do 3º ano do ensino médio e 8 docentes foram entrevistados por meio de questões do tipo fechadas e abertas com múltiplas alternativas (Quadros 1 e 2).

1) Você se sente mais motivado em estudar no atual prédio da escola em relação ao antigo prédio? Se sim, por que motivo?
2) Qual o nível de satisfação você tinha em relação à infraestrutura do laboratório de Ciências da antiga escola?
3) Qual o nível de satisfação você tem em relação à infraestrutura dos laboratórios de Ciências da nova escola.
4) Você gostava de assistir aulas práticas no laboratório de Ciências da antiga escola? Por quê?
5) Você gosta de assistir aulas práticas nos laboratórios de Ciências da atual escola? Por quê?
6) Uma boa infraestrutura escolar, contribui de forma positiva no processo de aprendizagem? Justifique.
7) Na sua opinião, a nova escola foi contemplada com investimentos apenas na parte de infraestrutura ou também recebeu investimentos para a aquisição de recursos tecnológicos? Em caso afirmativo quais foram esses recursos tecnológicos.
8) Você gostava das aulas de Química no antigo prédio da escola? Justifique sua resposta.
9) Você gosta das aulas de Química no atual prédio da escola? Justifique sua resposta.
10) O que você sugeriria para melhorar as aulas de Química na sua escola?

Quadro 1. Questionário disponibilizado para os estudantes da EEEM Elza Goersch.

1) Em sua opinião uma boa infraestrutura escolar contribui de alguma forma para um melhor aprendizado? Em caso afirmativo, de que maneira? ( ) Sim ( ) Não
2) Você confirma que uma boa infraestrutura pode ser considerada um dos fatores que contribuem para elevação da motivação dos aprendizes? ( ) Sim ( ) Não
3) Na antiga escola com que frequência você utilizava os laboratórios de Ciências para ministração de aulas práticas? ( ) Sempre ( ) Às vezes ( ) Raramente ( ) Nunca
4) Na nova escola, que frequência você utiliza os laboratórios de Ciências para ministração de aulas práticas? ( ) Sempre ( ) Às vezes ( ) Raramente ( ) Nunca
5) Na sua percepção, o que mudou em relação ao aspecto comportamental dos alunos nesta nova escola quando comparado à antiga infraestrutura escolar? ( ) Melhorou ( ) Piorou ( ) Não notou diferença
6) A antiga escola estava preparada para atender alunos com necessidades especiais? ( ) Sim ( ) Não
7) Na sua visão, a atual escola está pronta para atender alunos com necessidades especiais? ( ) Sim ( ) Não
8) Houve melhora nas notas dos alunos, nas disciplinas de Química, Biologia, Matemática e Física quando comparadas com turmas de mesmas série da antiga escola? Em caso positivo quais fatores contribuíram para esta melhora? ( ) Sim ( ) Não
9) Qual o nível de relevância que a infraestrutura escolar desempenha no processo de ensino aprendizagem? Justifique. ( ) Muita ( ) Razoável ( ) Pouca ( ) Nenhuma
10) Você se sentiu mais motivado com a nova estrutura física da escola? Caso a resposta seja sim, por quê?

Quadro 2. Questionário disponibilizado para os professores da EEEM Elza Goersch.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Percepção dos professores sobre a influência da infraestrutura no processo ensino-aprendizagem

A respeito da influência da infraestrutura física na melhoria do processo de aprendizado dos alunos, a maioria dos professores (90%) confirmou a influência positiva da boa infraestrutura, a qual contribui para a melhoria do processo de aprendizagem. Por outro lado (10%) dos educadores afirmaram que uma boa infraestrutura da escola não contribui de forma alguma para a melhoria do processo de aprendizagem, para eles o fator mais importante para que ocorra aprendizagem, é a capacidade do professor em saber transmitir a matéria.

Portanto, a minoria dos docentes entrevistados cometeu um equívoco, quando limitou apenas como fator de destaque no processo de aprendizagem dos alunos, a capacidade dos professores em saber transmitir os assuntos da matéria, pois segundo Malglaive (1990), “a aprendizagem está envolvida em múltiplos fatores, que se implicam mutuamente e que embora os possamos analisar em separado fazem parte de um todo que depende, quer na sua natureza, quer na sua qualidade, de uma série de condições internas e externas ao sujeito”.

Quando questionados sobre a influência da infraestrutura física da escola como uns dos fatores responsáveis pela motivação dos alunos, todos os professores afirmaram que os alunos estão mais motivados se sentindo mais valorizados devido ao investimento feito na nova escola. Bock (1999, p. 121) defende essa ideia dizendo que: A motivação é, portanto, o processo que mobiliza o organismo para a ação, a partir de uma relação estabelecida entre o ambiente, a necessidade e o objeto de satisfação. Isso significa que, na base da motivação, está sempre um organismo que apresenta uma necessidade, um desejo, uma intenção, um interesse, uma vontade ou uma predisposição para agir. Na motivação está também incluído o ambiente que estimula o organismo e que oferece o objeto de satisfação.

Também foi perguntado aos professores, com qual frequência eles utilizavam o laboratório de ciências na antiga escola para ministrarem aulas práticas, 60% afirmaram que nunca utilizaram, porque existia apenas um laboratório de tamanho reduzido, tornando complicado trabalhar com as turmas numerosas, 30% declararam que raramente utilizavam o laboratório de Ciências, enquanto 10% asseguraram que às vezes utilizavam o ambiente do laboratório principalmente quando sentiam que certos temas quando abordados em sala de aula eram abstratos. Portanto, os professores entrevistados sentiam dificuldades em trabalhar aulas práticas no laboratório de Ciências na antiga escola, devido às más condições estruturais que existiam, como: desorganização nas disposições da mobília e precariedade na luminosidade e ventilação do laboratório e ausência de reagentes químicos e equipamentos.

Por outro lado, na escola atual os docentes costumam levar os alunos com mais frequências aos laboratórios de Ciências, cerca de 60% afirmam que sempre utilizam o laboratório, enquanto 40% disseram que às vezes utiliza o laboratório, eles relataram que essa mudança ocorreu devido à construção dos quatro novos laboratórios com infraestrutura adequada para atender os alunos.

De acordo com Moraes (2000, p. 205), “as atividades práticas desenvolvidas como investigação podem aproximar o ensino de Ciências do trabalho científico, integrando, além da parte experimental, outros aspectos próprios das ciências, em que teoria e prática constituem algo que se complementa”. Então, confirmando a ideia de Moraes, citada acima, as atividades experimentais sucedidas nos laboratórios de Ciências são de extremada significância para um bom aproveitamento dos estudantes que unificam teoria e prática.

Ao questionar os professores quanto às mudanças no aspecto disciplinar dos alunos da atual escola, se existiu alguma melhoria em relação à antiga, todos afirmaram que melhorou, porém não creditaram esse mérito apenas à nova infraestrutura da escola, mas também afirmaram que a nova administração da escola teve um papel fundamental nesse avanço comportamental dos estudantes, adotando uma política de valorização do aluno, umas das alternativas utilizadas pelo novo grupo gestor da escola foi a abertura dos portões nos finais de semana para que os estudantes possam participar de atividades esportivas e lúdicas, isto além de diminuir a ociosidade, leva os estudantes à prática-esportiva.

Quando perguntados se a escola antiga estava preparada para atender alunos com necessidades especiais, 100% afirmaram que não estava arquitetonicamente adaptada para receber alunos portadores de necessidades especiais, uma vez que não tinha banheiros adaptados e rampas de acesso. Já para a atual escola, 90% dos professores entrevistados concordaram que os novos espaços físicos adaptados possibilitam atender os alunos com necessidades especiais, mas admitiram que ainda existe um problema: a falta de capacitação e de cursos para formação de professores especializados, os outros 10% dos docentes declararam que são a favor do movimento de inclusão, porém há necessidade de melhorias na escola nos âmbitos físico e humano.

De acordo com Bobbio (1992, p. 17), “os direitos do homem são os que cabem ao homem enquanto homem.” Desse modo todos os homens devem possuir os mesmos direitos, independentemente de suas diferenças. Foi possível constatar que os professores desta escola concordam e acreditam na política de inclusão, apesar dos mesmos acreditarem que são grandes as dificuldades enfrentadas nesse processo de inclusão.

Quando questionados se houve melhora nas notas dos discentes, nas disciplinas de Química, Física, Matemática e Biologia em comparação com turmas de mesmos níveis da antiga escola, 90% dos entrevistados concordaram que houve melhora, e complementaram dizendo, que a melhora das notas não ocorreu apenas nessas 4 disciplinas citadas, mas em todas as outras que compõem a matriz curricular do ensino médio, já que alguns dos entrevistados também ministram aulas em outras disciplinas, porém atribuíram

esse progresso, devido não apenas à mudança de infraestrutura da escola mas também à formação do novo grupo gestor da atual escola e que vem contribuindo muito para a elevação desse índice, incentivando a formação de grupos de estudos entre os alunos e disponibilizando professores para tirar dúvidas em vésperas de provas.

Aos docentes foi perguntado o nível de relevância que a infraestrutura escolar desempenha no processo de ensino aprendizagem, 50% afirmaram que a infraestrutura da escola tem muita relevância em relação ao processo de ensino-aprendizagem, um dos professores comentou, “tenho mais ânimo em trabalhar em uma escola bonita e organizada, conseqüentemente os alunos acabam sendo beneficiados”, 40% asseguraram que a infraestrutura tem um nível de contribuição razoável e 10% dos professores acreditam que tem pouca relevância, afirmaram, que a base de conhecimentos com que os alunos chegam à nossa escola ainda é o fator principal no processo de ensino-aprendizagem.

Os educadores foram questionados, se a nova estrutura da escola causou alguma mudança no aspecto motivacional dos mesmos, 100% dos entrevistados admitiram que sim, um dos professores de Química acrescentou: “Eu me sinto mais motivado para trabalhar, gostei principalmente da nova infraestrutura do laboratório de Química, pois foram separados, melhorando o espaço de cada uma das disciplinas”, a professora de Física também adicionou um comentário expondo que está mais motivada por que uma escola moderna abre novos horizontes, o professor de Matemática disse que “aspectos relacionados à questão do baixo salário, e desinteresse dos estudantes, somados com a deficiência de estrutura, e à violência, são os principais agentes de desmotivação, porém com a nova infraestrutura da escola, comecei a acreditar que as coisas possam melhorar”.

### **3.2 Percepção dos alunos de 2º e 3º anos sobre a influência da infraestrutura no processo ensino-aprendizagem**

Os alunos foram estimulados a responder se sentiam mais motivados em estudar na atual escola em relação à antiga, 96% dos estudantes afirmaram que sim e acrescentaram ainda dizendo que a atual escola é mais bonita e organizada, com isso estamos mais motivados para ir à escola, 4% alegaram que em relação à infraestrutura da atual escola, não contribui em nada para a elevação da motivação, e falaram que o aspecto motivacional em primeiro lugar tem que ser estimulado em casa, com o apoio da família nos gerando vontade de frequentarmos a escola.

Segundo, Vygotsky (1991 p. 101):

O pensamento propriamente dito é gerado pela motivação, isto é, por nossos desejos e necessidades, nossos interesses e emoções. Por trás de cada pensamento há uma tendência afetivo-volitiva. Uma compreensão plena e verdadeira do pensamento de outrem só é possível quando entendemos sua base afetivo-evolutiva.

Assim sendo a motivação para a aprendizagem tornou-se um problema importante em educação, a sua ausência representa queda de qualidade na aprendizagem, ao sentir-

se motivado o estudante tem pretensão de fazer alguma coisa e se torna capaz de manter o empenho necessário para atingir os seus objetivos.

Os alunos foram questionados a respeito do nível de satisfação que tinham em relação à infraestrutura dos laboratórios de ciências da antiga escola, 90% admitiram que estavam insatisfeitos, devido a existência de apenas um laboratório de Ciências para todas as disciplinas, o que acarretou em pouca utilização desse espaço, 10% dos alunos disseram que estavam extremamente insatisfeitos com o laboratório de ciências da antiga escola.

Por outro lado quando perguntamos aos estudantes qual o nível de satisfação que sentem, em relação à infraestrutura dos laboratórios de ciências da atual escola, 80% disseram que estão extremamente satisfeitos com a nova infraestrutura dos laboratórios, devido principalmente à construção de novos laboratórios de Ciências específicos para cada disciplina, e também foi muito comentado pelos alunos que estavam muito satisfeito com a instalação do ar condicionados nos laboratórios de Ciências, 15% estão satisfeitos, e 5% dos entrevistados afirmaram que estão insatisfeitos.

Quando questionados, se concordam que uma boa infraestrutura escolar, contribui de forma significativa no processo de aprendizagem, 90% dos estudantes entrevistados responderam que sim, e um aluno comentou que suas notas melhoram nas disciplinas: química e biologia, porque antes sentia dificuldades de entender alguns conteúdos dessas matérias que eram abstratos, e creditou essa melhora as aulas práticas realizadas com mais frequência nos laboratórios de Ciências e de informática na atual escola, 10% responderam que a nova infraestrutura da escola não contribui no processo de aprendizagem, um estudante justificou dizendo que a base de conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, é o fator principal para que possamos compreender os conteúdos propostos do ensino médio.

Ao perguntar os estudantes, a percepção deles sobre algum investimento em recursos tecnológicos na escola atual, ou de renovação do ambiente físico da escola, 95% responderam que houve investimento na aquisição de novos recursos tecnológicos, um dos entrevistados ressaltou dizendo, que notou que os laboratórios de ciências receberam vários equipamentos, e para o laboratório de informática foram comprados novos computadores com acesso a internet para ser utilizados como fonte de pesquisa, e também a aquisição de equipamentos tais como: data show, para os professores utilizarem em sala de aula facilitando a aprendizagem, 5% não notaram que houve investimento em recursos tecnológicos na atual escola, e não souberam justificar essa negativa. Na visão de Perrenoud (2000, p. 139):

As novas tecnologias podem reforçar a contribuição dos trabalhos pedagógicos e didáticos contemporâneos, pois permitem que sejam criadas situações de aprendizagem ricas, complexas, diversificadas, por meio de uma divisão de trabalho que faz mais com que todo o investimento repouse sobre o professor, uma vez que tanto a informação quanto a dimensão interativa são assumidas pelos produtores dos instrumentos.

Os alunos quando questionados se gostavam de assistir aulas de Química na antiga escola, 89% dos alunos responderam que não gostavam, acrescentaram também expondo que geralmente, os assuntos da disciplina de química abordados em sala de aula são abstratos, e raramente tínhamos aulas práticas no laboratório, e ainda era pouca vezes utilizado o data show em sala de aula, tornando muito chato estudar a disciplina de Química, 11% afirmaram que gostavam das aulas de química na antiga escola, mas foram sinceros em comentarem que sentiam falta de um bom laboratório de química, já que existia apenas um laboratório, que era compartilhado com outras disciplinas, e ressaltou admitindo, que um laboratório específico para a química, seria uma ajuda significativa no entendimento de conteúdos teóricos ensinados em sala de aula.

Por outro lado quando os alunos foram questionados se gostam de assistir aulas de química na atual escola, 47% dos entrevistados revelaram que, aumentaram o interesse pelas aulas de Química na atual escola, segundo um aluno, foi devido a construção de um laboratório de química bem estruturado tornando as aulas mais atrativas, portanto notamos que ocorreu uma melhora nos resultados em relação à antiga escola, 53% dos alunos responderam que não gostam das aulas de química, alegam explicando que os docentes não tem compromisso com os alunos, chegam na hora que bem entendem, respondem rudemente as indagações dos aprendizes e, sobretudo dificultam na hora da realização das provas, colocando questão que foram mal explicadas.

## 4 | CONCLUSÕES

Por meio da análise dos resultados, foi verificado que, a antiga escola não estava preparada para receber os estudantes, tinha grandes deficiências na parte estrutural, as salas de aula eram de tamanho reduzido, mal ventiladas e com infiltrações, precariedade na luminosidade, falta de higiene e carteiras, tais dificuldades provocaram transtornos no desenvolvimento das atividades teóricas e práticas, gerando desinteresse por parte dos alunos pela disciplina de química, por causa da falta de uso do laboratório, o qual era precário e não fornecia subsídios, como equipamentos e reagentes químicos.

O estudo mostrou que a atual escola vem contribuindo positivamente no processo de ensino e aprendizagem, pois a nova estrutura física proporciona aos alunos padrões de qualidade que lhes permitem atender suas necessidades sociais, cognitivas e motoras. Também foi constatado que, com a construção dos novos laboratórios de ciências, os alunos sentiram-se mais motivados para estudar os assuntos abordados nas disciplinas das Ciências Naturais. É importante mencionar que o único aspecto negativo, está relacionado ao atendimento aos alunos com necessidades especiais, neste caso torna-se indispensável ainda um planejamento maior quanto à estruturação de um ambiente escolar e principalmente uma melhor preparação dos professores e funcionários para atenderem com mais qualidade esses alunos.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP).

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, G. A. N. As Escolas Públicas do Rio de Janeiro: Considerações sobre o Conforto Térmico das Edificações. **Dissertação de Mestrado**. Rio de Janeiro: FAU/UFRJ, 1995.

BALANCHO, M. J. S.; COELHO, F. M. **Motivar os alunos, criatividade na relação pedagógica**: conceitos e práticas. 2. ed. Porto, Portugal: Texto, 1996.

BOLLMAN, C. M. S. et al. **Interação Pais e Escola**. **Revista PEC**, v.1, n.1, p.65-68, jul.2001.

BOBBIO, N. **A Era dos Direitos**. Tradução de Carlos Nelson Coutinho. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

BOCK, A. M. B. (Org). **Psicologias**: uma introdução ao estudo de Psicologia. 13. ed. São Paulo: Saraiva, 1999.

BRASIL. **Padrões Mínimos de Qualidade do Ambiente Escolar**. Fundo de Fortalecimento da Escola FUNDESCOLA/MEC, 2006.

BZUNECK, J. A. As crenças de autoeficácia dos professores. *In*: F.F. Sisto, G. Oliveira & L.D.T. Fini (Orgs.). **Leituras de psicologia para formação de professores**. Petrópolis: Vozes, 2000.

CHOAY, F. **A alegoria do patrimônio**. Tradução de Luciano Vieira Machado. 3. ed. São Paulo: Estação Liberdade/UNESP, 2006.

COIMBRA, L. B. S. Desenvolvimento interpessoal e moral. **Revista de Psicologia do desenvolvimento e educação de jovens**. Lisboa: Universidade Aberta, 1990.

ELALI, G. A. O ambiente da escola - o ambiente na escola: uma discussão sobre a relação escola-natureza em educação infantil. **Estudos de Psicologia**, v. 8, n. 2, p. 309-319, 2003.

HERSEY, P.; BLANCHARD, K.H. **Psicologia para administradores**: a teoria e as técnicas de liderança situacional. São Paulo: EPE, 1986.

KRAMER, S. et al. **Com a pré-escola nas mãos**: uma alternativa curricular para a educação infantil. São Paulo: Ática, 2000, 110 p.

MALGLAIVE, G. **Enseigner a des adultes**. Paris: Presses Universitaires de France, 1990.

MORAES, R. **Construtivismo e Ensino de Ciências**: reflexões epistemológicas e metodológicas. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000.

SILVA, P. D. S.; NASCIMENTO, S. S.; VENTURA, P. C. S. Física e Química: uma avaliação do ensino. **Presença Pedagógica**, v. 9, n. 49. p. 21-33, 2003.

PAIN, S. **Diagnóstico e Tratamento dos Problemas de Aprendizagem**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1985.

PERRENOUD, P. **10 novas competências para ensinar**. Tradução de Patrícia Chittoni Ramos. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000. Cap. 8.

RAMOS, M. T. O.; PAGOTTI, A. W. Avaliando o pensamento operatório em futuros professores. *In*: Donatoni, A.R. (Orgs.). **Avaliação Escolar e Formação de Professores**. Campinas: Alínea, 2008, p. 7-16.

SMITH, C.; STRICK, L. **Dificuldades de Aprendizagem de A a Z**. São Paulo: Penso, 2012.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

# CAPÍTULO 2

## PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM E ENSINO DE QUÍMICA: O FEIJÃO E AS SUAS POSSIBILIDADES DE GERMINAÇÃO COMO TEMÁTICA DE UMA SITUAÇÃO DE ESTUDO

Data de aceite: 23/08/2021

### Isabella Guedes Martinez

Doutora pelo Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências pela Universidade de Brasília - PPGEduc  
Universidade de Brasília - UnB  
Campus Universitário

### Elias Batista dos Santos

Doutor em Educação pela Faculdade de Educação da Universidade de Brasília  
Faculdade Projeção – FAPRO Sobradinho-DF, Brasil  
CEP Escola Técnica de Planaltina – SEEDF

### Sebastião Mateus Veloso Júnior

Graduado em Licenciatura Plena em Matemática pela Universidade Estadual de Goiás - UEG  
Campus Universitário

**RESUMO:** O presente trabalho se insere no contexto do ensino de Química e apresenta uma compreensão da relação estabelecida entre o estudo do desenvolvimento das plantas e o solo e suas variáveis como constituinte do fazer pedagógico que se desenvolve em uma instituição que trabalha com estudantes do ensino fundamental e do ensino médio. O objetivo foi analisar o processo de produção de uma ambiência favorável para a aprendizagem de estudantes sobre os fatores que favorecem a germinação de sementes de feijão. Para tanto, como referencial teórico, utilizamos as ideias desenvolvidas por Maldaner (2004),

especialmente a utilização da Situação de Estudo como estratégia pedagógica para favorecer o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa. Os resultados indicaram que a proposta realizada se configurou a partir da criação coletiva de um espaço-tempo de diálogo entre os professores e os estudantes, bem como do desenvolvimento de um cenário favorável ao estudo do pH do solo e da ação do adubo orgânico no desenvolvimento das sementes de feijão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Química; pH do solo; Situação de Estudo; educação básica.

**ABSTRACT:** The present task is inserted in the context of teaching Chemistry and presents an understanding of the relationship established between the study of the development of plants and soil and its variables as a constituent of the pedagogical practice that takes place in an institution that works with elementary school students and from highschool. The objective was to analyze the process of producing a favorable environment for students to learn about the factors that favor the germination of bean seeds. Therefore, as a theoretical framework, we use the ideas developed by Maldaner (2004), especially the use of the study situation as a pedagogical strategy to favor the development of meaningful learning. The results indicated that the proposal was set up from the collective creation of a space-time for dialogue between teachers and students, as well as the development of a favorable scenario for the study of soil pH and the action of organic fertilizer on development of bean seeds.

**KEYWORDS:** Chemistry teaching; soil pH; Study

## INTRODUÇÃO

Segundo Heinrichs *et al.* (2008), o feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) constitui a base alimentar da população brasileira e existem vários fatores que contribuem para que haja uma baixa produtividade de um feijoeiro, passando por questões políticas e, incluindo, questões técnicas, como o pH do solo, o processo de adubação e a nutrição. Sendo assim, cada dia mais se torna importante a realização da análise do solo para que se alcance um melhor desenvolvimento de sementes.

Segundo Veloso *et al.* (1992), o pH ou potencial hidrogeniônico pode ser identificado a partir do cálculo da medida do grau de acidez de uma solução e é definido pelo teor de íons hidrônio ( $H_3O^+$ ) livres por unidade de volume. Sabemos que a escala de pH é logarítmica e que quanto menor for o valor do pH, mais ácida será a solução. Seguindo as ideias do autor, o pH é representado pelo logaritmo negativo da concentração de íons hidrônio na base 10:

$$pH = - \log [H_3O^+]$$

$$[H_3O^+] = 10^{(-pH)}$$

A partir de Veloso (1992), podemos dizer que a escala de pH varia de 0 a 14, na temperatura de 25°C. Compreendemos que a solução será ácida se os valores de pH forem menores que 7,0, será neutra se o pH for igual a 7,0 e básica se o pH for maior que 7,0. Geralmente, no caso dos solos, o pH varia entre 3,0 e 9,0 (VELOSO, 1992). O pH do solo pode interferir no desenvolvimento de sementes devido à sua constituição e, neste sentido, o solo também pode, devido à sua capacidade de tamponar, liberar íons na solução quando a concentração está baixa e reter quando a concentração está alta (CARMONA, 1997).

Outro fator de importante contribuição para o desenvolvimento de sementes é a ação do adubo. Segundo Finatto *et al.* (2013), diferente dos adubos minerais, os orgânicos são aqueles obtidos por fontes naturais como restos de plantas, esterco de animais, farinha de ossos, além da ação de microorganismos e minhocas. Neste sentido, o adubo orgânico possui como característica principal a utilização de resíduos animais ou vegetais na sua produção. Podemos inferir que os adubos orgânicos apresentam uma ação mais lenta quando são comparados aos adubos minerais porque necessitam de maiores transformações antes de serem utilizados pelos vegetais, todavia também podem ser compreendidos como um excelente recurso para o cultivo de sementes (FINATTO *et al.*, 2013).

Nesta direção, podemos trabalhar estes conceitos que podem fazer parte do cotidiano dos estudantes, no ensino de Química. Sendo assim, as aulas de Química podem proporcionar espaços favorecedores da produção e expressão de sentidos subjetivos que, por sua vez, podem ser importantes para o desenvolvimento de novas

concepções por parte dos estudantes (MITJÁNS MARTÍNEZ; GONZÁLEZ REY, 2017; GONZÁLEZ REY, 2006, 1997). À vista disso e de acordo com as ideias destes autores, quando o estudante está imbricado na ação de aprender, produz e expressa sentidos subjetivos que estão relacionados com a qualidade da aprendizagem, assim como são expressos sentidos subjetivos produzidos em momentos anteriores, e estão relacionados com constituintes individuais e sociais. Devido a isso, é relevante que, durante o processo ensino-aprendizagem na disciplina de Química, a história de vida do estudante e o caráter relacional dos assuntos sejam percebidos com atenção.

Cabe a nós professores criarmos espaços de atividades-comunicação que potencialmente possam contribuir para a geração de sentidos subjetivos, que na sua configuração com outros sentidos gerados em espaços diferentes da vida do aprendiz possam viabilizar aprendizagens efetivas. (MITJÁNS MARTÍNEZ; GONZÁLEZ REY, 2017, p. 142).

Sendo assim, defendemos que o ensino de Ciências deve ser organizado e desenvolvido, a partir da percepção dos conhecimentos prévios e das singularidades dos estudantes. As situações de estudos (SE) propõem um processo relacional que favorece a reflexão de uma questão problematizadora em que são contempladas as necessidades interdisciplinares e dialógicas que o estudo das ciências demanda (MALDANER; ZANON, 2001).

Neste sentido, compreendemos que a utilização das SE, no contexto do processo ensino-aprendizagem, pode possibilitar o exercício de uma aprendizagem significativa, por meio de um processo em que as experiências prévias dos estudantes podem ser complementadas e confrontadas pelo saber científico (MALDANER; ZANON, 2001). Esse enfoque é muito importante, pois é um ambiente em que o estudante pode vir a relacionar o que acontece no contexto escolar ao seu cotidiano.

Desde seu início, na medida em que a vivência social é trazida e trabalhada na sala de aula, a Situação de Estudo se abre para outras relações, mais gerais e globais, através das ciências, num ir e vir dialético que permite constituir formas mais dinâmicas de saber – de significação e de uso de saberes - no contexto, em que concorrem formas científicas diversas de explicação, com as linguagens e modelos explicativos que lhes são peculiares. (MALDANER; ZANON, 2001, p.7).

Dessa maneira, a SE pode possibilitar um saber mais crítico, ao buscar na realidade no estudante a situação problematizadora que durante a SE, na etapa de primeira elaboração, poderá confrontar-se com o saber científico. Esse encontro de diferentes conceitos possibilitará que o estudante complemente ou altere o foco que havia dado à situação problematizadora, sendo possível, inclusive, transcendê-la em novos dilemas. É importante destacar que as situações de estudo,

sem delimitar totalmente nem tampouco abrir totalmente o alcance do conhecimento, permite dar significados a aprendizados científicos diversificados, de forma dinamicamente articulada - entre si, e com saberes

O caráter interdisciplinar dessa abordagem pedagógica se constitui a partir de uma contínua utilização da contextualização como expressão relacional da realidade que *é/* será vivida pelo estudante, tendo em vista que as situações com que ele se depara/virá deparar-se não poderão ser compreendidas de maneira estanque, por meio de uma única disciplina. Acerca disso, autores destacam que “em tais contextos, cada assunto é tratado de forma inter-relacionada, com vistas a uma compreensão global da situação explorada, articuladamente a competências desenvolvidas através de cada disciplina e também do conjunto delas” (MALDANER; ZANON, 2001, p. 7).

Neste caso, o docente que orienta sua prática a partir dos princípios da SE propõe diversas atividades aos estudantes “a fim de incentivar a compreensão conceitual científica numa abordagem interdisciplinar e contextualizada de situações do cotidiano” (STANZANI et. al., 2016, p. 3). Para efeitos didáticos, essas podem ser categorizadas em três (3) etapas, assim como defendem os autores Gehlen, Maldaner e Delizoicov (2012) e Auth (2002): 1) problematização; 2) primeira elaboração; e 3) função da elaboração e compreensão conceitual (QUADRO 1).

Etapa	Descrição
Problematização	Busca explicitar o entendimento primário que os estudantes têm sobre uma determinada problemática. Nessa etapa, o professor traz para a discussão algumas palavras que mostram outras possibilidades de se compreender a situação problema. Essas palavras, sempre conceitos sob o ponto de vista vigotskiano, começam a produzir algum sentido novo e podem vir a se tornar conceitos no decorrer do estudo. Elas orientam a discussão, embora os estudantes tenham total autonomia para usar suas palavras na produção dos entendimentos próprios.
Primeira Elaboração	São desenvolvidas atividades que envolvam textos, com a finalidade de aprofundar os conceitos abordados na Problematização, possibilitando ao aluno ter um primeiro contato com os conhecimentos científicos, relacionando palavras que são utilizadas no contexto científico e que fazem parte do meio em que vive.
Função da Elaboração e Compreensão Conceitual	Momento de relacionar o nível conceitual atribuído ao problema em foco, a partir de uma sistematização dos conceitos estudados. Nessa etapa, os estudantes são levados a apresentarem explicações de cunho científico, passando do abstrato para o concreto, buscando generalizar o conceito a fim de se ter uma maior significação conceitual.

QUADRO 1 – DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DA SE.

Fonte: STANZANI ET AL., 2016, p. 2.

Este Quadro 1 foi elaborado por Stanzani et al. (2016) a partir destas etapas – Problematização, Primeira Elaboração e Função da Elaboração e Compreensão Conceitual – que foram defendidas por Gehlen, Maldaner e Delizoicov (2012) e Auth (2002).

No presente trabalho, desenvolvemos um estudo que proporciona a apresentação de uma possibilidade para professores de Química trabalharem com seus estudantes a

partir destas etapas das SE. Neste sentido, compreendemos que este capítulo poderá se constituir como um material de apoio para o trabalho docente no ensino de Ciências Naturais. Com isso, pretendemos contribuir com a melhoria do processo ensino-aprendizagem de estudantes em aulas de Química e apresentar uma proposta para aulas inovadoras a partir de uma perspectiva das SE.

## **METODOLOGIA**

Nosso trabalho se desenvolveu em uma instituição escolar do estado de Goiás, no espaço-tempo de uma turma de primeiro ano de ensino médio<sup>1</sup>. Portanto, depois de autorizados pelo corpo gestor da instituição e obtido o consentimento de todas as pessoas voluntárias participantes da pesquisa, desenvolvemos esta pesquisa.

Nesse período, trabalhamos, junto aos participantes voluntários, com indutores como conversas informais, roda de conversas, produção de textos e desenhos. O uso desses indutores favoreceu a produção de informações pelos participantes, constituindo-se em expressões e posicionamentos que precisávamos ter acesso para ajudar na interpretação de como se deu o processo de criação daquela ambiência em que as aulas de Química eram desenvolvidas.

### **A instituição escolar**

Para auxiliar na compreensão do contexto em que a escola está inserida, apresentamos algumas informações sobre o local em que a pesquisa foi desenvolvida. A cidade em que a escola está situada dista cerca de oitenta quilômetros do centro das decisões políticas do nosso país. O acesso a ela é fácil, pois fica em uma das principais entradas da cidade. Além da localização privilegiada, percebemos organização interna e qualidade na conservação do patrimônio. Os estudantes são oriundos da própria cidade. Durante todo o tempo em que estivemos presentes, nosso convívio com a equipe escolar, a relação com os estudantes, com a direção e com os professores e outros funcionários foi amistosa.

### **Os estudantes**

Havia, durante a atividade, doze (12) estudantes, sendo um (1) estudante do sexto ano do ensino fundamental, dois (2) estudantes do sétimo ano do ensino fundamental, um (1) estudante do oitavo ano do ensino fundamental, dois (2) estudantes do primeiro ano do ensino médio, um (1) estudante do segundo ano do ensino médio e cinco (5) estudantes do terceiro ano do ensino médio.

Assim, as informações que subsidiaram o processo interpretativo foram sendo produzidas e analisadas ao longo da fase empírica da pesquisa, de acordo com o que os

<sup>1</sup> Escolhemos esta escola por ser uma instituição que trabalha com complementação no que concerne aos conteúdos escolares, mas que também trabalha capacidades relacionadas a atitudes e educação pessoal com base cristã.

participantes desejavam e se expressavam.

## A atividade

A atividade foi iniciada com a apresentação de uma questão problematizadora, desenvolvida de acordo com a etapa de Problematização colocada por Gehlen, Maldaner e Delizoicov (2012) e Auth (2002), ficando assim constituída: “imagine que você seja um agricultor que precise criar a melhor condição para o desenvolvimento de sementes de feijão, a partir de três elementos: substrato, grau de acidez e luminosidade. Sendo assim, é necessário levantar e testar hipóteses para se posicionar diante dessa questão e construir informações suficientes para se saber em relação ao desenvolvimento da semente de feijão e suas variáveis. Diante disso, qual é a sua expectativa em relação ao tempo, no que tange à resistência após a germinação e à estética? Justifique. Lembre-se que as variáveis são luz, ambiente sendo com muita luz e com pouca luz; substratos, sendo terra, algodão e material orgânico; grau de acidez, sendo meio ácido e não ácido”.

Para a exploração das ideias iniciais dos estudantes, eles possuíam folhas à disposição para anotarem e organizarem suas hipóteses depois de apresentada a questão problematizadora. Após os registros das hipóteses explicativas produzidas a partir do conhecimento prévio e das experiências dos estudantes, e depois das discussões iniciais, os materiais que seriam utilizados foram apresentados, a saber: sementes de feijões, copos plásticos de 250 ml, papel filme, algodão, terra, adubo orgânico e água. Cabe ressaltar que, já nesse momento inicial, os estudantes disseram ser necessária a luz do Sol para que as plantas pudessem crescer, ademais da água, e disseram que o solo era muito importante para que as plantas pudessem crescer.

Os doze (12) estudantes puderam expressar suas hipóteses e interpretações, conforme assumiram posicionamentos embasados nos conhecimentos que iam sendo produzidos no desenvolvimento das atividades e nos diálogos estabelecidos com os demais participantes. Previamente, foi elaborado um quadro com todas as possibilidades de plantações que envolviam as variáveis luz (luz abundante/baixa luminosidade), substrato (algodão/terra/adubo orgânico), grau de acidez (meio ácido/meio não ácido). No total, havia doze (12) possibilidades, e cada estudante escolheu um número, determinando, assim, que tipo de plantação deveria realizar e acompanhar (QUADRO 2).

Estudante	Acidez (meio ácido, meio não ácido)	Substrato (terra, algodão, adubo)	Luz (com muita luz, com pouca luz)
1	meio ácido	terra	com muita luz
2	meio ácido	terra	com pouca luz
3	meio ácido	algodão	com muita luz
4	meio ácido	algodão	com pouca luz
5	meio ácido	adubo	com muita luz
6	meio ácido	adubo	com pouca luz
7	meio não ácido	terra	com muita luz
8	meio não ácido	terra	com pouca luz
9	meio não ácido	algodão	com muita luz
10	meio não ácido	algodão	com pouca luz
11	meio não ácido	adubo	com muita luz
12	meio não ácido	adubo	com pouca luz

QUADRO 2 – DIVISÃO ESTABELECIDADA DURANTE A ATIVIDADE.

Fonte: Os autores.

O desenvolvimento da atividade teve a duração de nove (09) dias, pois ocorreram o momento da plantação, o espaço-tempo para regar e esperar as plantas se desenvolverem e o dia de síntese e discussão final das ideias. Para tanto, participaram um coordenador, uma professora de Ciências Naturais e um professor de Matemática, além dos estudantes. As etapas foram as seguintes: a) atividade da plantação; b) atividade de regar as plantas com água; c) vídeo a respeito da atividade agrícola; d) roda de conversa. Estas etapas foram organizadas em um quadro (QUADRO 3) para facilitar a visualização do processo:

ATIVIDADES REALIZADAS	a) atividade de plantação	b) atividade de regar as plantas com água	c) vídeo a respeito de agricultura e discussão	d) roda de conversa
<b>Tempo da atividade</b>	1 dia	6 dias	1 dia	1 dia
<b>Detalhe sobre as atividades</b>	Momento destinado para escolha dos números e do que cada pessoa plantaria.	Momentos durante a semana em que os estudantes regavam as plantas com a mesma quantidade de água.	Momento para que assistissem ao vídeo sobre a atividade agrícola em uma televisão da instituição escolar.	Momento para discussão final sobre o que aconteceu durante a semana com as sementes a partir das comparações entre as plantações.
<b>Problema</b>	Os estudantes definiram o que cada um deveria plantar.	As plantas foram regadas com a mesma quantidade.	Os estudantes fizeram as conexões de acordo com seu conhecimento prévio e com o que aprenderam ao longo da atividade e reorganizaram suas conclusões a partir das informações disponibilizadas pelo vídeo.	Eles compartilharam os resultados obtidos individualmente para uma reconstrução coletiva de ideias.

QUADRO 3 – ATIVIDADES REALIZADAS DURANTE A SEMANA.

Fonte: Os autores.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para ilustrar que um ambiente favorável à aprendizagem do estudante se configura a partir da criação coletiva de um espaço-tempo de diálogo e de possibilidades para que o estudante assuma o protagonismo e se constitua como autor de seu processo de aprendizagem, organizamos o relato do processo interpretativo a partir dos três momentos identificados em uma SE (GEHLEN, MALDANER e DELIZOICOV, 2012). Com isso, vemos a importância do tema para que se compreenda a respeito de como podem favorecer o processo ensino-aprendizagem de estudantes nas aulas de Química.

As três (3) etapas serão categorizadas a seguir: 1) problematização; 2) primeira elaboração; e 3) função da elaboração e compreensão conceitual.

### 1) Problematização

Elaboramos uma problemática para que os estudantes pudessem se expressar livremente de acordo com o conhecimento prévio e experiências que cada um já tinha vivenciado em relação ao tema, assim, as respostas produzidas inicialmente não estavam ancoradas em conhecimentos específicos produzidos pela academia. A questão apresentada foi: “imagine que você seja um agricultor que precise criar a melhor condição

para o desenvolvimento de sementes de feijão, a partir de três elementos: substrato, grau de acidez e luminosidade. Sendo assim, é necessário levantar e testar hipóteses para se posicionar diante dessa questão e construir informações suficientes para se saber em relação ao desenvolvimento da semente de feijão e suas variáveis. Diante disso, qual é a sua expectativa em relação ao tempo, no que tange à resistência após a germinação e à estética? Justifique. Lembre-se que as variáveis são luz, ambiente sendo com muita luz e com pouca luz; substratos, sendo terra, algodão e material orgânico; grau de acidez, sendo meio ácido e não ácido”.

Assim, os estudantes discutiram a partir da pergunta inicial, elaborando hipóteses explicativas, e decidiram apostar em possibilidades e falar sobre qual tipo de plantação e suas variáveis (QUADRO 2) seria o melhor para o desenvolvimento da semente de feijão. As previsões dos estudantes e algumas falas explicativas foram transcritas para ilustrar este momento inicial da atividade (QUADRO 4).

Estudante	Sua Previsão	Argumentos
Estudante 1	1 -meio ácido/terra/com muita luz	<p>“A acidez vai ajudar, já que vai estar sem <b>adubo</b>, então acho que o ácido vai ajudar em alguma composição ali da planta, do feijão”.</p> <p>“A <b>terra</b> é melhor, pois como a terra veio primeiro que o adubo, veio da criação já do mundo, então ele é algo já primordial para a planta”. Sobre a <b>luz</b>: “no caso do feijão, será melhor com <b>muita luz</b>, já que o que a gente vê em grandes safras ele precisa de luz”.</p>
Estudante 2	11 - meio não ácido/adubo/com muita luz	<p>“Porque o <b>meio ácido</b> vai ter ácido, vai prejudicar”.</p> <p>“Porque o <b>sol</b> tem vitamina pro feijão e é bom”.</p>
Estudante 3	7 - meio não ácido/terra/com muita luz	<p>“Eu acho que ele vai dar certo, porque a gente não vai ter muito tempo [...]. Aqui, em <b>algodão</b> cresce mais rápido que em <b>terra</b> ou terra com <b>adubo</b>. O <b>algodão</b> vai mais rápido.”</p> <p>“Acho que com <b>muita luz</b> é melhor, porque o feijão não é uma planta que pode deixar na sombra.”</p>
Estudante 4	7 - meio não ácido/terra/com muita luz	<p>“Porque a <b>terra</b>, ela ajuda bastante e o ácido tira um pouquinho dos nutrientes da planta.”</p> <p>Sobre a <b>luz</b>: “eu acho que ajuda, porque a luz vem o <b>Sol</b> e ele ajuda a crescer junto com a água. Quando molha, ele ajuda a crescer.”</p>

Estudante 5	5 - meio ácido/adubo/com muita luz ou 1 - meio ácido/terra/com muita luz	<p>“Eu acho que a <b>terra</b>, a <b>terra</b> e o <b>adubo</b> são bons.”</p> <p>“Eu acho que o ácido... ele vai fazer, ele vai decompor alguma substância que a planta precisa, ele vai decompor da <b>terra</b> ou do <b>algodão</b>, facilitando assim a planta adquirir os nutrientes.”</p> <p>“Porque a pouca <b>luz</b> faz com que... ela é essencial para boa parte das plantas nascerem. E como nós vemos, em plantas do tipo de feijão, elas necessitam de luz constantemente para se desenvolverem.”</p>
Estudante 6	11 - meio não ácido/adubo/com muita luz	<p>Sobre o <b>adubo</b>: “Não sei, pelo que eu entendo, acho que tem mais coisa que a <b>terra</b>, sei lá... mais nutriente, não sei como é que fala.”</p> <p>Sobre a <b>acidez</b>: “Acho que não tem diferença.”</p>
Estudante 7	9 - meio não ácido/algodão/com muita luz	<p>“Eu acho que o dela vai dar bom porque o <b>algodão</b> também ajuda na velocidade que cresce o feijão, né?!”</p> <p>“Eu acho que cresce melhor com <b>muita luz</b>, cresce mais saudável, então eu acho que vai ajudar também.”</p>
Estudante 8	1 - meio ácido/terra/com muita luz	<p>“Porque precisa de muita <b>luz</b> para o feijão nascer.”</p> <p>Estudante 8 disse que acredita que o <b>substrato</b> e a presença de ácido não fazem diferença.</p>
Estudante 9	11 - meio não ácido/adubo/com pouca luz	<p>“Eu acho que se tivesse o <b>adubo</b> e a <b>terra</b> ia ser bom.”</p> <p>“Porque <b>pouca luz</b> ajuda no crescimento.”</p>
Estudante 10	9 - meio ácido/algodão/com muita luz	<p>“Eu acho que o <b>algodão</b> é melhor que a terra.”</p> <p>Sobre a <b>luz</b>: “ajuda, com certeza, porque senão as plantinhas morriam.”</p>
Estudante 11	11 - meio não ácido/adubo/com muita luz	<p>“O <b>adubo</b> que dá uma sustância para a planta, ajuda ela a se desenvolver.”</p> <p>“Tá <b>sem ácido</b>, que eu acho que pro feijão talvez seja um pouco melhor”</p> <p>“<b>Muita luz</b>, porque o feijão, nas plantações de feijão são ao ar livre com <b>muita luz</b>, por isso acho que vai dar certo.”</p>

Estudante 12	5 - meio ácido/adubo/com muita luz	<p>Sobre a <b>acidez</b>: “eu acho que vai dar uma ajudada, tipo uma fermentadinha, para dar aquele... up.”</p> <p>“Acho que o adubo é melhor, porque o adubo é mais puro, mais como é que fala?! Hum, eu não sei como fala não, mas acho que vai ser melhor.”</p> <p>“Porque o <b>Sol</b> dá umas vitaminas.”</p>
--------------	------------------------------------	--

QUADRO 4 – ESTUDANTES, SUAS PREVISÕES E SEUS ARGUMENTOS.

Fonte: Os autores.

Nesta etapa, a partir das primeiras impressões dos estudantes, pudemos ter acesso aos seus conhecimentos prévios – o que poderia produzir algum sentido novo e poderia vir a se tornar conceitos no decorrer do estudo. A pergunta apresentada orientou a discussão, embora os estudantes tenham tido autonomia e idiossincrasia para utilizarem suas palavras e suas perspectivas na produção e organização das próprias ideias.

O momento da Problematização auxiliou aos estudantes no processo de assumir uma postura de abertura ao diálogo para encontrar a solução mais adequada para a Situação de Estudo proposta pelos docentes. Isto porque durante esta etapa, os estudantes discutiram bastante a respeito das suas ideias e apresentaram e debateram suas possibilidades entre eles. Como forma de ilustrar:

Por fim, contribuiu no processo de testagem de hipóteses, pois cada estudante escolheu uma semente para cuidar e observar, anotando os resultados e reconstruindo suas ideias.

## 2) Primeira Elaboração

Nessa fase da atividade, foi proposto que os estudantes assistissem a um vídeo (CALCÁRIO E GESSO, 2018) em que um engenheiro agrônomo discorria a respeito de agricultura, solo e adubo, além de pH. A utilização do vídeo pode ser compreendida como suporte teórico para o processo de reorganização de conceitos e interpretações do experimento e eles permaneceram atentos durante a explanação e alguns estudantes anotaram algumas falas apresentadas. O engenheiro agrônomo explicou sobre como fazer o controle da qualidade do solo para plantação e lavoura. Os estudantes puderam se expressar e reorganizar as ideias acerca dos conteúdos do vídeo, sintetizando certas ideias. Para ilustrar essa reconstrução de ideias, elaboramos o QUADRO 5:

Estudante 1	“Solo é uma reserva e tem um ciclo dos elementos químicos”
Estudante 5	“Tem plantas que vão crescer em solo ácido e umas em solo básico”
Estudante 9	“Tem a rotatividade para preservarem os solos”
Estudante 10	“Tem plantas que vão crescer em solo ácido e umas em solo básico”
Estudante 11	“Tem a rotatividade para preservarem os solos”

QUADRO 5 – ESTUDANTES E ARGUMENTOS NA ETAPA PRIMEIRA ELABORAÇÃO.

Fonte: Os autores.

Este momento da Problematização auxiliou também no processo de construção de referencial teórico que orientasse essas ações, pois houve câmbio no que se refere à utilização de termos. Como forma de ilustrar, dentre outras situações que ocorreram, temos quando o estudante 11, ainda no primeiro dia, disse que “devia ter algo para equilibrar a terrinha ácida” e quando afirmou, no último dia, que existia uma rocha sedimentar que poderia alterar o pH do solo: “o calcário serve para equilibrar o pH, ficar tudo balanceado”.

A apresentação deste vídeo foi subsídio para que aprofundássemos os conceitos abordados na Problematização, possibilitando ao estudante ter um contato com os conhecimentos científicos, relacionando palavras que são utilizadas no contexto científico e que fazem parte deste cotidiano particular. A Primeira Elaboração favoreceu o desenvolvimento da expressão da subjetividade individual, que é “um aspecto plural, dialético, com capacidades para ser autotransformador” (MARTINEZ, 2019, p. 54).

#### Função da Elaboração e Compreensão Conceitual:

Nesta etapa, compreendida como o momento de relacionar o nível conceitual atribuído ao problema em foco, a partir de uma sistematização dos conceitos estudados, os estudantes puderam apresentar explicações de cunho científico, passando do abstrato para o concreto, buscando generalizar o conceito a fim de se ter uma maior significação conceitual (STANZANI et al., 2016). A roda de conversa foi interpretada como favorecedora de uma construção coletiva do saber e o QUADRO 6 possui algumas falas ilustrativas.

Estudante 2	“Eu acho que o 6 cresceu porque tem adubo orgânico”
Estudante 5	“Que o meio ácido com a luz ocasionou alguma reação de apodrecimento em relação ao feijão. E isso faz com que a planta não nascesse, percebe-se então que a química é relacionada a biologia de forma que as plantas necessitam das reações químicas para nascer”
Estudante 6	“Que o ácido contribuiu para a quebra de nutrientes contidos no adubo”
Estudante 8	“O meu cresceu mais rápido porque fez um tipo de efeito estufa por que lá na sala era abafado por que a porta tava fechada e dificultou a passagem do ar”

QUADRO 6 – ESTUDANTES E ARGUMENTOS NA ETAPA FUNÇÃO DA ELABORAÇÃO E COMPREENSÃO CONCEITUAL.

Fonte: Os autores.

No que tange a esta etapa da Função da Elaboração e Compreensão Conceitual, a estudante 6 havia dito que “o ácido contribuiu fazendo o feijão receber os nutrientes necessários para se desenvolverem de forma efetiva e... ajudando também nas reações químicas do feijão... não se fazendo assim necessária a luz”, mas em outro momento da roda de conversa, depois que conversou com um grupo de quatro estudantes, mudou sua afirmação e disse que “a luz é importante para a planta crescer mesmo, mas isso depende da planta e... que pode ter uma diferente adaptação com o ácido”. Nesse ambiente social, destacamos a subjetividade individual, em que a constituição de um estudante se relaciona e se entrelaça com a do outro estudante (MARTINEZ, 2019). Em outra situação, um grupo de estudantes – estudante 11, estudante 7 e estudante 8 – disse que certos feijões não haviam crescido porque estavam sob muita luz, mas o estudante 1 disse que nas plantações de feijão, eles ficam expostos ao Sol. Eles concordaram e discutiram sobre outro porquê destes feijões não terem crescido. De maneira recursiva, a subjetividade social e a subjetividade individual se constituem mutuamente (SANTOS, 2013; MARTINEZ, 2019).

Interpretamos que houve interdependência do desenvolvimento individual e social (SANTOS, 2013) e importância da sistematização coletiva do saber em que os conceitos historicamente aceitos foram compartilhados pelos participantes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho se inseriu no contexto do ensino de Química e apresentou uma compreensão da relação estabelecida entre o estudo do desenvolvimento das sementes de feijão, o solo e suas variáveis como constituinte do fazer pedagógico e se desenvolveu em uma instituição que trabalha com estudantes da educação básica. O objetivo foi analisar o processo de produção de um ambiente favorável para a aprendizagem dos estudantes a respeito dos fatores que favorecem a germinação de sementes de feijão.

Com essa atividade, buscamos desenvolver uma SE, propiciando momentos de Problematização, em que os estudantes foram desafiados a responder uma pergunta; de Primeira Elaboração, em que os estudantes puderam elaborar hipóteses e expressar seus conhecimentos prévios; e de Função da Elaboração e Compreensão Conceitual, momento em que suas hipóteses foram confrontadas com o resultado das experiências e com os saberes científicos aos quais tiveram acesso. Nessa SE, houve a possibilidade de se trabalhar a temática relativa às variáveis solo, acidez e luminosidade, buscando entender como essas variáveis podem influenciar no crescimento e desenvolvimento do feijão.

Nossa pesquisa-ação desenvolveu uma possibilidade de se trabalhar a temática relativa ao solo e suas variáveis, e interpretamos que valorizamos os conhecimentos prévios dos participantes com a nossa atividade. O ensino de Química pode ser trabalhado a partir de experimentos como este que desenvolvemos, permitindo a abertura a uma ambiência favorável ao desenvolvimento do raciocínio crítico.

## REFERÊNCIAS

AUTH, M. A. **Formação de professores de ciências naturais na perspectiva temática e unificadora**. 2002. 200f. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BELLINGIERI, P. A.; SOUZA, E. C. A.; ALCARDE, J. C. SHIKASHO, H. W. Importância da reatividade do calcário sobre la produção e algumas características da cultura da soja [recurso electrónico]. **Scientia Agrícola**, v. 49, n. 1, p. 61-71, 1992. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/qqyqP7PFrDvR99Ps4jDLRbKM/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 01/jun/2021.

CARMONA, R. INFLUÊNCIA DO pH NA RESPOSTA DE SEMENTES DE PLANTAS DANINHAS A SUBSTÂNCIAS PROMOTORAS DE GERMINAÇÃO. **Planta Daninha**, v. 15, n. 1, p. 3-17, 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/Dk53594wmY3ZYRk6f44SyHp/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em 01/jun/2021.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Metodologia do ensino de Ciências**. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2000.

DIRETO DO SITIO. **Calcário e gesso** - Como fazer a correção do pH do solo. YouTube, 2018. 1 vídeo (8 min 11 seg). Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=GWeQKZAAqR8&ab\\_channel=diretodositio](https://www.youtube.com/watch?v=GWeQKZAAqR8&ab_channel=diretodositio). Acesso em: 21 jun 2021.

FINATTO, Jordana *et al.* A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura. **Destaque Acadêmicos**, v. 5, n. 4, dez, p.85-93, 2013. Disponível em: <http://univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/327/322>. Acesso em: 22 jun. 2021.

GEHLEN, S. T.; MALDANER, O. A.; DELIZOICOV, D. Momentos pedagógicos e as Etapas de Situação de Estudo: complementaridades e contribuições para a Educação em Ciências. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 1, p. 1-22, 2012.

GONZÁLEZ REY, F. L. **Epistemología cualitativa y subjetividad**. 1. ed. São Paulo: EDUC, 1997.

GONZÁLEZ REY, F. L. O sujeito que aprende: desafios do desenvolvimento da aprendizagem na psicologia e na prática pedagógica. In: Tacca, M. C. V. R. (org). **Aprendizagem e Trabalho Pedagógico**. Campinas: Alínea, 2006, p. 30-33.

GONZÁLEZ REY, F. L.; MITJÁNS MARTÍNEZ, A. **Subjetividade: teoria, epistemologia e método**. Campinas: Alínea, 2017.

HEINRICHS, R.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M.; MALAVOLTA, E. ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO COM A APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E MANGANÊS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32, v. 1157-1164, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/sLWvRcQfvqQg8PgNxfggmC/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em 01/jun/2021.

MALDANER, O. A.; ZANON, L. B. Situação de Estudo: uma organização de ensino que extrapola a formação disciplinar em ciências. In: MORAES, R.; MANCUSO, R. (Org.). **Educação em ciências: produção de currículos e formação de professores**. Ijuí: Editora Unijuí, 2004. p. 43-64.

MARTINEZ, I. G. **Educação em Ciência, dimensão subjetiva e suas implicações para a ação docente**: uma análise de processos avaliativos a partir da relação estudantes surdos-pessoa intérprete educacional. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Universidade de Brasília – Distrito Federal – DF, 2019.

SANTOS, E. B. **O professor em situação social de aprendizagem autóctone e formação docente**. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de Brasília, Distrito Federal – DF, 2013.

VELOSO, C. A. C; BORGES, A. L. ; MUNIZ, A. S.; VEIGAS, I. A. J. M. EFEITO DE DIFERENTES MATERIAIS NO pH DO SOLO. Piracicaba-SP: **scientia agricola**, 49(1), p. 123-128, 1992. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/4wVcP9t5mHJnkGbGqCwvnJk/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em 01/jun/2021.

# CAPÍTULO 3

## A QUÍMICA NAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS E NO ENSINO MÉDIO: ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS

Data de aceite: 23/08/2021

Data de submissão: 06/07/2021

### Ana Paula Vieira de Camargos

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri / Campus Unaí / Instituto de Ciências Agrárias  
Unaí – MG, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4713247419954400>

### Beatriz Esser Harms

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri / Campus Unaí / Instituto de Ciências Agrárias  
Unaí – MG, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2571347702568375>

### Vitor Hugo Soares Rosa

Escola Estadual Virgílio de Melo Franco  
Unaí – MG, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9625164078173069>

### Maria Gabriela de Melo Santos

Escola Estadual Virgílio de Melo Franco  
Unaí – MG, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2930254306353971>

### Brenda Garcia

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri / Campus Unaí / Instituto de Ciências Agrárias  
Unaí – MG, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1560072135627104>

### Mírian da Silva Costa Pereira

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri / Campus Unaí / Instituto de Ciências Agrárias  
Unaí – MG, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1328127213991175>

**RESUMO:** Neste trabalho foi analisado a eficiência da experimentação como recurso didático para a aprendizagem de conteúdos da área de Química trabalhados no Ensino Médio. Foi desenvolvida uma sequência didática em torno dos assuntos sobre ácido-base, solubilidade, densidade e funções orgânicas. Primeiramente, foram aplicados questionários iniciais, antes de cada prática experimental. Em seguida, foram realizadas as práticas no laboratório de Química da própria escola. Ao final do experimento, os alunos responderam os questionários finais, com o objetivo de verificar o impacto que a prática experimental causou aos alunos e se o aprendizado foi significativo para os mesmos. Nesta pesquisa, os resultados apontaram que a experimentação é eficaz e deve ser aplicada ao ensino de Química.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de química, experimentação, Ciências Agrárias.

CHEMISTRY IN AGRICULTURAL  
SCIENCES AND HIGH SCHOOL:  
INVESTIGATIVE EXPERIMENTAL  
ACTIVITIES

**ABSTRACT:** In this work the efficiency of the experimentation as didactic resource for the

learning of contents of the Chemistry area worked in High School was analyzed. A didactic sequence was developed around the subjects about acid-base, solubility, density and organic functions. Firstly, initial questionnaires were applied, before each experimental practice. Then, the practices were carried out in the Chemistry laboratory of the school. At the end of the experiment, the students answered the final questionnaires, in order to verify the impact that the experimental practice caused in the students and if the learning was significant for them. In this research, the results pointed out that the experimentation is effective and should be applied in chemistry teaching.

**KEYWORDS:** Chemistry teaching, experimentation, Agricultural Sciences.

## INTRODUÇÃO

Ao longo da história, as relações entre ensino, pesquisa e extensão processam-se a partir dos embates entre a definição da identidade e do papel da universidade (SILVA, 2000). A questão da indissociabilidade entre ensino-pesquisa-extensão, conforme demonstra Castro (2004), reflete as relações entre o conhecimento científico e as demandas sociais. Mora-Osejo e Borda (2004) afirmam que é preciso que as universidades sejam participativas e comprometidas com o bem comum e com as necessidades das comunidades.

Mesmo não existindo uma ideia generalista sobre a natureza do conhecimento científico, entende-se que o domínio de modelos, teorias, linguagens e símbolos usados pela ciência são construções consentidas socialmente e produzidas pelo homem na sua procura por entender o mundo a sua volta (DRIVER *et al.*, 1999). Este entendimento é determinante para a educação em ciências, considerando que o conhecimento científico, transformado em conhecimento escolar, pode ser concebido como uma forma de interpretação da realidade. Sendo assim, o conhecimento científico pode ser manipulado de forma a contribuir para uma sociedade tecnológica mais humanizada (ARROIO *et al.*, 2008).

A Química é uma ciência que estuda os fatos naturais e, atualmente, o principal motivo de ensinar Química é, também, a formação de cidadãos conscientes e críticos (SALESSE, 2012). É notório o avanço nos processos de ensino-aprendizagem nas escolas, devido aos avanços tecnológicos, dentre outros. Entretanto, a problemática de praticamente não haver aula experimental no Ensino Médio na área de Química ainda não foi superada. De acordo com Souto, Silva e Neto (2015), as aulas práticas possibilitam os alunos desenvolver autonomia e capacidade de tomar decisões, de avaliar e resolver problemas. Verifica-se no Brasil que, um dos principais motivos de desinteresse dos alunos pela disciplina de Química é a ausência de aulas experimentais, relacionando teoria e prática (ARRUDA *et al.*, 2015).

De acordo com Amaral (1996), nesta linha de raciocínio, a química apresenta uma forma de compreensão do mundo pautada no conhecimento estruturalmente simbólico. Na área da química, é preciso fazer adequações e otimizações de experimentos baseados na

realidade dos estudantes, tornando as atividades mais relevantes no processo de ensino-aprendizagem. Uma das formas é utilizar materiais de baixo custo e permitir que os alunos tenham real contato com a prática, aprendendo a observar criticamente os fenômenos, sem necessariamente fazer uso de um laboratório sofisticado (KINALSKI; ZANON, 1997).

Conforme afirmam Silva e Zanon (2000), a experimentação no ensino de química é de extrema importância, conferindo maior aplicabilidade dos conteúdos teóricos. Os questionamentos surgidos durante a experimentação devem ser mediados pelo professor, o qual deve auxiliar o aluno no desenvolvimento correto das ideias. O aluno deve ser levado a formular hipóteses e desenvolver formas de resolver os problemas encontrados. De acordo com Mortimer, Machado e Romaneli (2000), um experimento, além de contribuir com o pensamento químico, aliando teoria e realidade, auxilia no desenvolvimento de controlar variáveis, tabular dados e construir gráficos. Durante atividades experimentais no ensino de Química do nível médio, Lemos e Sampaio (2014) constataram a importância e a eficiência da utilização de experimentos como uma metodologia de ensino para se trabalhar o ensino de química.

A Química, por ser uma ciência que estuda a matéria e todos os fenômenos e transformações que a envolve, tem seu avanço através de atividades científicas, sejam por observações dos fatos naturais ou não e por experimentos (MEDEIROS; ROCHA, 2015). Sendo assim, é necessário que as aulas de Química sejam pautadas em várias atividades, as quais contemple tanto o teórico quanto a prática para que os alunos tenham formação adequada e completa. Vários estudos demonstram a importância das aulas experimentais no processo de ensino/aprendizado dos alunos de Química (MEDEIROS; ROCHA, 2015; BENITE; BENITE, 2009; SILVA; MACHADO; TUNES, 2010; GIORDAN, 1999; GALIAZZI *et al.*, 2007; HODSON, 1988). Fontanive e Klein (2010) sugerem que é preciso substituir a metodologia tradicional de ensino por situações que estimulem a participação, a troca de experiências e a aprendizagem interativa.

Silva (2016) ressalta que um dos pilares da ciência se fundamenta pela experimentação, em que o sujeito observa a natureza, e tudo que nela há, e tenta reproduzir, estabelecendo novos pensamentos e atitudes. Para Chassot e colaboradores (1993), a experimentação na Química tem que proporcionar aos alunos uma visão da realidade, verificando dados reais que façam refletir sobre o cotidiano. Caso não seja utilizado as atividades práticas como método de ensino de Química, o processo de ensino e aprendizagem torna-se dificultoso, deixando lacunas nos conceitos formados pelos alunos (MALDANER, 1999).

O programa curricular do ensino fundamental e médio conta com a disciplina de Química e seu estudo deve proporcionar ao aluno a compreensão de toda variação da matéria, dando a ele respaldo para um desenvolvimento crítico e reflexivo do seu dia a dia (PCN's – Parâmetros Curriculares Nacionais) (BRASIL, 2006). Se espera que os alunos saibam utilizar dos diversos conhecimentos adquiridos, não só os de sala de aula, para

resolução das situações adversas (AQUINO E CAVALCANTE, 2017).

Quando o professor alia o ensino da Química às aulas experimentais, possibilita ao alunado uma vivência única e grandiosa, em que o estudante passa a ser protagonista do seu próprio desenvolvimento, despertando nele interesse em aprender mais. O ensino da Química proporciona ao aluno entender muitos fenômenos do seu cotidiano. No entanto, pelas metodologias tradicionais adotadas pelos professores, em que não contemplam as aulas práticas, a disciplina se torna uma matéria maçante e abstrata (FERREIRA; DIAS; DE OLIVEIRA, 2010). Com isso, a desmotivação por parte dos alunos só aumenta, dificultando cada vez mais o aprendizado do aluno e o trabalho do professor. Este, por sua vez, tem que buscar estratégias e alternativas para um ensino do conteúdo de forma prazerosa e dinâmica, aliado com a formação crítica do pensamento (LEMOS; SAMPAIO, 2014).

Libâneo (2017) diz que cabe ao professor escolher com cautela todo o material que irá compor suas aulas, se atentando ao conteúdo para que este aborde assuntos enriquecedores e motivadores ao conhecimento dos alunos e o seu próprio. Uma alternativa que o professor dispõe é a experimentação, a qual torna a aula dinâmica e atrativa, estimulando o raciocínio na elaboração de hipóteses e aliando a teoria com a prática (GIORDAN, 1999).

O cenário apresentado pelas escolas públicas para as aulas de química é desolador e muitos professores não possuem tempo para integrar aulas experimentais às aulas teóricas. De acordo com Silva (2011), muitas escolas não dispõem de laboratórios e de equipamentos para tais aulas, sendo o número de aulas da disciplina por semana insuficiente para a integração entre teoria e prática. Aquelas escolas que possuem laboratórios não possuem verbas para a manutenção dos mesmos, no que diz respeito aos equipamentos e materiais necessários para seu funcionamento.

Para Mora-Osejo e Borba (2004), as universidades precisam se atentar às necessidades das comunidades, sendo participativas, com soluções que diminuam as discriminações existentes na sociedade. A integração por meio da extensão entre universidade e escola vem auxiliar os professores no processo de ensino/aprendizagem. Este suporte é extremamente importante, uma vez que as escolas possuem dificuldades com o efetivo de professores insuficientes e que não se veem preparados e subsidiados para preparar aulas que contemplem todo o conteúdo de forma como o PCN exige.

## **METODOLOGIA**

O projeto foi realizado na Escola Estadual Virgílio de Melo Franco no município de Unaí-MG. Trabalhou-se com o Ensino Médio, com turmas de 1º ano do turno matutino, 2º e 3º anos do turno vespertino. A escola apresenta uma temática interessante para as análises dos resultados, pois dispõe de laboratório e públicos de alunos distintos. Os alunos do turno matutino residem na zona urbana e os alunos do turno vespertino residem majoritariamente

na zona rural.

Os experimentos realizados foram selecionados de acordo com os assuntos programados para cada ano. Foi desenvolvida uma sequência didática em torno dos assuntos sobre ácido-base nas turmas do 1º ano, com os enfoques apropriados. Para as turmas do 2º ano, trabalhou-se com os temas sobre solubilidade e densidade. O tema funções orgânicas foi explorado com as turmas do 2º e 3º anos.

As aulas práticas foram executadas no laboratório da própria escola, no horário das aulas de química. As turmas foram divididas em grupos de quatro a cinco alunos e, cada grupo, executou o experimento seguindo o roteiro de aula. Todas as etapas foram acompanhadas por alunos universitários, sendo uma equipe formada por três alunas e a professora orientadora do projeto. Cada aula prática foi realizada uma única vez com cada turma.

Temos nos apoiado, até o presente momento, na utilização de materiais alternativos, com o objetivo de proporcionar a construção do conhecimento de forma dialógica e contextualizada.

Este trabalho foi desenvolvido em três momentos, conforme descritos a seguir:

- 1º) Aplicação de questionários iniciais, antes de cada prática experimental, com o objetivo de investigar o conhecimento dos alunos sobre o assunto abordado. Foram 100 alunos do 1º ano, 82 alunos do 2º ano e 40 alunos do 3º ano, totalizando cerca de 400 questionários, uma vez que nem todos os alunos participaram de todas as atividades laboratoriais;
- 2º) Realização das práticas no laboratório de Química da própria escola;
- 3º) Aplicação de questionários finais, após a execução de cada atividade laboratorial, com o objetivo de verificar o impacto que a prática experimental causou aos alunos e se a aprendizagem foi significativa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os questionários iniciais referentes às três práticas (ácido/base, solubilidade e densidade) continham dois blocos de perguntas. O primeiro bloco composto por perguntas gerais, como: “1) Você gosta da disciplina de química?; 2) Você vê interação do estudo da química com o seu dia a dia?; 3) As aulas de laboratório facilitam o aprendizado da química?”.

Analisando a Tabela 1, observa-se que ocorre uma concordância geral dos alunos no que diz respeito à importância da química no dia a dia e ao interesse que os mesmos possuem com relação às aulas práticas. De acordo com Giordan (1999), a experimentação pode ter um caráter dedutivo quando os alunos têm a oportunidade de testar o que é dito na teoria, dessa forma a utilização de experimentos bem planejados facilita muito a compreensão da produção do conhecimento na área da Química.

Questões	1º Ano	2º Ano
1. Você gosta da disciplina de química?	87% sim	61% sim
	13% não	39% não
2. Você vê interação do estudo da química com o seu dia a dia?	69% sim	59% sim
	31% não	41% não
3. As aulas de laboratório facilitam o aprendizado da química?	97% sim	89% sim
	03% não	11% não

Tabela 1. Respostas referentes às três primeiras questões do “Questionário inicial”.

O segundo bloco de perguntas dos questionários iniciais referia-se aos conteúdos específicos de cada prática laboratorial. O questionário inicial aplicado ao 1º ano sobre ácidos e bases possuía questões de verdadeiro (V) ou falso (F), conforme demonstrado na Tabela 2. Quando os alunos foram questionados sobre a presença de substâncias ácidas e básicas no cotidiano, a maioria tinha consciência de que estes componentes fazem parte do nosso dia a dia. Observou-se que as questões 1, 2 e 3 (Tabela 2) apresentaram 59%, 78% e 57% de acertos, respectivamente. A questão 5 (Tabela 2) mostrou que os alunos do 1º ano possuem noção sobre escala de pH, onde 65% dos alunos do 1º ano souberam afirmar que o pH 7 refere-se a uma solução neutra. Estes resultados estão de acordo com o que ressalta Francisco (2008), o qual afirma que as atividades experimentais estimulam o interesse dos alunos em sala de aula e o engajamento em atividades subsequentes, compreendendo melhor o meio que os cerca.

Entretanto, ao serem questionados sobre a classificação de compostos ácidos e básicos na questão 4 (Tabela 2), com suas respectivas fórmulas químicas, houve acerto de apenas 49%. Este fato demonstra que falta conhecimento teórico, por parte dos alunos, para embasarem seus conceitos relativos à química. Essa avaliação é justificada por Silva (2013), o qual afirma que toda forma de ensino-aprendizagem deve ser centrada no aluno, o qual é o principal objeto de estudo.

Questões	Acertos
1. Toda substância ácida ou básica é prejudicial à saúde.	59%
2. Ácidos e bases são componentes usuais de refrigerantes, alimentos, remédios, produtos de higiene ou cosméticos.	78%
3. Os ácidos são maléficos para a saúde, já as bases são benéficas.	57%
4. O HCl é um ácido e o NaOH é uma base.	49%
5. Uma solução que apresenta pH 7 é neutra.	65%

Tabela 2. Questionário inicial aplicado aos alunos do 1º ano sobre ácidos e bases com questões sobre verdadeiro (V) ou falso (F) e percentuais de acertos.

O questionário final (Tabela 3) aplicado aos alunos do 1º ano, com relação à prática

sobre ácidos e bases, teve o intuito de avaliar quão significativa foi a aula experimental na aprendizagem dos alunos com relação a este conceito. As respostas do questionário final sobre ácidos e bases foram avaliadas mediante um parâmetro que foi estabelecido como certo. As respostas que fugiram totalmente do assunto foram consideradas erradas. De modo geral, todas as respostas apresentaram 75% ou mais de acertos. Um destaque para a segunda questão (Tabela 3), na qual os alunos obtiveram 100% de acerto, demonstrando que a aula prática realmente auxilia na aprendizagem. Para Trevisan e Martins (2008), conciliar as aulas teóricas com as aulas práticas em laboratório é de fundamental importância, pois fortalece a aprendizagem do aluno. Conforme Camargos e colaboradores (2018), o impacto do uso da experimentação é amplo, beneficiando tanto a escola quanto os alunos envolvidos.

<b>Questões</b>
1. Qual a importância de estudar os conceitos sobre ácidos e bases?
2. Como verificar se uma substância é ácida ou básica?
3. O que seria um material ácido?
4. O que seria um material básico?
5. Cite materiais com características ácidos, básicas e neutras que estão presentes no seu cotidiano.

Tabela 3. Questionário final aplicado aos alunos do 1º ano sobre ácidos e bases com questões subjetivas.

O segundo bloco de perguntas do questionário introdutório aplicado ao 2º ano sobre solubilidade possuía questões sobre verdadeiro (V) ou falso (F), conforme demonstrado na Tabela 4. Analisando as respostas observou-se que o percentual de acertos foi consideravelmente significativo. Entretanto, esperava-se que as perguntas 2 e 4 (Tabela 4) tivessem apresentado mais acertos. Tal fato demonstra baixa compreensão das teorias estudadas com relação ao termo solubilidade. Reginaldo, Sheid e Gullich (2012) comentam que o trabalho experimental é importante por diversos aspectos, devendo trazer significado às teorias estudadas, tornando-as claras para serem compreendidas e discutidas.

<b>Questões</b>	<b>Acertos</b>
1. A solubilidade pode ser definida como a máxima quantidade possível de um soluto que pode ser dissolvida em certa quantidade de solvente a uma dada temperatura.	84%
2. A solubilidade de qualquer substância independe do soluto e do solvente.	49%
3. O sal de cozinha (NaCl) é insolúvel em água.	63%
4. O sal de cozinha (NaCl) é solúvel tanto em água quanto em gasolina.	48%
5. O sal é polar, a água é polar e a gasolina é apolar	61%

Tabela 4. Questionário inicial aplicado aos alunos do 2º ano sobre solubilidade e percentuais de acertos.

O questionário final aplicado aos alunos do 2º ano (Tabela 5), com relação à prática sobre solubilidade, teve o intuito de avaliar o aproveitamento dos alunos com relação a este conceito. As questões 1 a 4 (Tabela 5) tiveram como introdução a seguinte informação: “O açúcar e o sal são substâncias polares, enquanto a naftalina é uma substância apolar. De acordo com o experimento, você observa que o açúcar, o sal e a naftalina têm comportamentos diferentes quando adicionados à água e à gasolina.” Para as questões presentes na Tabela 5, observou-se baixo índice de erros, com percentuais de acerto acima de 75%.

---

Sabendo que a água é uma substância polar e considerando que “semelhante dissolve semelhante”, classifique em polares ou apolares as seguintes substâncias: álcool, acetona, óleo de soja e gasolina.

---

1. O açúcar dissolve bem em água? Por quê?

---

2. A gasolina dissolve o açúcar? Por quê?

---

3. O sal dissolve tanto em água quanto em gasolina? Explique.

---

4. Cite um solvente que dissolva a naftalina e explique.

---

Tabela 5. Questionário final aplicado aos alunos do 2º ano sobre solubilidade com questões subjetivas.

Ainda com as turmas do 2º ano do Ensino Médio, trabalhou-se o tema densidade realizando uma prática laboratorial usando naftalina e água. O questionário introdutório referente a esta prática foi semelhante ao questionário final (Tabela 6). A única exceção foi uma questão extra, presente no relatório inicial: “A realização de experimentos facilita a aprendizagem de Química?”. Com relação a esta questão, 98% dos alunos concordaram que as aulas experimentais facilitam a aprendizagem. Conforme afirma Lemos e Sampaio (2014), a utilização de experimentos como metodologia de ensino para se trabalhar os conteúdos de química é uma forma de facilitar a aprendizagem.

Questões	Acertos QI / QF
1. Densidade é a relação entre quais grandezas?	40% / 78%
2. Na mistura heterogênea de dois líquidos, qual é o mais denso?	4% / 0%
3. A densidade da água é 1,00 g/cm <sup>3</sup> e a da naftalina é 1,14 g/cm <sup>3</sup> . Ao misturar naftalina na água, a naftalina afunda ou flutua? Explique.	28% / 40%
4. A naftalina não se dissolve em água. Explique este fenômeno.	0% / 42%

Tabela 6. Questionário inicial (QI) e final (QF) aplicado aos alunos do 2º ano sobre densidade e seus respectivos percentuais de acertos.

Pôde-se observar que o percentual de acertos referentes ao tema densidade aumentou de forma significativa em quase todas as questões. Somente na segunda questão (Tabela 6) que praticamente não houve alteração. Sendo assim, conclui-se que

é necessário trabalhar o termo densidade com mais detalhes, com o intuito de sanar estas dúvidas básicas dos alunos. Conforme ressalta Silva (2013), o processo de ensino-aprendizagem deve estar centrado no aluno.

Com o intuito de finalizar esta primeira etapa de realização de experimentos no Ensino Médio, especificamente na Escola Estadual Virgílio de Melo Franco, foi realizada a prática “Determinação do teor de etanol na gasolina” com turmas de 2º e 3º anos do turno vespertino. O questionário inicial referente a esse experimento continha cinco questões, conforme observado na Tabela 7.

A primeira questão contou com percentual de 100% de concordância dos alunos com relação à importância da realização de experimentos para a aprendizagem de Química (Tabela 7). Com relação às questões 2 e 3, o percentual de acertos em ambas as questões, tanto para as turmas de 2º ano quanto de 3º ano, foi muito próximo. Tal fato demonstra conhecimento similar para as duas séries do ensino médio. Santos e colaboradores (2013) e Gonçalves e colaboradores (2021) afirmam que aulas de Química contextualizadas, relacionando os conteúdos com a vivência dos alunos, estimula a reflexão, discussão e ação de forma efetiva. A experimentação estruturada e contextualizada é uma estratégia promissora para formar no aluno habilidades e competências.

Na quarta questão (Tabela 7) pôde-se observar um pequeno percentual de acerto por parte do 2º ano, uma vez que o conceito de funções orgânicas é trabalhado apenas no 3º ano do ensino médio. Sendo assim, 26% dos alunos do 3º ano responderam que a gasolina pertence à função orgânica hidrocarboneto. Esperava-se que este índice fosse maior, uma vez que o conteúdo já havia sido trabalhado. Pôde-se observar que os alunos do último ano do ensino médio obtiveram maior percentual de acerto com relação ao conteúdo sobre compostos orgânicos que os alunos do 2º ano. Comprovando assim, que o conteúdo teórico trabalhado foi significativo, uma vez que o tema funções orgânicas só é introduzido no último ano do Ensino Médio. Tal fato prova que é preciso conciliar as aulas teóricas com as aulas práticas em laboratório com o intuito de fortalecer a aprendizagem do aluno (TREVISAN; MARTINS, 2008).

Questões	Acertos/ 2º Ano	Acertos/ 3º Ano
1. A realização de experimentos facilita a aprendizagem de Química?	100%	100%
2. A gasolina é um combustível que possui etanol em sua composição?	77%	79%
3. A gasolina e o etanol, puros, pertencem à mesma função orgânica?	69%	58%
4. A gasolina pura pertence a qual função orgânica?	3%	26%
5. O etanol puro pertence a qual função orgânica?	3%	21%

Tabela 7. Questionário inicial referente à prática “Determinação do teor de etanol na gasolina” para as turmas de 2º e 3º anos.

A Tabela 8 demonstra o questionário final sobre a prática “determinação do teor de etanol na gasolina”, onde o mesmo difere do introdutório (Tabela 7) apenas pela exclusão da primeira questão e o acréscimo da última questão, referente especificamente ao próprio experimento. De modo geral, pôde-se observar aumento significativo de acertos após a execução da prática laboratorial, confirmando mais uma vez a importância da realização de experimentos, conforme ressalta Trevisan e Martins (2008).

Questões	Acertos/ 2º Ano	Acertos/ 3º Ano
1. A gasolina é um combustível que possui etanol em sua composição?	100%	95%
2. A gasolina e o etanol, puros, pertencem à mesma função orgânica?	84%	42%
3. A gasolina pura pertence a qual função orgânica?	63%	100%
4. O etanol puro pertence a qual função orgânica?	55%	63%
5. De acordo com o experimento, como foi possível separar o etanol da gasolina?	42%	68%

Tabela 8. Questionário final referente à prática “Determinação do teor de etanol na gasolina” para as turmas de 2º e 3º anos.

Após o desenvolvimento deste projeto, confirmou-se o interesse dos alunos pelas aulas práticas. O desinteresse pelo estudo da química se deve, em geral, à falta de atividades experimentais que relacionem teoria e prática. Os profissionais de ensino, por sua vez, afirmam que este problema é devido à falta de laboratório ou de equipamentos que permitam a realização de aulas práticas (QUEIROZ; ALMEIDA, 2004). Sendo assim, uma forma é utilizar materiais alternativos e exemplos do cotidiano, pois os mesmos podem influenciar e contribuir para o bom aprendizado do discente (SANTOS; MORTIMER, 1999).

## CONCLUSÕES

A execução de práticas experimentais com turmas do ensino médio teve ótima aceitação, tanto por parte dos professores quanto dos alunos. Observou-se que o desempenho dos alunos durante as aulas de laboratório, de modo geral, foi satisfatório. De acordo com as análises e os resultados obtidos com os questionários aplicados aos alunos, antes e após a prática laboratorial, pôde-se observar o desenvolvimento destes com relação ao conteúdo trabalhado. Desta forma, a pesquisa reconhece que o uso de experimentos foi eficiente como recurso didático no auxílio para aprendizagem de Química no Ensino Médio.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa Institucional de Iniciação Científica Júnior (PIBIC-Jr/FAPEMIG) e à Pró-Reitoria de Extensão e Cultura (PROEXC) pelas bolsas concedidas e à Escola Estadual

## REFERÊNCIAS

Amaral, L. (1996). *Trabalhos práticos de química*. São Paulo.

Aquino, K. A. S.; Cavalcante, P. S. (2017). Análise da construção de conhecimento significativo utilizando a produção de curtas metragens no ensino de química orgânica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 16, nº 1, 117-131.

Arroio, A.; Honório, K.M., Mello, P.H., Weber, K.C., Silva, A.B.F. (2008). A prática docente na formação do pós-graduando em Química. *Química Nova*. v.31, n.7, p.1888-1891.

Arruda, C. A.; Santos, M. T. S.; Nascimento, A. M. S.; Viana, K. S. L. (2015). A experimentação no ensino de química: concepção de professores e estudantes. *Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación*. Universidad Nacional de La Plata.

Benite, A. M. C., Benite, C. R. M. (2009). O laboratório didático no ensino de química: uma experiência no ensino público brasileiro. *Revista Iberoamericana de Educación*. Nº 48/2, pp. 1-2.

BRASIL (2006). *Orientações curriculares para o ensino médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Secretaria de Educação Básica. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica.

Camargos, A. P. V., Xavier, T. G. Rosa, V. H. S., Santos, M. G. M., de Oliveira, R. E. V., Pereira, M. S. C. (2018). A importância de aulas experimentais no aprendizado de química no ensino médio. *Brazilian Applied Science Review*, v. 2, n. 6, p. 1916-1920.

Castro, L. M. C. (2004). A universidade, a extensão universitária e a produção de conhecimentos emancipadores. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 27, Caxambu, 2004. *Anais...Caxambu: ANPED*.

Chassot, A. I. et al. (1993). *Química do Cotidiano: pressupostos teóricos para elaboração de material didática alternativo*. *Espaços da Escola*, n.10, p.47-53.

Driver, R., Asoko, H, Leach, J., Mortimer, E.F., Scott, P. (1999). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, n.7, p.5-12, 1994. Tradução MORTIMER, E.F. Construindo conhecimento científico em sala de aula. *Química Nova na Escola*, n.9, p.31-40.

Ferreira, M., Dias, I., De Oliveira, M. (2010). *Química Encantada: Aplicação de Uma Metodologia Alternativa no Ensino de Química*. Universidade Estadual do Piauí PIBIC, Piauí.

Fontanive, N. S.; Klein, R. (2010). O efeito da capacitação docente no desempenho dos alunos: uma contribuição para a formulação de novas políticas públicas de melhoria da qualidade da educação básica. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, v. 3, n. 3, p. 62-89.

Francisco Jr., W. (2008). Uma abordagem problematizadora para o ensino de interações intermoleculares e conceitos afins. *Química Nova na Escola*, n.29, p.20-23.

Galiazzi, M. C., Martins, B. B., Nunes, M. T. O., Ruffato, G. P., Madeira, V. C. D., e Bulhosa, M. C. S. (2007). A Experimentação na Aula de Química: uma aposta na abordagem histórico-cultural para a aprendizagem do discurso químico. In: Galiazzi, M. C; Auth, M., Moraes, R., Mancuso, R.: (Org.). Construção Curricular em Rede na Educação em Ciências: uma aposta de pesquisa na sala de aula. 1ed. Ijuí: Unijuí, v. 1, p. 375-390.

Giordan, M. (1999). O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. Química Nova na Escola, n 10, pp. 43-49.

Gonçalves, A. C. S., Tamiasso-Martinhon, P., Rocha, A. S., Agostinho, S. M. L., Sousa, C. (2021). Estudo de caso: reflexões sobre a importância da experimentação no ensino básico de química. Brazilian Journal of Development, 7(1), 7896-7910.

Hodson, D. (1988). Experiments in science teaching. Educational Philosophy & Theory, Auckland, New Zealand, Special Topic, 20, pp. 53-66.

Kinalski, A. C., Zanon, L. B. (1997). O leite como tema organizador de aprendizagens em química no ensino fundamental. Química Nova na Escola., n.6, p.15-19.

Lemos, A. S., Sampaio, C. R. (2014). Atividades Experimentais no Ensino de Química do Nível Médio do Instituto Federal Fluminense. Trabalho de Conclusão de Curso, Campos dos Goytacazes/RJ, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campus Campos-Centro.

Libâneo, J. C. (2017). Didática. Cortez Editora.

Maldaner, O. A. (1999). A pesquisa como perspectiva de formação continuada do professor de química, Química Nova. 22, 289.

Medeiros, E. C. S., Rocha, J. A. P. (2015). Importância das aulas experimentais no ensino de química, 14º Encontro de Profissionais de Química da Amazonia – UFPA.

Mortimer, E. F., Machado, A. H., Romanelli, L. I. (2000). A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. Química Nova. v.23, n.2, p.273-283.

Mora-Osejo, L. E.; Borba, O. F. (2004). A superação do eurocentrismo. Enriquecimento do saber sistêmico e endógeno sobre nosso contexto tropical. In: Santos, Boaventura de Sousa (Org.). Conhecimento prudente para uma vida decente. São Paulo: Cortez. p. 711-720.

Queiroz, S.L., Almeida, M. J. P. M. (2004). Do fazer ao compreender ciências: reflexões sobre o aprendizado de alunos de iniciação científica em química. Ciência & Educação, Bauru, v. 10, n. 1. p. 41-53.

Reginaldo, C. C., Sheid, N. J., Gullich, R. I. C. (2012). O Ensino da ciência e a Experimentação. Seminário de Pesquisa em Educação na Região Sul. Caxias do Sul.

Santos, A. O.; Silva, R. P.; Andrade, D.; Lima, J. P. M. (2013). Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/ UFS/Química). Scientia Plena, v. 9, n. 7.

Santos, W. L. P., Mortimer, E. F. (1999) Concepções de professores sobre contextualização social do ensino de química e ciências. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Química, 22, 1999. Anais... Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Química.

Salesse, A. M. T. (2012) A experimentação no ensino de química: importância das aulas práticas no processo de ensino aprendizagem. Monografia (Especialização em Educação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira.

Silva, A. M. (2011). Proposta para tornar o Ensino de Química mais atraente – Revista de Química Industrial - RQI 2º trimestre.

Silva, L. H. A., Zanon, L. B. (2000). A experimentação no ensino de ciências. In: Schnetzler, R. P.; Aragão, R. M. R. (org.) Ensino de Ciências: Fundamentos e Abordagens. Campinas: R. Vieira Gráfica e Editora Ltda.

Silva, M. das G. (2000). Universidade e sociedade: cenário da extensão universitária? In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 23, Caxambu, 2000. Anais... Caxambu: ANPED.

Silva, R. R., Machado, L. P. F., Tunes, E. (2010). Experimentar sem medo de errar. In: Santos, W.L.; Maldaner, O. A.: (Org.). Ensino de Química em foco. Ijuí (RS): Unijuí, p. 231- 261.

Silva, S. G. (2013). As principais dificuldades na aprendizagem de Química na visão dos alunos do ensino médio. IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN, 2 p.

Silva, V. G. (2016). A importância da experimentação no ensino de Química e ciências. Monografia – Departamento de Química, Universidade Estadual Paulista – Unesp Bauru.

Souto, E. K. S. C., Silva, L. S. da, Neto, L. S. (2015) A utilização de aulas experimentais investigativas no ensino de ciências para abordagem de conteúdos de microbiologia. Experiências em Ensino de Ciências V.10, N°. 2.

Trevisan, T. S.; Martins, P. L. O. (2008). O professor de química e as aulas práticas. In: Congresso Nacional de Educação – EDUCERE, 8, Curitiba. Anais... Curitiba, 2008. p. 4733-4745.

## ENSINO DE QUÍMICA E SUBJETIVIDADE: UMA PROPOSTA DE ENSINO-APRENDIZAGEM COM ESTUDANTES A PARTIR DAS EXPERIÊNCIAS DE JOSEPH PRIESTLEY

*Data de aceite: 23/08/2021*

### **Elias Batista dos Santos**

Doutor em Educação pela Faculdade de Educação da Universidade de Brasília  
Faculdade Projeção – FAPRO  
Sobradinho-DF, Brasil  
CEP Escola Técnica de Planaltina – SEEDF

### **Isabella Guedes Martinez**

Doutora pelo Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências pela Universidade de Brasília - PPGEduc  
Universidade de Brasília - UnB  
Campus Universitário

### **Sebastião Mateus Veloso Júnior**

Graduado em Licenciatura Plena em Matemática pela Universidade Estadual de Goiás - UEG  
Campus Universitário

**RESUMO:** Este trabalho se insere no contexto do ensino de Química na educação básica, a partir de um olhar inspirado na Teoria da Subjetividade. Ao elaborar a presente investigação, nosso intuito foi descrever e analisar situações de ensino-aprendizagem em que os estudantes do ensino fundamental e do ensino médio participaram de uma proposta baseada nas experiências de Joseph Priestley. A pesquisa foi realizada a partir de um experimento envolvendo combustão e sua relação com a fotossíntese das plantas. Para que se desenvolvesse nosso trabalho, utilizamos o espaço-tempo de uma instituição escolar que trabalha com metodologias ativas

em seu cotidiano. Participaram desta pesquisa, estudantes do ensino fundamental I, do ensino fundamental II e do ensino médio. Os resultados indicaram que o processo de utilização deste experimento se constituiu como uma ambiência favorável para o desenvolvimento de indagações, levantamento de hipóteses, pesquisas e construção coletiva de respostas, e se mostrou propício para a criação de um cenário favorável ao desenvolvimento das aprendizagens no contexto do ensino de Química.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Química; Subjetividade; ensino fundamental I; ensino fundamental II; ensino médio.

**ABSTRACT:** This paper is inserted in the context of teaching Chemistry in basic education, from a perspective inspired by the Theory of Subjectivity. When preparing the present investigation, our aim was to describe and analyze teaching-learning situations in which elementary and high school students participated in a proposal based on Joseph Priestley's experiences. The research was carried out from an experiment involving combustion and its relationship with plant photosynthesis. In order to develop our work, we used the space-time of a school institution that works with active methodologies in its daily life. Students from elementary school I, elementary school II and high school participated in this research. The results indicated that the process of using this experiment was constituted as a favorable environment for the development of inquiries, raising hypotheses, research and collective construction of answers, and proved to be conducive to the creation of a favorable

scenario for the development of learning in the context of teaching Chemistry.

**KEYWORDS:** Chemistry teaching; Subjectivity; elementary school I; elementary school II; high school.

## INTRODUÇÃO

O processo ensino-aprendizagem está presente em todas as áreas da vida, permeado pela cultura, hábitos e costumes historicamente produzidos ao longo dos tempos, inclusive deve estar na escola. Neste caso, as pessoas devem estabelecer relações singulares e idiossincráticas em um âmbito escolar (BACICH; TANZI NETO; TREVISANI, 2015). Sendo assim, podem se desenvolver tanto individualmente quanto em grupo. Para tanto, a escola precisa se constituir como um ambiente em que as pessoas não aprendem apenas conteúdos teóricos, mas também aprendem a conviver socialmente (MEDEIROS, 2009). A experimentação investigativa pode se constituir como uma estratégia pedagógica favorecedora do exercício da autonomia e de uma aprendizagem colaborativa e um diálogo criativo, pois as atividades de experimentação não podem ser utilizadas como um adendo à teoria apresentada em sala de aula (FREIRE, 1987), ao contrário, devem ser apresentadas para o estudante a partir de uma situação-problema. Nesse tipo de atividade, os participantes fazem uso de seus conhecimentos anteriores, compartilhando-os com os demais estudantes e, durante a discussão, suas ideias podem ser rejeitadas, melhoradas ou aprovadas desde que atenda a solução do problema inicial (DELIZOICOV e ANGOTTI, 2000).

Mitjans Martínez e González Rey (2017, p. 90) afirmam que “a subjetividade social da escola se organiza no devir de suas atividades cotidianas, nas formas de relação entre professores, no funcionamento da organização escolar” e que

as relações estabelecidas com o professor e com colegas e, essencialmente, o sistema de comunicação que caracterizam os diferentes espaços sociais escolares e, em especial, a sala de aula, podem ser fonte de sentidos subjetivos que qualifiquem o tipo de aprendizagem produzido. (MITJÁNS MARTINEZ, GONZÁLEZ REY, 2017, p. 66).

Assim, podemos compreender que a ação do professor – que além de lidar diretamente com os estudantes, também pode ser considerada a principal responsável pela organização do ambiente educacional no contexto da sala de aula – é um fator que pode ou não colaborar para a criação de uma ambiência favorável ao processo ensino-aprendizagem.

A ação pedagógica pode se constituir como um momento fértil em possibilidades de aprendizagens para todos que a vivenciam. Assim, alguém mais experiente, que pode ser o professor ou não, ao favorecer a criação de espaços para o desenvolvimento subjetivo do estudante, contribui na construção de trajetórias alternativas de aprendizagens em conjunto com o estudante. (MARTINEZ, 2019, p. 17).

Nesta direção, o estudante pode atuar como sujeito de seu processo de aprendizagem, mas é importante que os docentes considerem em seu planejamento pedagógico, a criação de um espaço-tempo favorável ao exercício do diálogo e ao desenvolvimento dos estudantes. Para Maldaner e Zanon (2004), no contexto do Ensino de Ciências, a utilização de Situações de Estudo pode contribuir para a criação de uma ambiência favorável para um processo de aprendizagem em que os estudantes assumam a condição de protagonistas e se constituam como sujeitos ativos nos processos de construção do conhecimento, oportunizando que os conceitos estudados sejam assumidos e utilizados em novos contextos de vivência dos aprendizes. Assim, podemos dizer que o estudante é capaz de desenvolver um roteiro diferenciado em relação ao que aprende, bem como consegue se posicionar crítica e reflexivamente em relação à aprendizagem (GONZÁLEZ REY, 2006, p. 40). Nesta perspectiva, a história de vida do estudante, assim como outros processos simbólicos-emocionais que se integram na constituição de suas singularidades, podem ser compreendidas a partir da ideia de configuração subjetiva da ação de aprender do estudante (ALMEIDA e MITJÁNS MARTÍNEZ, 2019) – o que representa um processo gerador de novas configurações subjetivas e expressões do sujeito nos novos contextos em que estabelece suas interações (SANTOS, 2013).

Destarte, no presente trabalho, desenvolvemos um estudo que proporciona a apresentação de uma possibilidade para professores de Ciências Naturais e Química trabalharem com seus estudantes. Neste sentido, compreendemos que este capítulo poderá se constituir como um material de apoio para o trabalho docente.

Analisaremos o trabalho em que participaram três grupos, com (13) estudantes do ensino médio (EM), do ensino fundamental II (EFII) e do ensino fundamental I (EFI). O primeiro grupo foi formado por quatro (4) estudantes, o segundo grupo também foi formado por quatro (4) e o terceiro grupo foi formado por cinco (5).

Com este trabalho, pretendemos corroborar a melhoria do processo ensino-aprendizagem de estudantes em aulas de Química, Ciências, e apresentar proposta para aulas inovadoras, compreendendo que os estudantes podem ser sujeitos do seu processo de aprender.

## **INVESTIGAÇÃO**

### **O local da pesquisa**

A pesquisa foi desenvolvida em uma instituição não formal de ensino que atende a estudantes de todos os anos escolares e ensina todas as disciplinas escolares, como Ciências Naturais, Sociais e Línguas e auxiliando-os a fazer as tarefas do colégio, estudar para avaliações e a criar hábito de estudo. Os estudantes até o quinto ano estudam na instituição, de segunda-feira a quinta-feira, por pelo menos duas (2) horas, enquanto

do sexto ano em diante permanecem por pelo menos três (3) horas. Na sexta-feira, a instituição dedica-se ao atendimento, exclusivamente, de Matemática, para todos os anos escolares. Cada estudante, neste dia, permanece na instituição por cerca de uma (1) hora.

A instituição escolar funciona em uma residência adaptada. Assim, as aulas ocorrem em salas, áreas abertas e até mesmo no gramado. Em síntese, a instituição possui uma varanda fechada, duas varandas abertas, duas salas de aula, uma sala para estudo individual, uma sala multiuso com biblioteca, uma sala de coordenação, diretoria, dois banheiros, uma cantina e um grande espaço aberto com gramado. Não há um espaço preestabelecido para o desenvolvimento das atividades pedagógicas de cada grupo, assim, os estudantes possuem liberdade para estudarem onde quiserem, inclusive costumam ficar agrupados em várias mesas que ficam distribuídas pelo gramado. Nessa instituição, os professores se deslocam pelos ambientes, com o objetivo de orientar os alunos com relação aos estudos.

Segundo os diretores, o objetivo da instituição escolar é de que o estudante tenha um desenvolvimento não só acadêmico, mas um desenvolvimento global, que inclui o desenvolvimento social, afetivo e pessoal. Os diretores ainda expressam que a proposta da instituição é que o estudante tenha um ambiente de aprendizagem totalmente diferente do convencional, sem hierarquização de papéis.

Os diretores relataram que a ideia de abrir esse tipo de instituição surgiu a partir do conhecimento de experiências internacionais e surgiu ainda durante a graduação de ambos, que estudaram juntos, em 2008. A instituição possui onze (11) professores e dois (2) coordenadores, além do diretor.

## **Os participantes da pesquisa**

Analisaremos o trabalho realizado por três grupos, com (13) estudantes do ensino médio (EM), do ensino fundamental II (EFII) e do ensino fundamental I (EFI). O primeiro grupo foi formado por quatro (4) estudantes, o segundo grupo também foi formado por quatro (4) e o terceiro grupo foi formado por cinco (5). Como forma de esclarecer as informações sobre cada estudante, pusemos uma tabela com nomes para cada um e seu respectivo ano escolar. Os estudantes receberam nomes criados pelos autores do trabalho para que se preservasse a intimidade de cada um e a escolha dos nomes foi a partir das letras do nome do estudioso Joseph Priestley, já que foi referencial para que ocorresse nossa experiência.

Grupo 1	<b>JOSEFA</b>	7º ano EFII
	<b>SELENA</b>	8º ano do EFII
	<b>ELMA</b>	3º ano do EM
	<b>PAULO</b>	3º ano do EM
Grupo 2	<b>HUGO</b>	5º ano do EFI
	<b>PATRÍCIA</b>	1º ano do EM
	<b>RAEL</b>	2º ano do EM
	<b>ISAURO</b>	3º ano do EM
Grupo 3	<b>EDMUNDO</b>	5º ano do EFI
	<b>SARITA</b>	6º ano do EFII
	<b>TÂNIA</b>	7º ano do EFII
	<b>LUCAS</b>	3º ano do EM
	<b>EYRICO</b>	3º ano do EM

QUADRO 1 – NOMES ESCOLHIDOS E ANOS ESCOLARES DOS PARTICIPANTES.

Fonte: Elaborada pelos autores.

### A atividade desenvolvida

Com a nossa atividade, esperávamos valorizar os conhecimentos prévios dos participantes e exercitar o trabalho colaborativo em grupo. Nossa pesquisa teve como objetivo apresentar formas de trabalhar as Ciências Naturais, com ênfase no ensino de Química. Os treze (13) estudantes fizeram parte de três (3) grupos de trabalho e puderam expressar suas hipóteses e interpretações, conforme assumiam posicionamentos embasados nos conhecimentos que iam sendo produzidos no desenvolvimento das atividades e nos diálogos estabelecidos como os demais participantes. Este experimento teve a duração de uma (1) hora, englobando as indagações, a própria experiência e as discussões. Dois professores de Ciências Naturais e Matemática coordenaram a atividade.

Antes de iniciar os experimentos, os estudantes foram separados em três (3) grupos, de distintos anos escolares, e a seguinte questão problematizadora foi colocada em discussão: “a queima de materiais ocorre independentemente do ambiente em que está acontecendo a combustão? Por quê?”. Após as discussões iniciais e registros das hipóteses explicativas produzidas a partir do conhecimento prévio e experiências dos estudantes, os materiais que seriam utilizados foram apresentados, a saber: duas velas, dois recipientes idênticos de vidro, alguns galhos de plantas. Para a exploração das ideias iniciais, os estudantes possuíam, à disposição, folhas para anotar e organizar suas hipóteses. Foram levantadas indagações sobre os experimentos que poderiam ser executados com esses materiais.

No experimento que propusemos, realizamos uma adaptação de um dos experimentos realizados por um dos contemporâneos de Lavoisier, Joseph Priestley. Sendo assim, apresentamos a seguir uma breve contextualização sobre essa temática.

O reconhecimento da presença do gás oxigênio é creditado ao famoso químico Lavoisier (1743 – 1794) devido aos seus experimentos que foram cruciais para o estudo dessa substância. Entretanto, devemos lembrar que, no mesmo período e anteriormente aos seus experimentos, outros cientistas desenvolviam pesquisas com notórios resultados, aos quais Lavoisier teve contato (MARTINS, 2009). Então,

É importante ressaltar a dívida de Lavoisier para com o importante e pioneiro trabalho da escola inglesa no campo da química dos gases. De fato, a revolução de Lavoisier deve muitíssimo a essa escola, e a seus predecessores no continente, no que diz respeito aos estudos dos gases, do calor e das afinidades químicas. Os trabalhos de Hales, Black, Cavendish e Priestley vieram mostrar que os gases são tão materiais como os líquidos e sólidos, diferindo dos chamados incorpóreos, como calor, luz, gravidade ou éter. (FILGUEIRAS, 1994, p. 222, apud, SILVEIRA, 2010).

Como destaca Silveira (2010, p. 35), em relação à descoberta do gás oxigênio, percebemos que “ela contribui para percebermos a ciência como uma construção coletiva, de muitas mãos, ao contrário de concepções individualistas da produção científica”. Na composição de suas investigações, Lavoisier foi auxiliado pelas produções de diversos estudiosos. Joseph Priestley (1733 – 1804) foi um pastor protestante que possuía um grande interesse pelas ciências e o auxiliou, de acordo com a autora. Ela continua e esclarece que ele morava ao lado de uma cervejaria e observou a liberação de gases durante o processo de fermentação. Desenvolveu diversos experimentos que consistiam em estudar o comportamento de combustões e de seres vivos expostos a esses gases.

Posteriormente, os estudos de Joseph Priestley contribuíram para além da compreensão do comportamento do gás oxigênio e foi um vetor para o avanço no entendimento do processo de fotossíntese, pois seus estudos sobre gases envolviam diversos seres vivos, inclusive diversas plantas. Apesar disso, é importante ressaltar e contextualizar que seu objetivo não estava relacionado a essas áreas, mas sim aos gases liberados no processo de fermentação e à possibilidade de gaseificação da água (MARTINS, 2009).

Após o acesso a este conhecimento, em processo participativo, foram desenvolvidos experimentos envolvendo a combustão em ambientes fechados baseados nos estudos de Joseph Priestley. Já com os estudantes, desenvolvemos um experimento que ocorreu em três situações distintas: no primeiro experimento (figura 1), havia uma quantidade maior de plantas; no segundo, a quantidade de planta em um dos recipientes foi menor, mas os tamanhos das velas estavam diferentes; no terceiro – considerada como situação ideal – havia uma quantidade menor de planta e as velas tinham o mesmo tamanho.



FIGURA 1 – DOIS RECIPIENTES DE VIDRO, DUAS VELAS E GALHOS DE PLANTA.

Fonte: Elaborada pelos autores.

Com detalhes:

- No primeiro experimento, as velas possuíam tamanhos distintos em relação ao comprimento da parafina e do pavio, um recipiente foi utilizado completamente vazio enquanto no outro foi colocada determinada quantidade de galhos de plantas (presos à extremidade) e utilizada a vela com menor pavio e parafina. As velas foram acesas e em um mesmo instante os recipientes foram postos sobre elas, isolando-as no espaço interno. Nessa situação a vela se apagou mais rapidamente no espaço que continha galhos de plantas;
- No segundo experimento, as velas ainda possuíam tamanhos distintos tanto em relação à parafina quanto ao pavio, mas a quantidade de galhos de plantas do recipiente que os possuía foi reduzida e ele foi posto sobre a vela que possuía maior comprimento de parafina e pavio. Observou-se que a vela se apagou mais rapidamente nesse recipiente, outra vez;
- No terceiro experimento, as velas foram adaptadas para possuírem o mesmo tamanho de parafina e pavio. No recipiente em que havia galhos de plantas, a quantidade desse material foi reduzida em relação ao primeiro experimento. Observou-se que a vela se apagou mais rapidamente no primeiro recipiente “vazio” e a vela do recipiente que continha galhos ficou acesa por alguns segundos a mais.

Depois da realização do experimento, os estudantes voltaram a discutir suas ideias iniciais e utilizaram mais nove (9) minutos para buscarem novas explicações sobre o que observaram. Eles puderam buscar em sítios da internet ou mesmo ver em livros ou perguntar a algum professor da instituição escolar. Cada grupo escolheu sua estratégia e nos reunimos outra vez. Os grupos apresentaram suas respostas, após terem elegido um representante para discorrer acerca das compreensões que tiveram. Nesta etapa, participou da conversa, um professor de Química da instituição que foi previamente convidado para discutir com os estudantes e organizar as ideias e conceitos, nesse momento de finalização da atividade.

## PRODUÇÕES E POSSÍVEIS INTERPRETAÇÕES

Compreendemos que a escola pode se constituir como um espaço-tempo de possibilidades desde que sejam oferecidos ambientes e recursos dos mais diversos e que sejam possíveis a participação dos estudantes, sendo consideradas as diferenças e formas distintas de pensamento. Entretanto, esse processo não se dá de maneira natural, isto é, não é só deixar ambientes distintos à disposição, visto que cada pessoa produz sentidos subjetivos em relação às ações pedagógicas e interações desenvolvidas no contexto escolar, assumindo ou não novo posicionamento diante a realidade em que está participando.

Neste trabalho, nosso objetivo foi descrever e analisar situações de aprendizagem em que os estudantes participaram do processo de construção do conhecimento científico. Este processo não ocorreu de forma linear e uniforme, mas em confluência com as legitimidades de pensamento dos estudantes em um quesito individual e social. O contexto social e individual não é representado como “fenômenos diferentes que mantêm relações de externalidade e determinações de um sobre o outro”, mas sim, “como um processo que se configura de modo recíproco, permanente, em que um está na natureza do outro” (MITJÁNS MARTÍNEZ; GONZÁLEZ REY, 2017, p. 53).

Entendendo a complexidade do processo ensino-aprendizagem e a dinamicidade em que ocorre, escolhemos apresentar a análise por meio do processo construtivo-interpretativo, a partir de três momentos favorecedores da constituição de uma ambiência favorável à aprendizagem em Química, sabendo que houve hierarquização dessas situações (SANTOS, 2013): abertura ao diálogo, assunção de uma postura de experimentação investigativa e partilhamento de possibilidades. Essas interpretações foram produzidas de forma singular e interdependente, entretanto, para fins didáticos apresentaremos as discussões em função de cada uma delas, passo a passo.

### Abertura ao diálogo

Compreender o espaço-tempo destinado à interpretação do experimento que foi realizado constituiu uma ação reflexiva dos participantes e foi enriquecedor para a construção de um ambiente de respeito ao posicionamento do outro e abertura ao diálogo. Momentos de diálogos entre os estudantes se constituíram como rica produção de sentidos e de significados e, sendo assim, foram formulando hipóteses, em processo colaborativo. Entre outras situações recorrentes, destacamos ilustrativamente:

Nosso grupo acredita que as variáveis que influenciaram a vela a apagar mais rápido foram a quantidade de plantas e a umidade – ÉYRICO, 3º ano do EM.

Não sei, nosso grupo ainda estava pensando sobre isso – PAULO, 3º ano do EM.

Eu acho que a planta estava liberando oxigênio para o fogo. Será que é isso? – PATRÍCIA, 1º ano do EM.

Por meio das indagações e da colaboração entre os diferentes estudantes de anos distintos do ensino básico (EFI, EFII, EM), ocorreu o compartilhamento de informações e perspectivas acerca do que ocorreu. Os estudantes discutiram muito entre eles.

### **Assunção de uma postura de experimentação investigativa**

Os estudantes puderam verificar como as variáveis envolvidas podem influenciar o resultado do experimento. Compreendemos que os estudantes assumiram uma postura ativa em relação à produção de conhecimento, pois formularam hipóteses e tiveram a possibilidade de testá-las. Essa oportunidade empírica é muito importante para o processo ensino-aprendizagem, pois o estudante pode perceber que o desenvolvimento do pensamento científico pode acontecer de maneira dialógica e recursiva.

O que aconteceu, deduzindo, foi que o fogo... para ele ficar aceso, consome oxigênio e com isso a planta foi realizando o metabolismo dela e foi liberando gás carbônico e assim foi faltando gás oxigênio e o fogo foi apagando mais rápido, com a maior quantidade de coisa que tinha dentro do pote – PAULO, 3º ano do EM.

As duas velas liberam dióxido de carbono e consomem gás oxigênio e depois de um tempo dentro do pote, o gás oxigênio do pote vai acabando por isso elas vai apagando. E o pote com a planta, ela fica mais tempo acesa porque a planta vai liberando oxigênio e vai nutrindo a vela – ISAURO, 3º ano EM.

Outros fatores como a umidade, a desproporção da vela, o volume de  $O_2$  e o volume ocupado pelas plantas que restringia o volume de oxigênio – ÉYRICO, 3º ano do EM.

A planta é como um combustível para a vela – SELENA, 8º ano do EFII.

O gás oxigênio sai da planta e a vela acende – EDMUNDO, 5º ano do EFI.

A participação dos estudantes durante este experimento e durante as discussões foi um espaço para que pudessem se expressar e participar das etapas da construção do conhecimento científico. As atividades favoreceram o trabalho individual e em grupo, com momentos para reflexão, lembranças, elaboração de hipóteses e discussões. Em uma atividade como esta, pode haver espaço para os estudantes serem protagonistas de suas aprendizagens e cabe ao professor propiciar ambiência favorável para esta ação.

### **Partilhamento de possibilidades**

Este momento, assim como outros que ocorreram, foi favorecedor para compartilhamento de conceitos. Eles criaram hipóteses para explicar por que a vela permaneceu mais tempo acesa em um dos recipientes nos diferentes experimentos realizados. Assim, foi possível transpor e comparar as ideias por meio de conversas e expressar suas diferentes perspectivas, que por sua vez, foram complementadas com os diálogos com os professores.

A planta solta gás oxigênio, por isso a vela ficou mais tempo acesa – EDMUNDO, 5º ano do EF1.

Um dos fatores que faz a vela apagar mais rápido nos dos primeiros experimentos foi o tamanho desproporcional da vela, a quantidade de plantas que tinha em um pote – PAULO, 3º ano do EM.

O que aconteceu, deduzindo, foi que o fogo para ele ficar aceso consome gás oxigênio e com isso a planta foi realizando o metabolismo dela – LUCAS, 3º ano do EM.

Porque o gás oxigênio tava nutrindo... a planta tava soltando gás oxigênio que tava nutrindo o fogo da vela – ISAURO, 3º ano do EM.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso objetivo com esse texto foi descrever e analisar situações de aprendizagem em que os estudantes participaram da etapa de ensino de Química, enfatizando a relação de combustão e a fotossíntese das plantas. A pergunta “a queima de materiais ocorre independentemente do ambiente em que está acontecendo a combustão? Por quê?” foi norteadora no desenvolvimento da atividade e sua resposta foi construída junto com os estudantes. Eles puderam concluir como resposta à pergunta: “não, porque para haver a combustão, se faz necessária a junção de pelo menos três fatores – o comburente, o combustível e o calor inicial – e a interrupção da presença de qualquer um deste fatores pode ocasionar o final da combustão; no caso do experimento, em diferentes medidas, ocorreu o consumo do gás oxigênio”.

A análise dos resultados nos permitiu compreender que a utilização deste experimento baseado nas contribuições de Joseph Priestley pode se constituir como favorecedora do processo ensino-aprendizagem e que o espaço de partilhamento de significados e o momento reflexivo se mostrou adequado para a construção de uma ambiência favorável ao desenvolvimento do diálogo e das aprendizagens neste contexto educativo. Percebemos que os estudantes se constituíram como corresponsáveis pela produção do saber necessário para solucionar questões levantadas. Com isso, os estudantes assumiram uma postura ativa em relação à construção do conhecimento científico.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P.; MITJÁNS MARTÍNEZ, A. A Configuração Subjetiva da Ação do Aprender. *Obutchénie. Revista de Didática e Psicologia Pedagógica*, v. 3, n. 1, p. 88-113, 20 set. 2019.

BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. M. (Org.). *Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação*. Porto Alegre: Penso, 2015.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. *Metodologia do ensino de Ciências*. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2000.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GONZÁLEZ REY, F. L. Epistemología cualitativa y subjetividad. 1. ed. São Paulo: EDUC, 1997.

GONZÁLEZ REY, F. L. O sujeito que aprende: desafios do desenvolvimento da aprendizagem na psicologia e na prática pedagógica. In: Tacca, M. C. V. R. (org). Aprendizagem e Trabalho Pedagógico. Campinas: Alínea, 2006, p. 30-33.

GONZÁLEZ REY, F. L.; MITJÁNS MARTÍNEZ, A. Subjetividade: teoria, epistemologia e método. Campinas: Alínea, 2017.

MALDANER, O. A.; ZANON, L. B. Situação de Estudo: uma organização de ensino que extrapola a formação disciplinar em ciências. In: MORAES, R.; MANCUSO, R. (Org.). Educação em ciências: produção de currículos e formação de professores. Ijuí: Editora Unijuí, 2004. p. 43-64.

MARTINS, R. A. Os estudos de Joseph Priestley sobre os diversos tipos de “ares” e os seres vivos. Filosofia e História da Biologia, v. 4, p. 167-208, 2009. Disponível em <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-06-Roberto-Martins.pdf> . Acesso em 04 de junho de 2021.

MARTINEZ, I. G. Educação em Ciências, dimensão subjetiva e suas implicações para a ação docente: uma análise de processos avaliativos a partir da relação estudantes surdos-pessoa intérprete educacional. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Universidade de Brasília – Distrito Federal – DF, 2019.

MEDEIROS, A. M. A. Afetos como construtores de uma práxis pedagógica no ensino-aprendizagem de matemática. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Brasília, Distrito Federal – DF, 2009.

MEDEIROS, A. M. A. Análise dos processos subjetivos de aprendizagem matemática escolar de crianças consideradas em situação de dificuldade. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de Brasília, Distrito Federal – DF, 2018.

SANTOS, E. B. O professor em situação social de aprendizagem autóctone e formação docente. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de Brasília, Distrito Federal – DF, 2013.

SILVEIRA, H. E. Novas interpretações históricas sobre a descoberta do oxigênio. ComCiência, Campinas, n.120, 2010. Disponível em [http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S151976542010000600009&lng=pt&nrm=iso](http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151976542010000600009&lng=pt&nrm=iso). Acesso em 04 jun. 2021.

# CAPÍTULO 5

## MÉXICO: XXVII OLIMPIADA NACIONAL DE QUÍMICA, 2018 REACCIÓN DE SUSTITUCIÓN ELECTROFÍLICA AROMÁTICA NITRACIÓN DEL BENZOATO DE METILO

*Data de aceite: 23/08/2021*

### **Patricia Elizalde Galván**

Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Química. Departamento de  
Química Orgánica  
División de Estudios de Posgrado

### **Fernando León Cedeño**

Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Química. Departamento de  
Química Orgánica  
División de Estudios de Posgrado

### **José Manuel Méndez Stivalet**

Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Química. Departamento de  
Química Orgánica  
División de Estudios de Posgrado

### **Martha Menes Arzate**

Facultad de Medicina. Departamento de  
Farmacología  
Circuito Interior, Ciudad Universitaria  
Ciudad de México

**RESUMEN:** En este trabajo se muestra el experimento que realizaron los alumnos que asistieron a la XXVII Olimpiada Nacional de Química, la cual se llevó a cabo en la Ciudad de Puebla, México, en 2018. En este experimento se muestra como los alumnos que lo realizaron, fueron capaces de llevar a cabo una reacción de sustitución electrofílica aromática: la nitración del benzoato de metilo. El producto, *meta*-nitrobenzoato de metilo, lo purificaron

por recristalización, y además diferenciaron el producto del sustrato por medio de un análisis comparativo por cromatografía en capa fina.

**PALABRAS CLAVE:** BENZOATO DE METILO, NITRACIÓN, CROMATOGRFÍA EN CAPA FINA, OLIMPIADAS DE QUÍMICA.

## MÉXICO: XXVII OLIMPÍADA NACIONAL DE QUÍMICA, 2018 REAÇÃO DE SUBSTITUIÇÃO ELETROFÍLICA AROMÁTICA NITRAÇÃO DE BENZOATO DE METILA

**RESUMO:** Este trabalho mostra o experimento realizado pelos alunos que participaram da XXVII Olimpíada Nacional de Química, que aconteceu na cidade de Puebla, México, em 2018. Este experimento mostra como os alunos que o fizeram, conseguiram realizar um exame eletrofílico reação de substituição aromática: a nitração de benzoato de metila. O produto, *meta*-nitrobenzoato de metila, foi purificado por recristalização e posteriormente diferenciado o produto do substrato por meio de análise comparativa por cromatografia em camada delgada.

## MEXICO: XXVII NATIONAL CHEMISTRY OLYMPIAD, 2018 AROMATIC ELECTROPHILIC SUBSTITUTION REACTION NITRATION OF METHYL BENZOATE

**ABSTRACT:** This paper shows the experiment carried out by the students who attended the XXVII National Chemistry Olympiad that took place in the city of Puebla, Mexico, in 2018. This

experiment shows how the students who performed it were able to carry out an aromatic electrophilic substitution reaction: nitration of methyl benzoate, purified by recrystallization of the product and differentiated the product from the substrate by means of a comparative analysis by thin layer chromatography.

## INTRODUCCIÓN

Del 26 de febrero al 1° de marzo del 2018, se llevó a cabo la XXVII Olimpiada Nacional de Química, la cual fue organizada por la Academia Mexicana de Ciencias y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). El examen práctico de este concurso se realizó en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Químicas. Participaron 189 estudiantes de nivel bachillerato, representando a los 32 estados federativos en los que está dividida la República Mexicana. A estos 189 alumnos se les asignaron dos niveles, 95 fueron de nivel A, esto es que han llevado dentro de su plan de estudios cursos de química orgánica y 94 fueron de nivel B, quienes no han llevado estos cursos.

Este concurso se llevó a cabo durante tres días. En el primer día, los alumnos realizaron tres exámenes teóricos de química, los cuales tienen diferentes niveles de complejidad, que van de uno simple a uno muy complejo. En el segundo día los alumnos realizaron un examen teórico, aún más complejo, con una duración de 5 horas. En el tercer día llevaron a cabo un examen práctico, el cual solo lo realizaron los 46 mejores alumnos, los cuales fueron seleccionados con base en sus resultados de los tres exámenes del primer día. Con los resultados de los 4 exámenes teóricos y del examen práctico se seleccionaron a los quince mejores alumnos, los cuales serán capacitados durante tres semanas para poder elegir a los cuatro mejores que representarán a México en las dos Olimpiadas Internacionales de Química que en este año (2018) serán: *50<sup>th</sup> International Chemistry Olympiad* a celebrarse del 19 al 29 de Julio de 2019, en las ciudades de Bratislava, Eslovaquia y en Praga, República Checa, así como en la *XXIII Olimpiada Iberoamericana de Química*, la cual se va a realizar en el mes de septiembre en El Salvador.

Para que los 46 alumnos del nivel A pudieran realizar un experimento de química orgánica, en el cual se pudiera llevar a cabo la purificación por recristalización del producto sintetizado por ellos mismos, los problemas que se nos han presentado en algunas de las Olimpiadas Nacionales que se han llevado a cabo es la dificultad de disponer del equipo necesario para aislar los productos por filtración al vacío, en particular debido a la falta de líneas de vacío, o bien de disponer de suficientes equipos para determinar puntos de fusión. En esta Olimpiada Nacional de Química, si se contó con líneas de vacío, y por esta razón se propuso este experimento, en el cual se llevó a cabo una reacción de nitración, empleando la mezcla sulfonítrica, una recristalización y un análisis por cromatografía en capa fina.

## OBJETIVOS

Los objetivos que nos planteamos en este experimento, fueron que el alumno fuera capaz de:

1. Efectuar una reacción de nitración empleando la mezcla sulfonítrica.
2. Llevar a cabo la purificación del producto obtenido por medio de una recrystalización.
3. Identificar el producto por medio de un análisis por cromatografía en capa fina.

## HIPÓTESIS

Que, al llevar a cabo este experimento, es posible los alumnos obtengan el benzoato de metilo con un rendimiento del 60 % y con una pureza cercana al 90 % una vez recrystalizado

## ANTECEDENTES (FESSENDEN (1983), TREADWELL (2008), PAVIA (1988))

Esta reacción es un ejemplo clásico de las sustituciones electrofílicas aromáticas, donde el electrófilo es el ión nitronio,  $\text{NO}_2^+$ . Al controlar las condiciones experimentales y al utilizar las propiedades de los grupos orientadores hacia la posición *meta* del anillo aromático, se favorece la monosustitución en esa posición. El grupo carbonilo es un grupo atractor de electrones (EWG, por sus siglas en inglés Electro Withdrawing Group) el cual desactiva al anillo de benceno. La reacción ácido-base que ocurre entre el benzoato de metilo y el ácido sulfúrico el cual actúa como disolvente, tiene dos aspectos importantes, ya que por un lado permite que el sustrato se disuelva en el mismo, y además la protonación del grupo carbonilo del éster incrementa aún más su efecto como EWG. Sin embargo, la reacción es factible incluso a temperaturas bastante bajas (las cuales son necesarias para enfriar el proceso muy exotérmico), y la sustitución ocurre en posición *meta*. (KILWAY, 2007).

La reacción efectuada fue la siguiente, Figura 1.

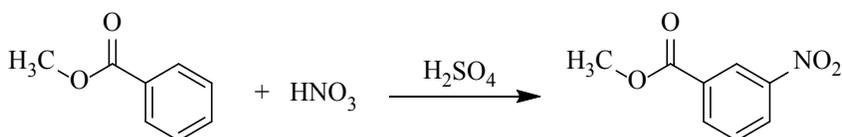


Figura 1. Reacción de nitración de benzoato de metilo.

## PROCEDIMIENTO

En un vaso de precipitados de 50 mL se adicionan los 1.5 mL de ácido nítrico

concentrado que se encuentran en el frasco marcado como ácido nítrico y se coloca dentro de un baño de hielo. ya frío el ácido nítrico (temperatura de 4-5 °C, se adicionan con precaución los 0.5 ml de benzoato de metilo que se encuentran en el frasco marcado como benzoato de metilo. El frasco que contiene los 3.0 ml de ácido sulfúrico concentrado, marcado como ácido sulfúrico, se coloca dentro de un baño de hielo y se debe de mantener a una temperatura de 4 a 5 °C.

Cuando la disolución del benzoato de metilo en el ácido nítrico esté fría (temperatura cercana a los 5°C), utilizando una pipeta Pasteur, se adiciona lentamente (gota a gota), bajo agitación con la varilla de vidrio, los 3.0 mL del ácido sulfúrico frío. **La rapidez de la adición debe ser tal que la temperatura de la mezcla de reacción se mantenga por abajo de los 10°C.** Después de que se termine la adición del ácido sulfúrico, se retira el vaso de precipitados del baño de hielo y se deja reposar por 15 minutos a temperatura ambiente. Se vierte la mezcla de reacción en un vaso de precipitados de 100 mL el cual deberá contener 25 mL de una mezcla hielo-agua. El producto crudo precipita como un sólido blanco lechoso. Se rompe el sólido con la ayuda de la espátula, y el precipitado se aísla por medio de una filtración al vacío, empleando el embudo Büchner y el matraz Kitazato. El precipitado se lava con 3 porciones de agua de 10 mL cada una para eliminar el exceso de ácido. Se deja secar el sólido con el vacío para eliminar la mayor cantidad de agua posible. El producto crudo se purifica por medio de una recristalización con metanol.

Determinar el peso del producto que se obtuvo.

Realizar una cromatografía en capa fina comparando el benzoato de metilo con el producto nitrado (disuelve por separado, una pequeña cantidad de cada uno en 0.5 mL de acetato de etilo), utilizando como eluyente una mezcla de hexano-acetato de etilo (9:1). Revelar con luz ultravioleta. Calcula el Rf de cada compuesto.

## DIAGRAMAS DE FLUJO

No incluimos en este artículo los dos diagramas de flujo que se les proporcionaron a los alumnos que participaron en esta Olimpiada, pero estos se pueden consultar en: <https://nube.quimica.unam.mx/index.php/s/6qesA7RapMP1GLe>.

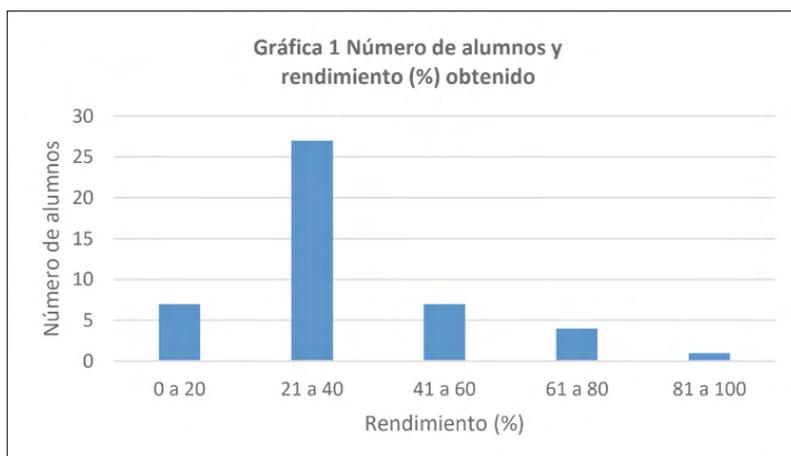
## PRODUCTOS OBTENIDOS

Muchos de los alumnos era la primera vez que pisaban un laboratorio de química orgánica y muchos de ellos no habían hecho purificaciones por recristalización, lo cual fue una experiencia buena para los maestros que propusimos este experimento. Podemos decir que en general 23 alumnos obtuvieron buenos productos, con muy buena forma cristalina. 4 alumnos obtuvieron el producto con muy buena forma cristalina y en gran cantidad. 2 alumnos obtuvieron productos con mala forma cristalina, 5 alumnos obtuvieron el producto con color (derivado 3,5-dinitrobenzoato de metilo) como resultado de una mala

recristalización. 6 alumnos obtuvieron el producto sin color, pero pastoso (con disolvente) y 6 alumnos obtuvieron rendimiento muy bajo o de plano no obtuvieron el producto.

## RENDIMIENTOS

Los rendimientos en general fueron bajos y 27 alumnos obtuvieron rendimientos que se centraron en el intervalo de 21 al 40%. 12 alumnos obtuvieron el producto entre el intervalo del 41 al 100%. Finalmente 7 alumnos tuvieron rendimientos muy bajos o de plano no obtuvieron el producto. Ver gráfica 1



Gráfica 1. Número de alumnos y rendimiento (%) que obtuvieron.

## CROMATOPLACAS

En general todos los alumnos que obtuvieron el producto hicieron un buen análisis por cromatografía en capa fina, con excepción de 7 alumnos que obtuvieron rendimientos muy bajos o que no obtuvieron producto alguno.

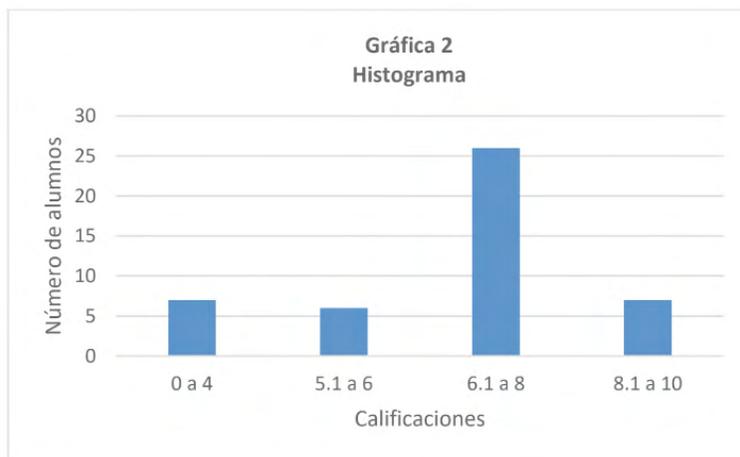
## PREGUNTAS TEÓRICAS

En el examen también se hicieron 5 preguntas teóricas sobre la reacción de nitración efectuada, para corroborar que los alumnos tenían claros los conceptos de las reacciones de Sustitución electrofílica aromática y en específico de la reacción de nitración. Además de determinar cuál es el reactivo limitante y determinar el rendimiento de la reacción.

## CALIFICACIONES

De los 46 alumnos que presentaron el examen, las calificaciones se pueden resumir

de la siguiente manera (ver gráfica 2):



Gráfica 2. Número de alumnos y calificaciones que obtuvieron.

A pesar de que la distribución estadística no es normal, ya que como se puede ver en el histograma, las calificaciones se encuentran en todo el intervalo de la escala, podemos concluir que fue un buen examen ya que 72 % de los alumnos tuvo una calificación aprobatoria y el 28 % reprobó. Dentro de los alumnos que aprobaron, 57 % obtuvieron una calificación de 6.1 a 8.0, y el 15 % obtuvieron una calificación de 8.1 a 10 (solo un alumno obtuvo la calificación de 10.0). En conclusión, podemos decir que fue un buen examen, tanto por el porcentaje de los alumnos aprobados, así como por la distribución de las calificaciones en toda la escala.

La distribución estadística es rectangular, por lo que, este examen permitió discriminar, ya que fue un criterio más que ayudó a poder seleccionar a los 15 mejores estudiantes que se presentaron a este Concurso Nacional.

## **COSTO ESTIMADO DE ESTE EXPERIMENTO**

El costo de este experimento, únicamente tomando en cuenta las sustancias, disolventes y material utilizado, para los 46 alumnos que lo presentaron es de \$145.00 dólares (USA) norteamericanos, (precios tomados del catálogo Sigma-Aldrich, al 19 de marzo de 2018 y tomando como cotización \$1.00 dólar (USA) = \$19.00 (pesos mexicanos).

Reactivos y disolventes	Costo por alumno (Dólares USA)
Benzoato de metilo	0.64
Ácido sulfúrico 95-98%	0.333
Ácido nítrico 70%	0.702
Metanol 99.8%	0.387
Hexano 95%	0.4
Acetato de etilo 99.8%	0.41
Placas para cromatografía en capa fina con indicador de fluorescencia	0.28
<b>TOTAL POR 46 ALUMNOS</b>	<b>\$145.00</b>

## CONCLUSIONES

1. La hipótesis se cumplió en parte, ya que 12 alumnos obtuvieron un rendimiento entre 41% y 100%. Sin embargo, debemos recalcar el hecho de que la mayor parte de los alumnos no habían hecho una recristalización con anterioridad.
2. Este fue un experimento que resultó interesante para los alumnos. El hecho de aprender a purificar por recristalización fue un reto y el cual la mayoría de ellos fue capaz de superar.
3. El experimento permitió discriminar, ya que aprobó el 72 % de los alumnos y el 28 % reprobó. Dentro de los alumnos que aprobaron, 57 % obtuvieron una calificación de 6.1 a 8.0, y el 15 % obtuvieron una calificación de 8.1 a 10. Las calificaciones aprobatorias se encuentran distribuidas en toda la escala.

## REFERENCIAS

1. FESSENDEN, R. J.; **Techniques and Experiments for Organic Chemistry**, paginas 269-273. Ed. Prindle, Weber & Schmidt, Boston, USA, **1983**.
2. TREADWELL, E. M.; Lin, T.-Y.; *Journal of Chemical Education*, **2008**, 85[11], 1541-1543.
3. PAVIA, D.L.; LAMPMAN, G.M.; and KRIZ, G.S. **Introduction to Organic Laboratory Techniques**. Saunders College Publishing, 3rd. Ed. 1988.
4. KILWAY, K.V.; [http://d.web.umkc.edu/drewa/Chem322L/Handouts/Lab07Handout NitrationOf MethylBenzoate322L.pdf](http://d.web.umkc.edu/drewa/Chem322L/Handouts/Lab07Handout%20NitrationOfMethylBenzoate322L.pdf). 2007

## O SIGNIFICADO DO PIBID E SUAS CONTRIBUIÇÕES INICIAIS PARA O ENSINO DE QUÍMICA NA ESCOLA PARCEIRA DO SUBPROJETO DE QUÍMICA/UESPI/PIRIPIRI

*Data de aceite: 23/08/2021*

*Data de submissão: 27/05/2021*

### **Rothchild Sousa de Moraes Carvalho Filho**

Mestrando em Química – Universidade  
Estadual do Piauí – UESPI  
Teresina - PI  
<http://lattes.cnpq.br/9786031107457486>

### **Laiane Viana de Andrade**

Graduada em Química - Universidade Estadual  
do Piauí – UESPI  
Piripiri - PI  
<http://lattes.cnpq.br/2967273155473795>

### **Naiana Machado Pontes**

Graduada em Química - Universidade Estadual  
do Piauí – UESPI  
Piripiri - PI  
<http://lattes.cnpq.br/0425130584597506>

**RESUMO:** O presente trabalho relata o significado do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) e suas contribuições iniciais para o ensino de Química desenvolvido na escola Desembargador José de Arimatheia Tito. O PIBID incentiva e valoriza o magistério e o aprimoramento do processo de formação de docentes para a educação básica. Assim, o mesmo procura articular o ensino superior com o básico, objetivando melhorar a qualidade da Educação Básica, desenvolvendo atividades pedagógicas para a melhoria do ensino-aprendizagem dos alunos envolvidos no programa. Nesse contexto, procurou-se

descrever o significado do PIBID e analisar a sua repercussão, bem como expor os benefícios que a escola parceira do programa vem alcançando por meio da interação entre alunos bolsistas do PIBID, professores e alunos da Educação Básica. O trabalho foi desenvolvido através de questionários, os quais foram aplicados ao corpo docente e gestão escolar, de cunho predominantemente qualitativo com ênfase no comportamento do supervisor, dos alunos e também no âmbito escolar de uma forma ampla. Nesta perspectiva, contou-se que a presença dos bolsistas na escola permitiu desenvolver um trabalho diferenciado com a inserção de aulas mais dinâmicas, tornando-as mais proveitosa que influenciam de maneira significativa na vida dos discentes, tornando-os passivos e ativos questionadores e pesquisadores. Esses resultados refletiram também no corpo docente e administrativo da escola, os quais se mostraram mais motivados e determinados diante de tantos desafios existentes na área educacional. Desta forma, o PIBID constitui uma alternativa de proporcionar as escolas parceiras a buscarem uma prática em constante processo de reflexão e transformação que enriqueça a aprendizagem dos seus alunos. Portanto, o programa pode ser considerado como um espaço de convivência, socialização de experiências, construção da identidade docente e organização escolar, sendo um excelente meio de interferir positivamente na qualidade do ensino e melhoria da Educação Básica.

**PALAVRAS-CHAVE:** PIBID; Contribuições; Escola; Ensino de Química; Educação Básica.

# THE MEANING OF PIBID AND ITS INITIAL CONTRIBUTIONS TO TEACHING CHEMISTRY AT THE PARTNER SCHOOL OF THE SUB-PROJECT CHEMISTRY / UESPI / PIRIPIRI

**ABSTRACT:** The present work reports the significance of the Institutional Teaching Initiation Scholarship Program (PIBID) and its initial contributions to the teaching of Chemistry developed at the Desembargador José de Arimatheia Tito school. PIBID encourages and values teaching and improving the process of training teachers for basic education. Thus, it seeks to articulate higher education with basic education, aiming to improve the quality of Basic Education, developing pedagogical activities to improve the teaching-learning of the students involved in the program. In this context, we sought to describe the meaning of PIBID and analyze its impact, as well as exposing the benefits that the partner school of the program has been achieving through the interaction between PIBID scholarship students, teachers and students of Basic Education. The work was developed through questionnaires, which were applied to the teaching staff and school management, of a predominantly qualitative nature with an emphasis on the behavior of the supervisor, the students and also in the school context in a broad way. In this perspective, it was found that the presence of scholarship holders in the school allowed them to develop a differentiated work with the insertion of more dynamic classes, making them more profitable, which significantly influence the lives of students, making them passive and active questioners and researchers. These results were also reflected in the school's teaching and administrative staff, who were more motivated and determined in the face of so many challenges in the educational field. In this way, PIBID is an alternative to provide partner schools to seek a practice in a constant process of reflection and transformation that enriches their students' learning. Therefore, the program can be considered as a space for coexistence, socialization of experiences, construction of the teaching identity and school organization, being an excellent means of positively interfering in the quality of teaching and improvement of Basic Education.

**KEYWORDS:** PIBID; Contributions; School; Chemistry teaching; Basic Education.

## INTRODUÇÃO

A busca por metodologias de ensino que permitam um aprendizado significativo reflete a inquietude dos profissionais da educação. No ensino de Química, as aulas práticas vêm se tornando uma modalidade alternativa à aula tradicional. Atualmente, o ensino das Ciências Naturais segue diferentes tendências como o ensino a partir da história das ciências, do cotidiano e da experimentação. A experimentação é de fundamental importância no âmbito do ensino de Química, pois em alguns conteúdos a teoria desvinculada da prática pode perder o sentido da construção científica, reforçando que o conhecimento científico se faz a partir da relação lógica entre prática e teoria (MATOS et al., 2015).

A prática contextualizada no ensino é um mecanismo que oferta sentido à ciência ampliando as possibilidades de influência mútua e coopera significativamente para minimizar a divisão entre teoria e prática.

Considerando que a utilização de itens presentes no cotidiano dos alunos é

reconhecidamente uma estratégia adequada para transmissão e fixação de conceitos envolvidos no Ensino Médio e que estas estratégias são priorizadas no texto da Lei das Diretrizes e Bases da Educação (LDB) (COUTO et al., 1998).

O Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) surgiu a partir de uma ideia do Ministério da Educação em ação conjunta com a Secretaria de Educação Superior da Fundação Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, e do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação-FNDE. Com o designo de valorizar a docência nas universidades de todo país e, sobretudo incentivar os estudantes das licenciaturas para atuação do ensino básico (PIBID-UFRB, 2020).

O Programa foi criado como projeto paralelo de apoio às atividades desenvolvidas nas escolas que atuam na educação básica, bem como na contribuição do processo de construção de novas competências que fazem parte do profissional docente (SILVA, SILVA e GOMES, 2012).

O PIBID vislumbra incentivar a formação de docentes em nível superior para a educação básica, bem como elevar a qualidade da formação inicial de professores nos cursos de licenciatura, promovendo a integração entre educação superior e educação básica; inserir os licenciandos no cotidiano de escolas da rede pública de educação, proporcionando-lhes oportunidades de criação e participação em experiências metodológicas, tecnológicas e práticas docentes de caráter inovador e interdisciplinar que busquem a superação de problemas identificados no processo de ensino-aprendizagem; incentivar escolas públicas de educação básica; contribuir para a articulação entre teoria e prática necessárias à formação dos docentes (BRASIL, 2007).

Assim sendo, o PIBID por meio de parcerias com as redes de educação básica dos municípios e estados, promove a introdução dos estudantes de licenciatura no contexto das escolas públicas desde o início da sua formação acadêmica. Os bolsistas, sob a orientação de um coordenador e um supervisor de área, planejam e aplicam atividades pedagógicas em escolas parceiras do programa.

Na UESPI, campus de Piripiri, o PIBID começou a ser implantado no ano de 2014 e está presente nos cursos de Licenciaturas em Química, Inglês e Pedagogia. Neste contexto, faremos uma síntese sobre o significado do PIBID para a escola parceira do subprojeto de Química.

Espera-se que este estudo possa trazer contribuições para a compreensão das políticas de formação de professores que estão sendo implantadas hoje em nosso país, além de verificar quais os benefícios para a escola, principalmente no que se refere à formação dos professores da Educação Básica.

Buscou-se enfatizar a importância de se adquirir experiências ao longo da prática escolar, bem como na formação acadêmica, que é fonte vital para o futuro professor fazendo uma constante mediação entre teoria e prática, assim como, apresentar também a relevância para os discentes e gestão escolar da escola parceira ao programa.

Para tanto, os dados coletados foram obtidos por meio de questionários, os quais foram aplicados ao corpo docente e gestão escolar. Que segundo André, a compreensão da realidade se por meio da englobação de um conjunto heterogêneo de métodos, de técnicas e de análises, utilizando a abordagem qualitativa nesta investigação (ANDRÉ, 2006).

O presente trabalho foi produzido com o objetivo de relatar o significado do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), e suas contribuições iniciais para Ensino de Química desenvolvido na escola Desembargador José de Arimatéia Tito da rede pública de ensino do município de Piri-piri, por meio da interação entre alunos bolsistas do PIBID, professores e alunos da Educação Básica.

## **METODOLOGIA**

O trabalho foi desenvolvido em 2 (duas) turmas de nono ano do Ensino Fundamental II na Escola Desembargador José de Arimatéia Tito na cidade de Piri-piri-PI com o objetivo de analisar o significado e a repercussão do PIBID, além de relatar os benefícios que a escola parceira do PIBID vem alcançando em decorrência da interação entre alunos bolsistas do PIBID e corpo escolar da Educação Básica.

Tendo por base uma pesquisa de campo de aspecto qualitativo, optou-se a observar a interação entre programa/escola, a metodologia utilizada pelo professor, bem como as dificuldades dos alunos no que diz respeito aos a associação dos conteúdos abordados para um bom desempenho no ensino de química. Para a partir de então verificar a relevância das ações desenvolvidas do PIBID na escola.

De início realizou-se visitas periódicas de caráter observatório, na escola parceira do programa (PIBID) no intuito de conhecer o ambiente escolar e haver uma maior interação entre os bolsistas, discentes e corpo escolar.

De segundo instante, foi efetuada uma análise no requisito administrativo e pedagógico da escola, onde foi analisado como acontece o processo de ensino aprendizagem.

Desenvolveram-se ainda ações com intervenção no sistema de ensino onde foram aplicadas aulas contextualizadas, desenvolvendo práticas relacionadas aos assuntos vistos anteriormente, dentre eles foram aplicadas práticas experimentais referentes à densidade (Figuras 1 e 2) e separação de misturas (Figuras 3 e 4) , criação e aplicação de jogo químico (Figura 5) , tornando assim o processo de ensino aprendizagem mais dinâmico e interativo entre discentes/bolsistas, bolsistas/escola e escola/programa.



Figura 1 e 2: Experimento sobre as propriedades específicas da matéria.

Fonte: Própria, 2016.

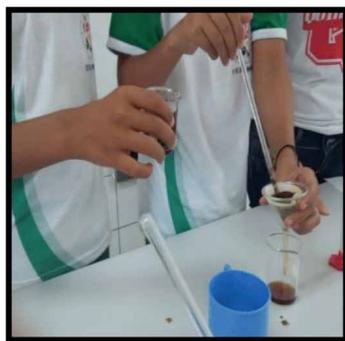


Figura 3 e 4: Experimento sobre separação de misturas.

Fonte: Própria, 2016.



Figura 5: Jogos Químicos – Tabela Periódica.

Fonte: Própria, 2016.

De última instância aplicou-se questionários ao corpo docente e gestão escolar, com ênfase no comportamento do supervisor, dos alunos e também no âmbito escolar de uma forma ampla para analisar a importância das atividades desenvolvidas pelo PIBID na escola.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Mediante todos os processos investigatórios sobre o significado do PIBID para a referida escola podemos ressaltar que, o programa é para a instituição de ensino uma ação interventiva que além de contribuir para a formação inicial dos jovens licenciandos, promove mudanças significativas no âmbito escolar.

Foi possível perceber que ao ser inseridas metodologias alternativas, contextualizadas, e demais ações desenvolvidas na escola, houve mudanças nos alunos, na melhoria do desempenho, no comportamento, além da construção do sentimento de respeito com os outros alunos e seus professores, onde os alunos da escola perceberam que são agentes participativos do processo de ensino-aprendizagem.

Podemos assegurar tais informações no que se referi ao desenvolvimento do subprojeto/química na escola por meio dos resultados obtidos através de questionários aplicados a gestão escolar.

Ao ser questionada a professora supervisora de área descreve as possíveis contribuições quanto à inserção das ações desenvolvidas pelo Programa de Bolsa de Iniciação à Docência-PIBID trouxeram para os seus alunos, observe a Figura 6.

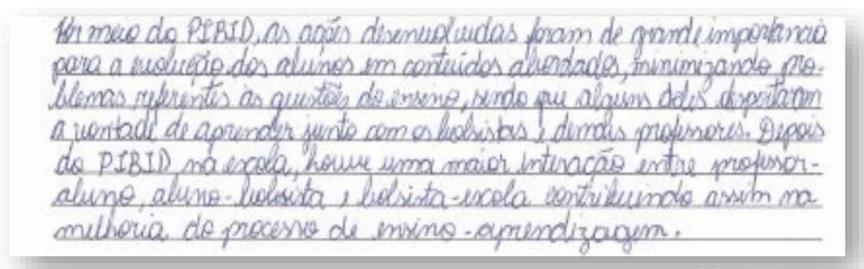
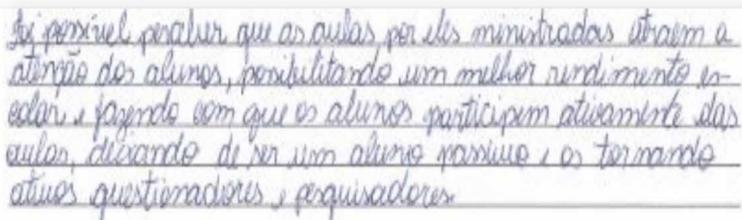


Figura 6. Que condições a inserção das ações desenvolvidas pelo Programa de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID trouxeram para os alunos de suas responsabilidades?

Fonte: Própria, 2016.

Dessa forma, a própria professora supervisora reconhece o PIBID como um programa que tem uma proposta na qual visa à melhoria do ensino de ciências da educação básica, por meio da interação e ações interventivas realizadas pelos bolsistas e a gestão escolar.

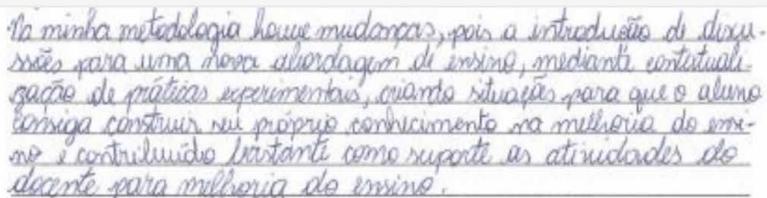
A supervisora foi questionada sobre possíveis mudanças significativas em relação ao desempenho educacional dos alunos através da interação com os bolsistas e em relação ao reflexo em sua metodologia com a inserção do PIBID na escola, Figura 7 e Figura 8.



Foi possível perceber que as aulas por eles ministradas atraem a atenção dos alunos, possibilitando um melhor rendimento escolar, e fazendo com que os alunos participem ativamente das aulas, deixando de ser um aluno passivo, e tornando ativos questionadores e pesquisadores.

Figura 7: Foi possível observar mudanças positivas significativas em relação ao desempenho educacional dos alunos através da interação com os bolsistas?

Fonte: Própria, 2016.



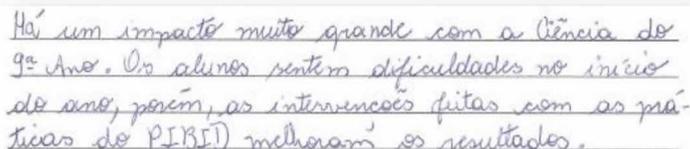
Na minha metodologia houve mudanças, pois a introdução de discussões para uma nova abordagem de ensino, mediante contextualização de práticas experimentais, criando situações para que o aluno consiga construir seu próprio conhecimento na melhoria do ensino e contribuindo bastante como suporte as atividades de docente para melhoria do ensino.

Figura 8: Que reflexo em sua metodologia pôde ser alterado com a inserção do PIBID na escola? Faça um breve comentário.

Fonte: Própria, 2016.

Conforme afirmam Carvalho e Gil-Pérez, uma das tarefas mais complexas de ser inserida na formação docente são a utilização de diferentes atividades e metodologias. Diante disso, podemos destacar que o uso de metodologias alternativas com base em aulas contextualizadas em ciências é um importante passo para introduzir o conhecimento (CARVALHO e GIL-PÉREZ, 2000).

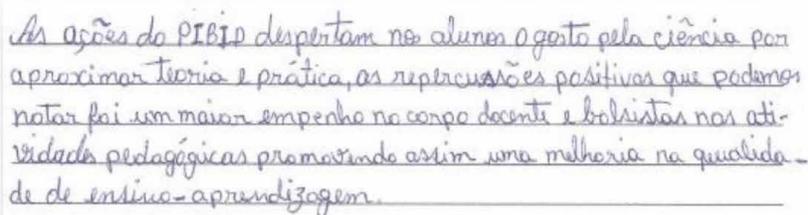
Com base nos resultados obtidos, os questionamentos feitos a direção/coordenação sobre a importância e repercussões positivas que puderam ser notadas das ações desenvolvidas do PIBID na escola e sobre como as aulas de ciências são vistas hoje na escola, obteve-se as seguintes respostas, observe as Figura 9 e Figura 10.



Há um impacto muito grande com a ciência do 9º Ano. Os alunos sentem dificuldades no início de ano, porém, as intervenções feitas com as práticas de PIBID melhoram os resultados.

Figura 9: Como você vê, hoje, as aulas de ciências na sua escola?

Fonte: Própria, 2016.



As ações do PIBID despertam nos alunos o gosto pela ciência por aproximar teoria e prática, as repercussões positivas que podemos notar foi um maior empenho no corpo docente e bolsistas nas atividades pedagógicas promovendo assim uma melhoria na qualidade de ensino-aprendizagem.

Figura 10: Que repercussões positivas puderam ser notadas no corpo docente da disciplina de ciências e também no alunado da escola?

Fonte: Própria, 2016.

Mediante a análise dos questionários, constatou-se a importância da correlação entre teoria e prática, necessidade esta que está presente na maioria das escolas públicas no país, a presença dos bolsistas na escola faz com que ocorra uma inovação na prática pedagógica do corpo docente e dê significado aos conteúdos, fazendo com que os discentes despertem a busca pelo saber.

Nesta perspectiva, o PIBID é hoje considerado um dos programas mais relevantes para a educação básica atualmente, tendo em vista que os padrões básicos educacionais brasileiros ainda estão longe de alcançar o padrão de excelência recomendável, por isso não podemos deixar de destacar que iniciativas como o PIBID visam transformar o cenário da educação básica. Sendo assim, o programa é um exemplo prático de programas que devem ser investidos por políticas públicas e aderidos por mais instituições de ensino na educação básica e no ensino superior.

Os resultados obtidos nessa pesquisa mostram que o PIBID apresenta ótima aceitação na escola apresentada, pois ações desenvolvidas pelos bolsistas na mesma possibilitaram desenvolver um trabalho diferenciado com a inserção de aulas experimentais, contextualizadas e dinâmicas, (Figuras 1 a 5) tornando-as mais vantajosas, influenciando de maneira significativa na vida dos alunos, onde os mesmos deixam de ser um aluno passivo e tornam-se ativos questionadores e pesquisadores.

Percebeu-se que os professores desde os mais novos aos mais experientes da escola mobilizaram-se a buscar por uma melhoria do trabalho docente, além de mostrar que a troca de informações, a motivação e a participação coletiva proporcionam uma transformação significativa para um novo âmbito escolar, quebrando as barreiras impostas pelo trabalho docente impregnado de rotinas tediosas e desmotivadoras.

Diante da análise dos resultados foi possível constatar que as contribuições do PIBID refletiram também no corpo administrativo da escola, os quais se mostraram mais motivados e determinados diante de tantos desafios existentes na área educacional.

## CONCLUSÃO

Desta forma, o programa constitui uma alternativa de proporcionar as escolas parceiras a buscarem uma prática em constante processo de reflexão e transformação que enriqueça a aprendizagem dos seus alunos, superando uma visão tradicional do que é ensinar e aprender.

Portanto, o programa pode ser considerado como um espaço de convivência, socialização de experiências e construção da identidade docente e organização escolar, sendo um excelente meio de interferir positivamente na qualidade do ensino e melhoria da Educação Básica.

## REFERÊNCIAS

ANDRÉ, MARLI E. D. A. **Pesquisa em Educação: desafios contemporâneos. Pesquisa em Educação Ambiental**. São Carlos, v. 1, n. 1, p. 43-57, jul./dez. 2006.

BRASIL. Portaria Normativa nº 38, de 12 de dezembro de 2007– Dispõe sobre o **Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – Pibid**. Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/educacao-basica/capespibid>>. Acesso em: 19 de junho de 2020.

CARVALHO, A.M.P. e GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências**. São Paulo: Cortez, 2000.

COUTO, A. B.; RAMOS, L. A.; CAVALHEIRO, E. T. G. Aplicação de pigmentos de flores no ensino de química. **Quím. Nova**, v. 21, n.2, p.221-227, 1998.

MATOS, G. M. A.; MAKNAMARA, M.; MATOS, E. C. A.; PRATA, A. P. Recursos didáticos para o ensino de botânica: uma avaliação das produções de estudantes em universidade sergipana. **Holos**, v. 5, p. 213-230, 2015

PIBID. UFRB. Disponível em: <<http://www1.ufrb.edu.br/pibid/o-que-e-o-pibid>>. Acesso em: 19 de Julho de 2020.

SILVA, Francisco de Assis Santos; SILVA, Edna Maria Rodrigues; e GOMES, Valdiana Nunes. **PROGRAMA PIBID: parceria com escolas no processo ensino-aprendizagem do educando**. Unifor: CE, outubro 2012.

# CAPÍTULO 7

## PRÁTICAS PEDAGÓGICAS INOVADORAS E METODOLOGIAS ATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA NOS PERÍODOS INICIAIS DA GRADUAÇÃO

Data de aceite: 23/08/2021

### **Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua**

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Química  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campus Uberlândia  
Uberlândia – Minas Gerais – Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/12970002659897780>  
<https://orcid.org/0000-0003-3587-486X>

### **Ana Paula Di Foggi**

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Química  
Uberlândia – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/6834182844032889>

### **Vinícius Pereira de Carvalho**

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Química  
Uberlândia – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/1004259135179454>

### **Waleska Rodrigues dos Santos**

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Química  
Uberlândia – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/4082410173517847>

### **Weida Rodrigues Silva**

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Química  
Uberlândia – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/1658097679123626>  
<https://orcid.org/0000-0003-1886-3720>

### **Bruno Elias dos Santos Costa**

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Química  
Uberlândia – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/9995122149910490>  
<https://orcid.org/0000-0002-9306-0939>

**RESUMO:** A articulação entre o ensino e a pesquisa em Química é uma oportunidade para que o processo de aprendizagem seja promovido através de práticas pedagógicas inovadoras. O contato próximo do estudante com procedimentos propostos para solucionar problemas reais o capacita para uma prospecção ativa das ementas disciplinares. Neste trabalho, são apresentadas duas vertentes aplicadas como metodologias ativas no ensino de Química, dos quais foram aplicados ao semestre de ingresso a alunos dos cursos de Química Industrial e Licenciatura em Química da Universidade Federal de Uberlândia. As propostas incluem a elaboração de mapas de risco de alguns laboratórios como ferramenta para controle de higiene e segurança; e tratamento para remoção de metais pesados presentes nos resíduos coletados de aulas práticas. A contextualização interdisciplinar foi desenvolvida, baseando-se na atividade adsorptiva de um material lignocelulósico. Esse exercício possibilitou que os alunos se identificassem como um profissional da Química já nos momentos iniciais de ingresso ao curso de graduação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de química, higiene e segurança no laboratório, metais pesados, película prateada de café, sustentabilidade.

## INNOVATIVE PEDAGOGICAL PRACTICES AND ACTIVE METHODOLOGIES IN TEACHING CHEMISTRY IN THE INITIAL UNDERGRADUATE PERIODS

**ABSTRACT:** The articulation between teaching and research in Chemistry is an opportunity for the learning process to be promoted through innovative pedagogical practices. The student's close contact with proposed procedures to solve real problems enables him to actively explore disciplinary menus. In this work, two strands applied as active methodologies in the teaching of Chemistry are presented, of which they were applied in the semester of entrance to students of the courses of Industrial Chemistry and Licentiate in Chemistry at the Federal University of Uberlândia. The proposals include the elaboration of risk maps for some laboratories as a tool for health and safety control; and treatment to remove heavy metals present in waste collected from practical classes. The interdisciplinary contextualization was developed, based on the adsorptive activity of a lignocellulosic material. This exercise enabled students to identify themselves as a professional in Chemistry in the early stages of admission to the undergraduate course.

**KEYWORDS:** Chemistry teaching, hygiene and safety in the laboratory, heavy metals, coffee silver skin, sustainability.

### 1 | INTRODUÇÃO

A Universidade em seu papel de formação de pessoal qualificado se preocupa em desenvolver uma consciência estratégica quanto aos recursos de ensino e aprendizagem através de Práticas Pedagógicas Inovadoras (PPI). Essa consciência torna-se aprimorada no decorrer da vida acadêmica do aluno desde o momento do ingresso, no intuito de promover a sua proximidade no âmbito da sua realidade profissional. Para tanto, os métodos ativos de ensino constituem uma alternativa eficiente de PPI, dos quais são capazes de contextualizar o conteúdo proposto frente a uma problemática real, oferecendo soluções de forma interdisciplinar e dinâmica.

Métodos ativos de ensino são recursos didáticos dos quais os alunos assimilam o conhecimento acerca de um conteúdo através da resolução de problemas com variados graus de complexidade, e que não apresenta uma única resposta como absolutamente correta. Os alunos reconhecem os métodos ativos de ensino como um recurso dinâmico e mais motivador do que as aulas expositivas. As problemáticas trabalhadas nesse contexto ultrapassam uma condição de simulação teórica para serem abordadas na prática, em situações reais, trazendo uma perspectiva mais desafiadora para docentes e alunos (AMAURO, 2017; MIRANDA, 2015).

Um exemplo de método ativo é a aplicação de procedimentos alternativos para tratamento de resíduos químicos oriundos dos laboratórios de ensino, dos quais os alunos têm contato já no semestre de ingresso. Disciplinas que demandam parte experimental exigem cuidados associados aos riscos e perigos devido a exposição a certas condições de insalubridade. Os métodos de salva guarda tornam-se mais eficazes à medida que os alunos passam a ter contato com situações que exigem capacidade crítica para propor uma

solução preventiva ao problema.

As propostas vão desde a elaboração de Procedimentos Operacionais Padrão (POP's) dos principais equipamentos de uso rotineiro em aulas práticas, até a construção de plantas e mapas de risco do ambiente de laboratório de ensino. Estes se tornam então, disponível como parte fundamental da estruturação física do mesmo. Nessa perspectiva, é estimulada a importância da classificação dos resíduos gerados nos laboratórios de ensino, para que os próprios alunos juntamente com o docente, possam protocolar a solicitação de recolhimento ao setor responsável de tratamento de resíduos, seguindo o procedimento operacional padrão que foi desenvolvido em sala para esta finalidade.

Se tratando de laboratórios químicos, devem ser tomadas medidas eficazes para o controle das formas de exposição aos riscos associados a geração de resíduos químicos. Dependendo da natureza e das propriedades dos resíduos, estes podem apresentar um determinado tipo de risco, dos quais são classificados de acordo com o Sistema de Triagem de Manchester (STM) (Figura 1). Esse sistema de classificação é recomendado pelo Ministério da Saúde (SUS, 2004), bem como pelas Comissões Internas de Prevenção de Acidentes (CIPA's) de várias indústrias e empresas, em acordo com o Anexo da Portaria nº25, de 29 de dezembro de 1994.



Figura 1. Identificação e classificação dos agentes de riscos ocupacionais.

Fonte: <http://www.blogsnc.com.br/2013/07/o-que-sao-agentes-de-riscos>

Alguns grupos de pesquisa se dedicam no desenvolvimento de tecnologias seguras para o tratamento de resíduos químicos. Como exemplos podem ser citados processos de descontaminação baseados na remoção estratégica de metais pesados como cádmio,

chumbo, mercúrio e contaminantes emergentes, tais como fármacos e hormônios. Os estudos envolvem métodos como processos oxidativos avançados (PANIAGUA et al, 2021), e processos adsorptivos. Quanto a esse último, o principal mecanismo envolvido é a retenção em uma superfície ativa, e tem-se como vantagem o emprego de materiais alternativos oriundos da biomassa de resíduos agroindustriais para remoção de tais contaminantes, como bagaço de cana-de-açúcar, carvão, sementes de moringa, fibra de coco, palha de café, etc. Esses materiais são de baixo custo, quando comparados com materiais comerciais empregados nessa mesma finalidade (GONÇALVES JÚNIOR, 2013).

Diante do que foi exposto, este trabalho tem o propósito de divulgar a participação ativa dos alunos ingressantes no curso de graduação em Química da Universidade Federal de Uberlândia no projeto contemplado pelo Programa de Bolsa de Graduação em conformidade com o edital PBG/DIREN UFU 02/2019. Esse projeto abriu oportunidades para que fossem desenvolvidas estratégias para gerenciamento sustentável dos resíduos químicos oriundos das aulas práticas de graduação, bem como na classificação dos riscos envolvidos. A iniciativa motiva a implementação dessas medidas como metodologias ativas no âmbito do Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia, gerando reforços positivos de aprendizagem aos estudantes.

Os alunos internalizam uma determinada problemática demandada em uma consultoria, objetivando a sua solução recorrendo-se a teoria envolvida. Como desafio, destaca-se a necessidade para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis e que visam ser ecologicamente amigáveis. O incentivo a procedimentos sustentáveis valoriza o mérito pedagógico que alicerça os métodos ativos de aprendizagem, e corrobora para a organização dos sistemas aqui retratados. Os alunos podem atuar diretamente sobre esse processo e expandir não somente através da comunicação científica, mas principalmente por meio da divulgação a sociedade carente de tais recursos, que visam contribuir para a melhoria da qualidade de vida.

## 2 | EXPERIMENTAÇÃO

A execução do projeto ocorreu em duas vertentes distintas: A primeira foi executada pelos alunos ingressantes do curso de Química Industrial no período 2018/1. O trabalho consistiu na elaboração de mapas de risco de alguns dos Laboratórios de Ensino e Pesquisa do Instituto de Química da UFU, como parte das atividades avaliativas da disciplina Higiene e Segurança de Laboratório.

A segunda foi caracterizada pela aplicação de um material adsorvente alternativo para remoção dos metais Cu(II), Pb(II) e Mn(II) presentes nas soluções de resíduos gerados nas aulas práticas das disciplinas de Química Analítica Qualitativa e Análise Instrumental. O procedimento foi conduzido pelos alunos de Licenciatura em Química, ingressantes em 2019/1, que foram vinculados ao edital PBG/DIREN UFU 02/2019.

## 2.1 Noções básicas para projeção de um Laboratório Seguro: Elaboração dos Mapas de Risco

Os alunos matriculados na disciplina Higiene e Segurança, ofertada no período de ingresso (2018/1) foram divididos em seis grupos. Cada grupo visitou um determinado laboratório sob as orientações e supervisão do professor responsável da disciplina em conjunto com o técnico do laboratório. Os alunos de cada grupo vistoriaram o espaço físico do laboratório, registrando as características pontuais de disposição das bancadas, vidrarias, reagentes, instrumentos, equipamentos de proteção individuais e coletivos (EPIs e EPC's), e a facilidade de acesso aos controles de emergência e primeiros socorros.

Após a visita supervisionada, e de posse dos registros de compartimentação física, bem como de armazenamento e disposição dos materiais (de consumo e permanência), cada grupo confeccionou o mapa de risco do respectivo ambiente do laboratório. Cada grupo fez uma rápida apresentação oral, indicando os critérios que foram levados em consideração para delimitação dos níveis de cada risco classificado, e uma auto-avaliação quanto a viabilidade do mapa para manutenção da organização do ambiente, durante a execução de uma aula prática.

## 2.2 Uso da película prateada de café como adsorvente natural para o tratamento alternativo de resíduos de aulas práticas.

A película prateada de café (Figura 2) constitui parte do descarte obtido durante o processo de beneficiamento industrial dos grãos de café. Como sua composição representa a característica de um material lignocelulósico, surgiu a ideia de investigar o seu reaproveitamento como adsorvente, na remoção de metais pesados, tais como: cobre, manganês e chumbo, dos quais foram detectadas nas amostras de resíduos químicos coletados dos laboratórios de ensino do IQ-UFU.



Figura 2. Película prateada do café empregada como material adsorvente nos testes de remoção de metais pesados das amostras de resíduos químicos.

Fonte: Os autores (2019).

A película prateada de café foi obtida de uma indústria beneficiadora de grãos de café localizado no município de Caldas Novas-GO. Esse material já tem sido utilizado satisfatoriamente em procedimentos de adsorção de  $\text{Cr}^{3+}$  em amostras de água residuária, em um método de extração em fase sólida (SILVA, 2019).

Os ensaios preliminares de adsorção consistiram em agitar uma porção de 250,0 mg do adsorvente sob um determinado tipo de pré-tratamento, com uma alíquota de 25,0 mL de solução aquosa dos referidos metais ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ ) na concentração de 5,0 mg  $\text{L}^{-1}$ . As formas de pré-tratamento do material ocorreram em meios de HCl 0,1 mol  $\text{L}^{-1}$  e NaOH 0,1 mol  $\text{L}^{-1}$ . Os resultados foram comparados com aqueles realizados sem nenhum pré-tratamento, denominados como testes *in natura*. Após agitação (cerca de 1 hora), a mistura foi filtrada em papel de filtro convencional e a solução sobrenadante foi recolhida em frascos de polietileno previamente descontaminados em banho de  $\text{HNO}_3$  10% (v/v).

A solução inicial de cada metal analisado, bem como as soluções de seus respectivos filtrados foram levadas para aspiração em um Espectrômetro de Absorção Atômica por Chama (FAAS). Foram determinados os sinais relativos à concentração residual dos metais, após atingido o equilíbrio de adsorção. Os dados foram devidamente tratados para estimar a porcentagem de remoção relativa do metal. Os ensaios foram realizados em triplicata e os brancos analíticos foram feitos em paralelo para controle das medidas.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Mapas de Risco dos Laboratórios de Ensino e Pesquisa

Os mapas de risco confeccionados e apresentados por cada grupo de aluno estão ilustrados nas Figuras 3A-3F. Para facilitar a identificação, a Tabela 1 representa o mapa de cada laboratório a sua respectiva figura:

Ao finalizar as apresentações, foi realizada uma discussão geral para comparar as características observadas entre os Laboratórios de ensino referentes a diferentes disciplinas e ao Laboratório de Pesquisa: Os alunos constataram que existe uma estrutura física comum a todos os laboratórios, dos quais são representados pelas vidrarias triviais e EPC's. As particularidades se referem ao estoque de materiais (sais inorgânicos *versus* solventes orgânicos), pela instrumentação representativa de cada disciplina, e da necessidade de se protocolarem POP's para os que são destinados aos trabalhos de pesquisa.

Os mapas de risco confeccionados e apresentados por cada grupo de aluno estão ilustrados nas Figuras 3A-3F. Para facilitar a identificação, a Tabela 1 representa o mapa de cada laboratório a sua respectiva figura.

Figura	Mapa de risco representado
3A	Laboratório de Pesquisa em Espectroanalítica Aplicada.
3B	Laboratório de Ensino de Química Inorgânica.
3C	Laboratório de Ensino de Físico-Química.
3D	Laboratório de Ensino em Química Geral e Química de Soluções.
3E	Laboratório de Ensino de Química Orgânica 1.
3F	Laboratório de Ensino de Química Analítica e Análise Instrumental.

Tabela 1. Associação de identificação dos mapas da Figura 3 aos respectivos laboratórios.

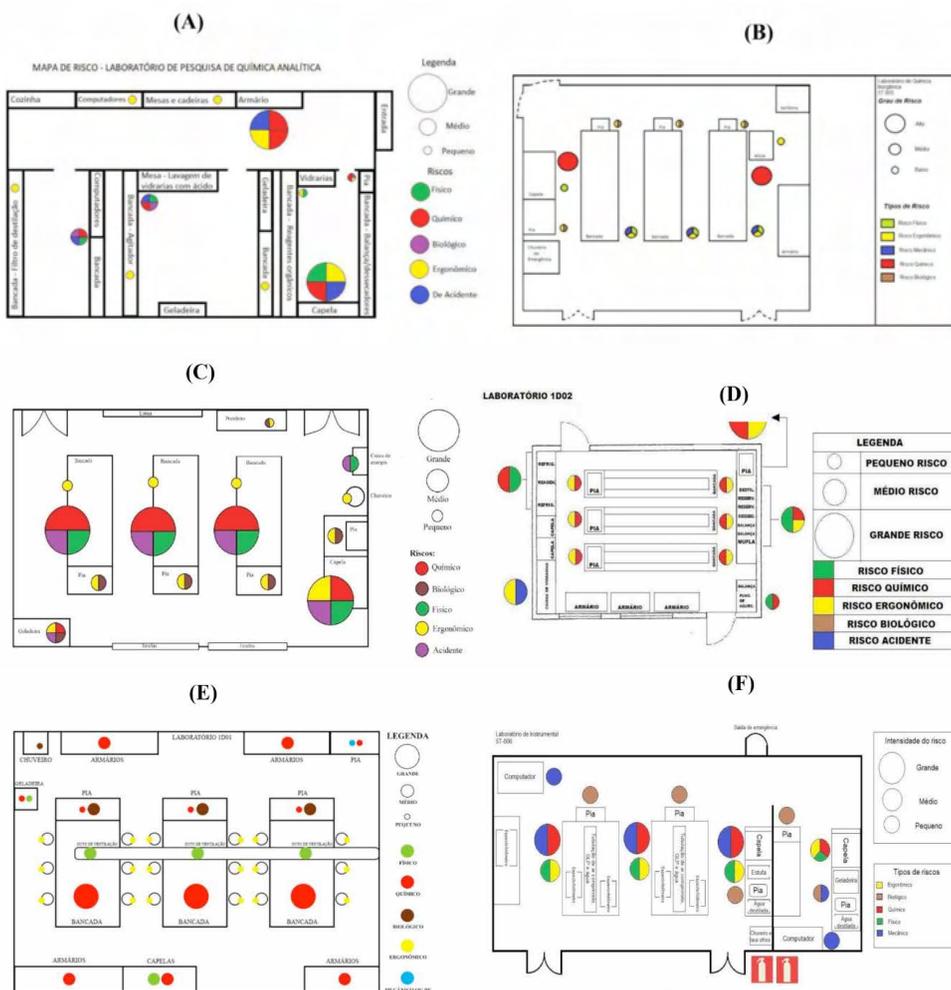


Figura 3. Mapas de risco dos laboratórios de ensino e pesquisa do IQ-UFU visitados pelos alunos.

Fonte: Os autores (2018).

A necessidade de elaboração dos POP's é justificada devido à rotatividade de uso

em relação a alunos de iniciação científica e ingresso de novos alunos pós-graduandos que precisam se familiarizar com o manuseio seguro dos equipamentos de demanda analítica. Não obstante, o uso de vidrarias comuns segue uma rotina de limpeza específica para a finalidade em que é empregada (“ensino diferente de pesquisa”).

O professor atuou como um intermediador, fornecendo as instruções para interpretação e elaboração dos mapas de risco e conduzindo a visita aos laboratórios. A forma em que os alunos puderam experimentar de perto a rotina de trabalho em laboratório os fez se sentirem responsáveis técnicos pelo controle de segurança, assumindo uma postura profissional e de identificação ao curso.

### 3.2 Remoção metais das soluções de resíduo por adsorção com a película prateada de café

A Figura 4 apresenta os resultados da eficiência de remoção de cada metal investigado ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ ), referente aos diferentes pré-tratamentos da película prateada de café feitas em meio ácido e básico, bem como para o adsorvente *in natura*.

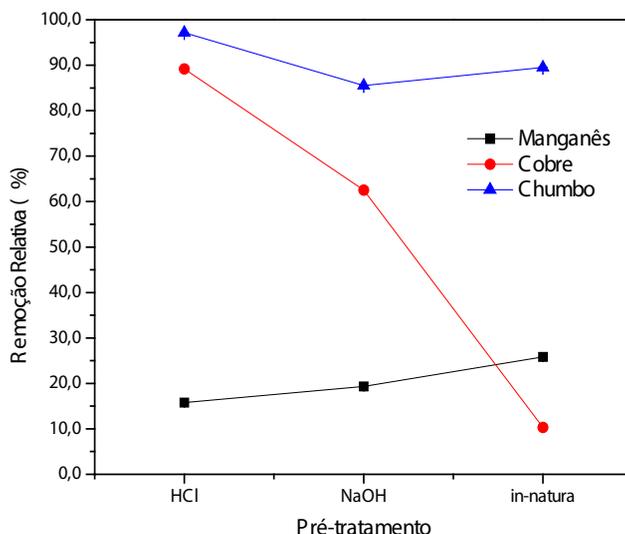


Figura 4. Resultado do pré-tratamento do adsorvente para a remoção dos metais presentes na solução de resíduo coletado nos laboratórios de ensino.

Os resultados apontam que o melhor tipo de pré-tratamento do pó da película prateada de café é em meio ácido ( $\text{HCl}$   $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ ) para os metais  $\text{Cu}^{2+}$  e  $\text{Pb}^{2+}$ , com remoção de 97,18 e 89,18% respectivamente. O  $\text{Mn}^{2+}$  por sua vez, não apresentou boa extensão de remoção em nenhum dos casos, sugerindo a princípio, que o material sem nenhum pré-tratamento seja promissor. Para este caso, foi observado somente 25,85% de remoção, necessitando de maiores investigações referentes as propriedades físico-químicas que

possam favorecer uma melhor interação do  $Mn^{2+}$  com o material.

Os alunos envolvidos puderam executar ao lado do professor uma rota investigativa de otimização. Essa maior proximidade com o professor motivou os alunos a compreender que os resultados provavelmente refletem o reflexo do pH natural do meio ( $\approx 6,0$ ), do qual foram realizados os experimentos, e sendo este uma variável que exerce bastante influência sobre o processo de adsorção, deve ser melhor explorada.

Essa experiência despertou o interesse dos alunos em propagar o trabalho realizado para toda a turma como forma de incentivar a pesquisa experimental em química na licenciatura, com maior viés didático-pedagógico. A discussão permitiu que os alunos compreendessem conceitos de pH, variáveis físico-químicas e o primeiro contato com técnicas instrumentais, preparando e capacitando para disciplinas a serem cursadas em momento posterior do curso de graduação.

Após essa etapa experimental, o aproveitamento e a participação no projeto foram avaliados pela equipe executora. Os relatos de cada aluno envolvido foram transcritos a seguir:

“O objetivo deste projeto despertou-me o interesse principalmente por contextualizar o conteúdo estudado frente a uma problemática real, onde trabalhar com os metais de resíduos laboratoriais necessitou de ações e tecnologias sustentáveis, como a utilização de películas de café que seriam descartadas, ou seja, procuramos dispor de procedimentos e materiais que gerassem impactos menores. Ao decorrer dos experimentos, aprendi métodos de pré-tratamento em meio básico e ácido, conseqüentemente, como o valor de pH do meio altera a forma como o resíduo vai penetrar na amostra. Houveram reuniões semanais com o orientador, onde tirei dúvidas decorrentes dos procedimentos e resultados obtidos por meio do espectrômetro de absorção atômica.”

“O projeto em questão tem me ajudado de diversas formas. Por meio dele, tenho a oportunidade de trabalhar com pessoas que possuem muito conhecimento para ser passado e, todas elas, estão dispostas em compartilhar esse conhecimento comigo. O projeto também me deixa mais confiante para as aulas práticas que faço pois no projeto, eu possuo mais autonomia do que é feito. Tenho a oportunidade de trabalhar e aprender sobre uma série de equipamentos que, normalmente, pelo currículo do curso, eu teria acesso somente daqui a 3 anos de curso. Os aprendizados são diversos e sem sombra de dúvidas, me ajudam muito na vida acadêmica. Além disso, conhecer as pessoas que compõem o laboratório é incrível.”

“O projeto traz vários benefícios ao estudante fazendo com que o conhecimento seja mais amplo. No projeto os objetivos foram alcançados tendo um bom resultado de uma adsorção de metais. Para melhorar o programa acredito que seria necessário que o projeto fosse mais trabalhado individualmente, assim os estudantes teriam mais oportunidades de colocar os seus conhecimentos em prática, tendo também menos distrações e fazendo com que os estudantes possam ser mais independentes. O orientador entende a diferença entres os alunos e ajuda cada um de forma que ele precisa, tem uma boa didática, e sabe motivar um aluno.”

## 4 | CONCLUSÃO

A consultoria realizada pelos alunos aos laboratórios de ensino e pesquisa em Química e a aplicação de procedimentos alternativos para tratamentos de resíduos químicos de aulas práticas foram tomadas neste trabalho como iniciativas de metodologias ativas de ensino, com a finalidade de promover práticas pedagógicas inovadoras.

Nesse contexto, os alunos puderam assumir o papel de protagonista no processo de aprendizagem, fundamentada nos conceitos elencados para o semestre de ingresso ao curso de graduação em Química. O professor atuou como figura de liderança no repasse as instruções, contextualização interdisciplinar e intermediador da execução prática, conduzindo o projeto para obtenção de reforços positivos e capacitação de uma avaliação crítica e motivadora por parte dos alunos.

A implementação de novas metodologias de ensino ainda precisa ser fortalecida a fim de ultrapassar barreiras que delimitam as modalidades de formação. Pretende-se assim que sejam construídas conexões práticas com problemas da realidade e promover a regressão dos números relativos à evasão nos cursos de graduação em Química.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a contribuição significativa do Prof. Dr. Fábio Augusto de Amaral (IQ-UFU) no incentivo e elaboração do projeto contemplado pelo edital PBG/DIREN UFU 02/2019; ao Prof. Dr. Helder Eterno da Silveira (PROEX-UFU) pela disponibilidade de formalização na condução do processo, aos técnicos de laboratório que gentilmente cederam horários para visita e aos alunos do Curso de Química Industrial (ingressantes em 2005/1) e Licenciatura em Química (ingressantes em 2019/1) da Universidade Federal de Uberlândia, que tornaram esse projeto possível.

## REFERÊNCIAS

AMAURO, N. Q.; SOUZA, P. V. T. A Educação Ambiental nas aulas de Química do Ensino Superior: resultados de uma investigação realizada em uma Universidade Pública Brasileira. **X Congresso Internacional sobre Investigación em Didáctica de las Ciencias**, v. 1, p. 3455-3460, 2017.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C. Descontaminação e monitoramento de águas e solos na região amazônica utilizando materiais adsorventes alternativos, visando a remoção de metais pesados tóxicos e pesticidas. **Inclusão Social**, Brasília, v. 6, n. 2, p. 105-113, 2013.

MINISTÉRIO DA SAÚDE – Sistema único de Saúde (SUS)- Humaniza SUS: Política Nacional de Humanização. **A Humanização como Eixo Norteador da Práticas de Atenção e Gestão em Todas as Instâncias do SUS**. [http://bvms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/humanizasisus\\_2004.pdf](http://bvms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/humanizasisus_2004.pdf) (Acesso em 13 de agosto de 2021).

MIRANDA, M. S.; SUAR, R. C.; MARCONDES, M. E. R. Promovendo alfabetização científica por meio de ensino investigativo no ensino médio de química: contribuições para a formação inicial docente.

**Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, n. 3, p. 555-583, 2015.

PANIAGUA, C. E. S. et al. **Comparação da degradação de fármacos em águas superficiais por processos de oxidação avançada**. In: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua (Org.). *Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química 2*. 1ª ed. Ponta Grossa: Editora Atena, 2021, v. 2, p. 184-193.

SILVA, W. R. **Desenvolvimento de procedimento analítico de pré-concentração de Cr(III) em fase sólida empregando ponteiras descartáveis em matrizes aquosas**. 2019. 86 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

## UNIVERSO ATLANTIS JOGO DIGITAL EDUCATIVO PARA O ENSINO DE BIOQUÍMICA

ATLANTIS UNIVERSE DIGITAL EDUCATIONAL GAME FOR BIOCHEMISTRY  
TEACHING

*Data de aceite: 23/08/2021*

**Elisabeth Pizoni**

**Elson Longo**

**RESUMO:** O seguinte trabalho buscará mostrar uma experiência focada na confecção, elaboração e aplicação de um jogo para o ensino de Bioquímica, o qual será testado em alunos do Ensino Médio. O objetivo deste projeto é facilitar o aprendizado da Bioquímica, apontando que os jogos podem colaborar no processo de ensino e aprendizagem, de uma maneira mais atraente, dinâmica e diferenciada, pois os jogos que possuem finalidade didático-pedagógica podem proporcionar além de prazer e divertimento, a construção do aprendizado efetivo, ao conectar vários aspectos do processo de aprendizagem, como cognição, socialização e criatividade, promovendo uma maior integração entre alunos e professores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bioquímica; Jogos Digitais Educativos; Ensino Médio; Cognição.

**ABSTRACT:** The following work will aim to show an experiment focused on the preparation, development and implementation of a game for teaching Biochemistry, this game will be tested in high school students. The goal of this project is to facilitate the learning of Biochemistry, pointing out that the games can collaborate in the process of teaching and learning, in a more attractive, dynamic and differentiated way, because the games which have didactic-pedagogical

purposes can provide not only pleasure but also fun, the construction of effective learning, to connect various aspects of the learning process as cognition, socialization and creativity, among students and teachers.

**KEYWORDS:** Biochemistry; Digital Educational Games; High School; Cognition.

### 1 | INTRODUÇÃO

Segundo Pierre Levy (1933), a escola só transcenderá seus muros, quebrando os velhos paradigmas ao adotar uma prática pedagógica contextualizada e dinâmica. Para isso, o autor ainda argumenta que, com a sociedade do conhecimento, uma mudança de seus paradigmas em que forma um indivíduo lhe dá condições pressupostas de se tornar um colega investigador e pesquisador, alerta para todos, e não um receptor passivo; para isso precisamos encontrar maneiras de facilitar esse processo, para um aprendizado dinâmico e significativo.

Seguindo esse pensamento, Pierrri Levy (1983) argumenta que o jogo é uma forma eficaz de alcançar a cognição, ou seja, para ele, a forma pela qual os indivíduos produzem e organizam o conhecimento, quando anunciado em seus estudos no século passado que o professor deste milênio teria que ser um conhecedor da psicologia e da ecologia cognitiva e compara os elos que existem em um hipertexto com as conexões cognitivas existentes em nossas mentes e defini-los como sendo altamente

semelhante. Devido a todo esse processo de transformação, do nosso mundo, da nossa sociedade e de nossos indivíduos, que devemos nos concentrar em pensativos e muitas vezes generosos sobre nossos alunos e como devemos ensiná-los, porque às vezes não é culpa deles, ou dos maus resultados dos professores; mas uma relação significativa entre eles, e essa integração pode ser facilitada, e através de uma ferramenta certa. Atualmente, professores de todo o mundo estão trabalhando para alcançar essas mudanças. Neste jogo pretendemos participar de um jogo educativo, os parâmetros psicológicos, pedagógicos e cognitivos.

## 2 | METODOLOGIA DO JOGO

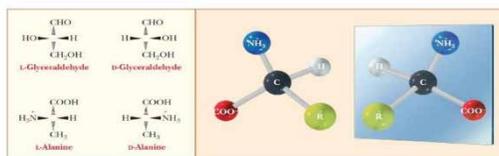
Nossa metodologia foi realizada em partes, que são explicadas por cada passo dado para alcançar nossos objetivos na elaboração do jogo. Para isso, temos o seguinte:

### 2.1 Elaboração de um banco de dados sobre Bioquímica

Foi elaborado um banco de dados que apresenta os conteúdos de Bioquímica que devem ser ensinados no ensino médio e primeiros anos das universidades segundo as diretrizes curriculares do Estado de São Paulo, foi um banco de dados com todos os conteúdos para que o professor tenha opção de usar o conteúdo que ele está ensinando, para praticar o jogo com os alunos. Foi elaborado um Banco de dados contendo moléculas orgânicas, de aminoácidos à enzimas.

Átomo de carbono alfa de todos os aminoácidos (exceto glicina) são centros de quiralidade e apresentam configuração relativa ao L-gliceraldeído

### Parte 1 Aminoácidos e Peptídeos



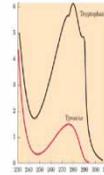
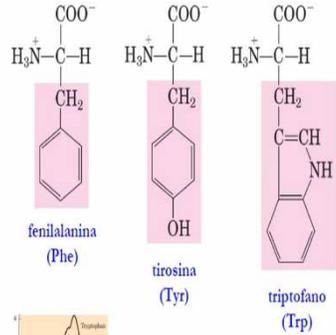
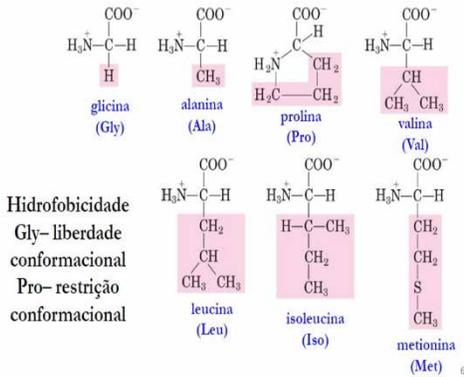
### Classificação Química

- 1) Apenas 20 aminoácidos contribuem para a composição química das proteínas
- 2) De acordo com a polaridade e presença de grupos ionizáveis da cadeia lateral em (R) :
  - A- Apolares e alifáticos: glicina, alanina, prolina, valina, leucina, isoleucina e metionina
  - B- Aromáticos: fenilalanina, tirosina e triptofano
  - C- Polares não-carregados: serina, treonina, cisteína, asparagina e glutamina
  - D- Carregados positivamente (pH = 7): lisina, arginina e histidina
  - E- Carregados negativamente (pH=7): aspartato e glutamato

5

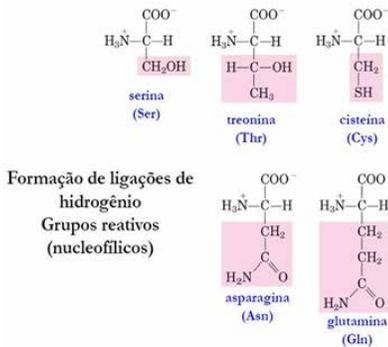
## Aminoácidos Aromáticos

### Aminoácidos Apolares e Alifáticos

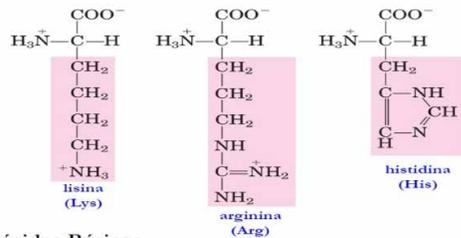


Absorvem luz na região do ultravioleta  
ESPECTROFOTOMETRIA

### Aminoácidos Polares Não-Carregados



### Aminoácidos Carregados Positivamente



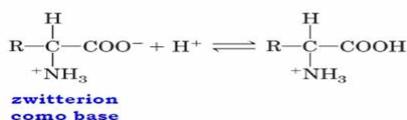
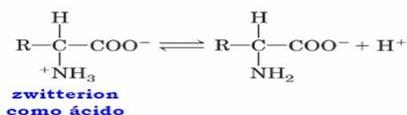
### Aminoácidos Carregados Negativamente



10

## Propriedades Anfotéricas

Todos os aminoácidos alfa podem agir com ácidos e bases em soluções aquosas – são anfóteros (ou anfóteros)

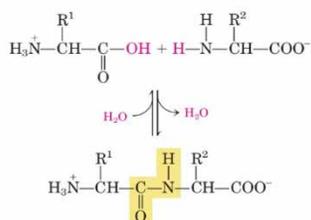


## Valores de Ponto Isoelétrico

AMINOÁCIDO	pK <sub>1</sub> (-CO <sub>2</sub> H)	pK <sub>2</sub> (-NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> )	pI
VALINA (Val) (R apolar)	2,32	9,62	5,97
FENILALANINA (Phe) (R aromático)	1,83	9,13	5,48
GLUTAMINA (Gin) (R polar)	2,17	9,13	5,65
HISTIDINA (Hys) (R positivo)	1,82	9,17	7,59
ASPARTATO (Asp) (R negativo)	1,88	9,60	2,77

## Peptídeos

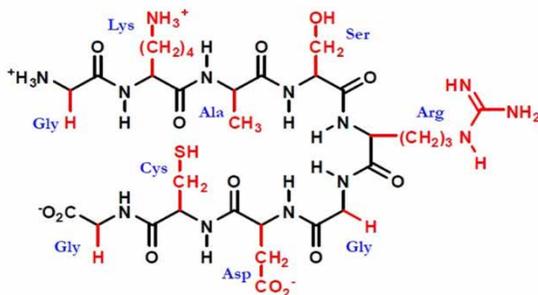
São dois ou mais aminoácidos unidos covalentemente por uma ligação peptídica (ligação amida)



São consideradas polipeptídeos, as cadeias polipeptídicas que apresentarem massa molecular inferiores 10.000 Da (10 kDa)

14

## Cadeias Polipeptídicas



(Aminoterminal)-Gly-Lys-Ala-Ser-Arg-Gly-Asp-Cys-Gly-(Carboxiterminal)

São consideradas polipeptídeos, as cadeias polipeptídicas que apresentarem massa molecular inferiores 10.000 Da (10 kDa ou 10 u).

Polipeptídeos com massas superiores a 10 kDa são consideradas PROTEÍNAS 15

## PARTE 2

## Classificação quanto à Função Biológica

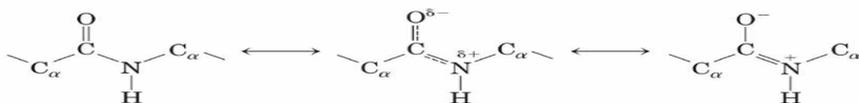
FUNÇÃO	EXEMPLO
ESTRUTURAL	ELASTINA - elasticidade da pele
MOTORA	ACTINA - contração muscular
TRANSPORTADORA	HEMOGLOBINA - transporte de O <sub>2</sub> e CO <sub>2</sub>
HORMONAL	HORMÔNIO DO CRESCIMENTO HUMANO (GH)
PROTETORA	IMUNOGLOBULINAS (anticorpos) - defesa contra microrganismos
REGULATÓRIA	PROTEÍNAS DE REGULAÇÃO DA EXPRESSÃO GENÉTICA
ARMAZENAMENTO	FERRITINA - armazenamento de ferro
CATALÍTICA	ENZIMAS - catalase, DNA polimerase, quimotripsina

## Estrutura Primária

Descreve todas as ligações covalentes que conectam os resíduos de aminoácidos em uma cadeia polipeptídica (ligação peptídica)

### SEQUÊNCIA LINEAR DE RESÍDUOS DE AMINOÁCIDOS

(NH<sub>3</sub><sup>+</sup>)-Gly-Lys-Ala-Ser-Arg-Gly-Asp-Cys-Gly-(CO<sub>2</sub><sup>-</sup>)



apresenta elevado caráter de ligação dupla, conferindo planaridade e rigidez à cadeia polipeptídica

20

## Insulina (51 aminoácidos)

Origem	Cadeia A			Cadeia B
	8	9	10	30
Humana	Thr	Ser	Ile	Thr
Bovina	Ala	Ser	Val	Ala
Suína	Thr	Ser	Ile	Ala
Ovina	Ala	Gly	Val	Ala

## Hemoglobina (574 aminoácidos)

	5	6	7	
Hemoglobina A (normal)	Pro	Glu	Glu	 Hemácia normal
Hemoglobina S (falciforme)	Pro	Val	Glu	

21

### 2.1.1 Tabuleiro

Foi usado desde o jogo anterior apenas o conceito a adotar, porque todo o momento foi refeito. A inspiração do novo Tabuleiro em jogos como Hero Quest, baseado em jogos de fantasia tipo RPG: Role-playing Game (em português: “jogo de”). O Hero Quest é além de um jogo de tabuleiro, um sistema de jogo, onde o mestre do jogo cria os cenários que você quer com os elementos do jogo: o Tabuleiro, móveis e monstros.

A nova Diretoria de Educação Ludo segue a mesma ideia, mas em vez de ter um “mestre do jogo”, o Tabuleiro é criado dinamicamente de acordo com parâmetros simples e elementos definidos pelo professor. Outra mudança em função dos jogos de RPG foi a decisão adotada pela equipe de não usar a violência para representar a progressão no jogo. Assim, batalhas e armas não poderiam fazer parte do Conselho. Então, em vez das masmorras da Busca do Herói, a lenda de Atlântida foi escolhida para representar o tema do Conselho, e vem este o nome deste projeto: Educacional Ludo Atlantis.

Neste universo fictício de Atlântida, a cidade de Atlântida passou por um período de guerras e violência, portanto o “guerreiro”, corrompido pelo poder, foi punido e agora há o “guardião”, o personagem principal controlado pelo jogador, que deve encontrar a sabedoria no escuro. A analogia das trevas para representar a ignorância e a luz para representar o conhecimento é usada por toda a Diretoria, onde apenas o personagem principal é iluminado, enquanto o resto do Tabuleiro permanece no escuro.

O jogo começa com uma curta história:

A escuridão só é perigosa se a luz não voltar. - popular Atlantis dizendo.

Diga aos nossos avôs que Atlântida era o continente mais respeitado do planeta Terra. Tinha muitos recursos naturais e tecnologia 12 avançado. No entanto, infelizmente, o guerreiro que cuidou do continente se corrompido na busca do poder e dos deuses punidos,

escondendo-nos do resto do mundo. Chamamos este dia do colapso.

Depois que o primeiro Guerreiro foi destruído, um Guardiã. Ele armazenava o conhecimento de toda a Atlântida, a fim de cumprir a missão que os deuses nos deram, e assim obter o poder de volta.

A cada 1000 anos de Atlântida, os deuses nascem e despertam os guardiões para começar a criar um novo Guardiã, que nos ajudará a iluminar o continente e armazenar o novo conhecimento.

Após a apresentação desta história, o jogador assume o papel de Guardiã “e começa o jogo já no Tabuleiro, como pode ser visto na Figura 5. Com um dado no canto inferior direito, o jogador clica para descobrir quantas casas podem se mover, escolhendo seu caminho quando possível. Ao longo do Tabuleiro o jogador pode encontrar recompensas e desafios. Todo desafio ganho o jogador recebe prêmios que podem melhorar seu desempenho geral no jogo, fazendo uma variedade de situações.



Fig. 1-Board tela.

- Estátuas: estátuas que realizarão as perguntas de múltipla escolha ao jogador. Eles são um paralelo com a Esfinge na mitologia grega. Para ativar uma estátua, o jogador deve oferecer-lhe uma chave mágica encontrada no próprio Conselho;
- Baú do tesouro: o jogador pode encontrar, em seu caminho, baús de tesouro. Nos seguintes mini baús (atividades motivacionais e entretenimento- Capitulares para o jogador) estão habilitados:

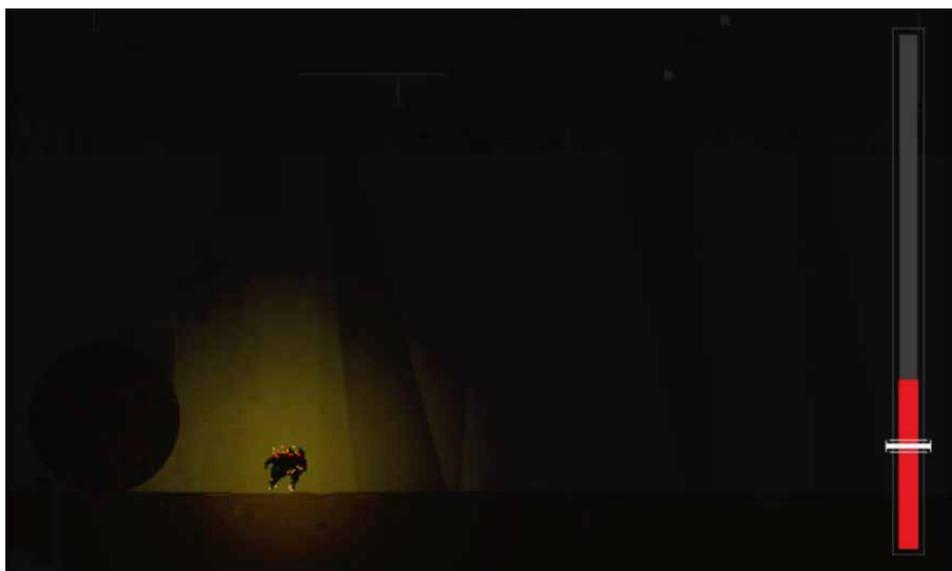
o jogo da memória: este mini-jogo consiste no jogador repetir sequências de gemas que brilham em cores e sons específicos, onde o jogador deve acertar a corda, a cada rodada com um novo item, até que o jogador perca a string. Este mini-jogo está disponível apenas para o personagem que representa sabedoria.

o jogo de plataformas móveis o jogador deve saltar através de várias plataformas. Alguns deles são móveis, outra ruína e caem depois de um certo tempo. Disponível apenas para o personagem que representa a agilidade.

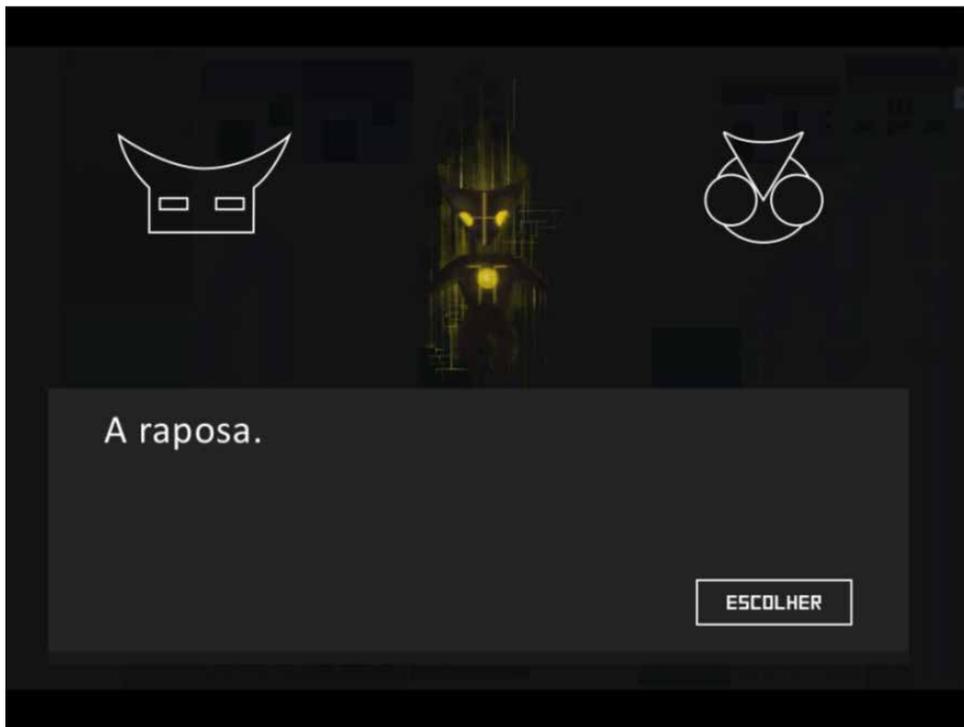
o jogo de blocos: o jogador deve destruir uma série de blocos que aparecerão em seu caminho, como mostrado na Figura 6. O jogador deve pressionar um botão na hora certa. Disponível apenas para o personagem que representa a força.

o Quiz: funciona como o quiz das estátuas, no entanto esta estátua oferece uma recompensa de ouro ou itens.

- Armadilhas: para andar pelo mapa há uma chance do jogador ativar uma armadilha, então a perspectiva de um mini-jogo onde o jogador deve desviar de setas ou espinhos saindo do chão ou rochas que vem rolando em sua direção, dependendo da classe do personagem.



Como se pode ver, algumas atividades dependem da classe de “Keeper”, que é escolhida no início do jogo, de acordo com a Figura 7. Essa escolha tem grande influência na forma como os desafios e podem tanto facilitar, como dificultar o jogo:



Seleção do Guardião.

No entanto, é o personagem que menos pode carregar itens em seu inventário, com tão poucos recursos em uma situação crítica:

a vida: 20;

Inventário: 2 (1);

a unidade: 0;

o equipamento inicial: joia de menor conhecimento.



- Fox: representa agilidade, movimentação ao redor do Tabuleiro com mais facilidade, podendo alcançar metas mais rapidamente, e ter menores chances de cair em armadilhas:
  - a vida: 15;
  - Inventário: 4 (1);
  - a unidade: 1;
  - o equipamento inicial: Ídolo do urso, menor pedra de cura.
- Coruja: representa sabedoria, possuindo um grande número de recursos, você pode ajudar o jogador se bem gerenciado. No entanto, a pequena quantidade de pontos de vida da OWL não permite grandes erros nas escolhas do jogador:
  - a vida: 8;
  - Inventário: 7 (1);
  - a unidade: 0;
  - o equipamento inicial: Ídolo do Gorila, pedra curativa maior.

Os itens que podem ser comprados e utilizados através do inventário (Figura 8), juntamente com seus efeitos, são:

- Amuleto de proteção menor: 1;

- Amuleto de proteção moderada: 2;
- Maior amuleto de proteção: 3;
- Amuleto de proteção superior: 4 Defesa;
- 16• Pedra de cura menor: Recupera X vida6;
- Pedra de cura média: Recupera Y vida6 pontos;
- Maior pedra de cura: Recupera Z vida6 pontos;
- Lynx Idol: Quando usado permite mais casas;
- Bear Idol: Reduz os danos recebidos durante uma luta;
- Gorilla Idol: protege totalmente contra uma única fonte de dano;
- Eagle Idol: Revela todo o mapa para uma virada de movimento;
- Joia do conhecimento menos: Elimina uma alternativa errada;
- Joia do conhecimento moderado: Elimina duas alternativas erradas;
- Joia do conhecimento superior: Elimina três alternativas erradas;
- Joia do caos: Desenha uma nova pergunta.

#### O inventário do jogador

Como indicado acima, ainda há a necessidade de um trabalho futuro realizando uma prática de avaliação do uso do sistema a fim de alcançar um equilíbrio, com as pontuações definidas, itens coletados, penalidades e bônus, e outros elementos que impactam no andamento do jogo como um todo.

#### 2.1.2 Termos usados no sistema web

O sistema web é o portal para acessar e gerenciar o jogo. Tanto os alunos quanto os professores devem acessar o portal para selecionar qual jogo você deseja entrar ou administrar seus alunos. Para isso foram definidos alguns conceitos utilizados em todo o sistema:

- Curso: generalização do conceito de disciplina e ano letivo. Um curso poderia ser definido para “Biologia do quinto ano do ensino fundamental” tanto quanto “Inglês Básico”, assim pode ser usado em mais do que apenas em assuntos escolares. O curso é composto por módulos, como será visto abaixo.

#### 2.1.3 Atributos:

nome: descrição curta do curso;

a imagem: ajuda você a escolher o curso visualmente em vários locais;

a Dificuldade: parâmetro que influenciará diretamente no Tabuleiro, com valores de 0 (zero) a 100 (cem). Um valor zero significa que o aluno pode perder todas as questões e

ainda avançar dos módulos, bem como 100 significa que o aluno não pode perder nenhuma dúvida. Valores intermediários definem o percentual mínimo de determinadas questões para avançar nos módulos, bem como dita a quantidade de desafios e o grau de dificuldade deles. O valor padrão é 70;

o privado: define se os alunos podem participar deste curso sem estar em uma sala com o curso;

as Categorias: escolhidas entre as categorias sistema predefinido, permite encontrar mais facilmente os cursos.

- Módulo: Divisão de cursos correspondentes a um jogo de tabuleiro, ou seja, a cada novo módulo, uma Placa será regenerada. Cada módulo tem um número fixo de problemas. Em seu projeto foi criado para compartilhar os cursos em termos ou trimestres, permitindo a liberação de módulos pelo professor como aluno vai evoluir no curso. Mas esta Divisão não é rígida e fica a critério do professor o que cada módulo representa, permitindo que você adapte o jogo à sua realidade.

Atributos:

nome: descrição curta do módulo.

- Pergunta: unidade básica de cursos e módulos, mapeada em questão de múltipla escolha.

Atributos: 19

a declaração: texto descrevendo a pergunta;

a alternativa: uma lista das alternativas;

a resposta: a alternativa correta Indica;

a imagem: permite ilustrar algum conceito ou fazer perguntas com base em uma imagem ou foto.

- Sala de estar: permite agrupar vários cursos e alunos em um só lugar. As salas foram criadas para modelar um determinado ano de sala de aula, para que o professor possa fornecer uma lista de cursos em uma sala de aula ao mesmo tempo. O acesso a esta sala de aula é restrito e depende do professor divulgar um código gerado pelo sistema.

Atributos:

nome: descrição curta da sala;

o código de acesso: uma sequência de 6 caracteres, gerada automaticamente pelo sistema, que é distribuída aos alunos e permite que eles acessem esta sala de aula.

Além disso, um novo conceito que permite gravar um jogo (registro de recordes de jogos), com todas as decisões e respostas dadas pelo aluno:

- Mova-se: começa quando o usuário entra em um módulo para jogá-lo, de modo que um jogador da Liga para um módulo. As perguntas em cada movimento devem ser únicas, ou seja, cada pergunta só pode ser respondida uma vez.

A qualquer momento, sua pontuação ou nota será dada pelo número de perguntas corretas sobre o número de problemas desse módulo. A jogada termina quando todos os problemas estão esgotados ou quando o jogador deixa o jogo. Para jogar o mesmo módulo novamente, um novo movimento deve ser feito.

Atributos:

a Nota: 0 a 10 valor que define o progresso do aluno no módulo;

20

a classificação permite que as pontuações do jogo, além da nota (itens, desafios, etc.), podem aumentar a pontuação sem que novas perguntas sejam respondidas).

O movimento, embora transparente para o jogador, é o que permite acompanhar o progresso de cada aluno em um módulo, curso ou sala.

### *2.1.4 Descrição das atividades realizadas*

O desenvolvimento do projeto começou com a criação de um documento GDD7, com ideias e conceitos de toda a equipe, e que impulsionou grande parte do desenvolvimento desse projeto. Na seção 3.1 foi delineada grande parte dos principais conceitos apresentados no GDD. Nesta função será apresentada aqui apenas uma descrição geral do conteúdo do mesmo, além disso, este documento é o portal de propriedade Ludo, e assim a Educação nem todos os detalhes do projeto estão disponíveis em um público em geral.

DRM 7: Documento de Design de Jogo ou Documento de Design de Jogo Desenvolvido em conjunto com os membros da equipe, incluindo as experiências e resultados, Interface

A construção da interface do sistema web começou logo após a definição dos conceitos mais importantes do sistema web. Seu design começou com a criação de protótipos não funcionais criado em um site especializado. Isso permitiu que o design fosse melhorado iterativamente pelo autor desta monografia e profissional especializado na equipe de designers. Este primeiro passo foi realizado utilizando-se a estrutura CSS chamada Bootstrap, utilizada em todo o portal.

Na implementação dos protótipos, eles foram importados da forma como eram, com exemplo de dados estáticos e gradualmente, à medida que a lógica era implementada, os dados foram substituídos por dados dinâmicos do banco de dados. Isso permitiu uma visão geral do sistema desde o início e ver possíveis problemas desde o início do desenvolvimento do projeto.

O primeiro protótipo de tela desenvolvido para o sistema foi a interface web inicial, onde na mesma página haveria uma seção para o aluno e uma para o professor, onde com o tempo ficou claro que as informações poluiriam muito tecido e deveriam ser divididas em páginas separadas.

Ao mesmo tempo, a decisão de tornar as informações rapidamente acessíveis, sem precisar de muitos cliques para chegar a diferentes seções do site foi uma decisão

tomada logo no início, e que trouxe algumas boas recompensas, trazendo boa usabilidade ao sistema. Foi utilizado o sistema AJAX10, no qual a maioria das ações não requer o carregamento de outra página, sendo feito a partir do diálogo Windows na própria página. Um exemplo disso pode ser visto ao editar um curso. juntamente com o desenvolvimento computacional foram desenvolvidas conteúdos de Bioquímica e perguntas relacionadas ao mesmos.

Este conteúdos foram elaborados para os conteúdos do ensino médio até os primeiros anos de universidade Com perguntas encaixadas no jogo, e programadas para prêmios para certas e mais persistência e manejo do jogo para as não corretas. Estes conteúdos vão de aminoácidos até grandes cadeias de polímeros, proteínas.

### 2.1.5 Conclusão

Nosso objetivo neste artigo foi mostrar e Jogo Educativo chamado Universo Atlantis e sua metodologia, como uma nova forma de ensinar Bioquímica, com o objetivo de apresentar uma nova ferramenta pedagógica para melhorar o ensino desta disciplina não só no Ensino Médio, mas também nas Universidades.

## REFERÊNCIAS

Princípios de Bioquímica de Lehninger Capa dura – 29 novembro 2018

Edição Português por David L. Nelson (Autor), Michael M. Cox (Autor), Carla Dalmaz (Tradutor), & 2 mais 4,

Bioquímica Ilustrada Capa comum – Ilustrado, 17 setembro 2018

Edição Português por Denise R. Ferrier (Autor), Carla Dalmaz Maria Elisa Calcagnotto.

Bioquímica para Iniciantes eBook Kindle por Rafael Longhi (Autor) Formato: eBook KinDLE

AGUILERA, M. D. E. e MÉNDIZ, A. Video Games and Education (Educação em Face de uma “ Escola Paralela “). v. 1, n. 1, p. 1-14, 2003.

ARANDA, D. e SANCHEZ-NAVARRO, J. Entendendo o uso de videogames em educação não formal em Barcelona. Conferência Internacional sobre Avanços em Tecnologia de Entretenimento computacional de 2008, p. 385-388, 2008.

BERGERVOET, E. et al. Let the Game Do the Talking: The Influence of Explicitness and Game Behavior on Comhension in a Educational Computer Game. Conferência Internacional sobre Cyberworlds de 2011, p. 120-127, doi:10.1109/CW.2011.30, 2011.

CASTELLS, Manoel. A Sociedade Em Rede. São Paulo: Paz e Terra, 1999

FRANZWA, C. et al. Serious Game Design : Motivando os alunos através de um Equilíbrio de Diversão e Aprendizagem. 2013.

LEVY, Pierre, O Hipertexto, Editora moderna, 1993

MCCLARTY, K.L.;; FREY, P.M. e DOLAN, R.P. Uma Revisão de Literatura de Jogos em Pesquisa educacional. n. Junho de 2012.

## NOVO INDICADOR NATURAL ÁCIDO-BASE PARA O ENSINO DE QUÍMICA A PARTIR DA EUPHORBIA LEUCOCEPHALA LOTSY

Data de aceite: 23/08/2021

Data de submissão: 25/05/2021

### Rothchild Sousa de Moraes Carvalho Filho

Mestrando em Química - Universidade  
Estadual do Piauí – UESPI  
Teresina - PI  
<http://lattes.cnpq.br/9786031107457486>

### João Clécio Alves Pereira

Mestre em Química - Instituto de Química de  
São Carlos – USP  
São Carlos – SP  
<http://lattes.cnpq.br/6610729194632127>

**RESUMO:** Os indicadores naturais são substâncias ricas em antocianinas, estas substâncias apresentam coloração diferente dependendo do meio que estejam inseridas. O objetivo desse estudo foi avaliar a eficácia do extrato aquoso dos galhos da *Euphorbia leucocephala* Lotsy como novo indicador natural ácido-base. Os resultados obtidos demonstraram que o extrato dos galhos da *E. leucocephala* é um excelente indicador natural ácido-base devido à sua capacidade de variação de coloração em função do pH, pode ser utilizado como novo indicador natural e ser um novo complemento didático para o ensino de ácido-base, de fácil acesso e baixo custo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indicador natural ácido-base; *Euphorbia leucocephala* Lotsy; Ensino de Química, Antocianinas.

### NEW NATURAL ACID-BASIC INDICATOR FOR TEACHING CHEMISTRY FROM EUPHORBIA LEUCOCEPHALA LOTSY

**ABSTRACT:** The natural indicators are substances rich in anthocyanins, these substances have different coloring depending on the medium they are inserted. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of the aqueous extract of the branches of *Euphorbia leucocephala* Lotsy as a new natural acid-base indicator. The results obtained showed that the extract of the branches of *E. leucocephala* is an excellent natural acid-base indicator due to its ability to vary color depending on the pH, can be used as a new natural indicator and be a new didactic complement for teaching acid-base, easy to access and low cost.

**KEYWORDS:** Natural acid-base indicator; *Euphorbia leucocephala* Lotsy; Chemistry teaching, Anthocyanins.

### INTRODUÇÃO

A busca por estratégias de ensino que permitam um aprendizado significativo reflete a inquietude dos profissionais da educação. No ensino de Química, as aulas práticas vêm se tornando uma modalidade alternativa à aula tradicional. Atualmente, o ensino das Ciências Naturais segue diferentes tendências como o ensino a partir da história das ciências, do cotidiano e da experimentação. Esta última vertente é de fundamental importância no âmbito do ensino de Química, pois em alguns

conteúdos a teoria desvinculada da prática pode perder o sentido da construção científica, reforçando que o conhecimento científico se faz a partir da relação lógica entre prática e teoria (MATOS et al., 2015).

A prática contextualizada é um mecanismo que oferece sentido à ciência ampliando as possibilidades de influência mútua e coopera significativamente para minimizar a divisão entre teoria e prática.

O ensino de forma apenas tradicional, com resolução de atividades recomendadas pelos professores, antepara que os estudantes aproveitem os conhecimentos obtidos em sala de aula somente e, também, de relacionar com o que acontece ao seu redor (DIAS, GUIMARÃES e MERÇON, 2003). No ensino de Química as atividades experimentais proporcionam ao discente uma concepção de como esse conhecimento se forma e se desenvolve, observando as mudanças que ocorre em cada experimento.

A utilização de experimentos é de suma importância, e a disciplina de Química é uma ciência experimental, de verificação científica, articulada a suposições teóricas, e de tal modo o conceito da concretização de experimentos é defendida como ampla tática didática para o ensino e aprendizagem dos estudantes. Conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN's para o Ensino Médio, a metodologia de experimentação pode ser entendida como um direito do aluno, pois, ocasiona debates sobre determinados tópicos que se tornam aparentes (PENAFORTE e SANTOS, 2014).

Considerando que a utilização de itens presentes no cotidiano dos alunos é reconhecidamente uma estratégia adequada para transmissão e fixação de conceitos envolvidos no ensino médio e que estas estratégias são priorizadas no texto da Lei das Diretrizes e Bases da Educação (LDB) (COUTO et al., 1998). Neste contexto a proposta da utilização de corantes contidos em pétalas de flores no ensino do conceito de indicadores ácido-base, apresentados como substâncias capazes de demonstrar ao experimentador, a condição de acidez do meio no qual estão inseridos. Esta demonstração pode ser feita com base na mudança de coloração observada pela adição do extrato bruto das pétalas em meio ácido ou básico (COUTO et al., 1998; RAMOS et al., 2000).

A utilização dos extratos naturais indicadores de pH pode ser explorada didaticamente, desde a etapa de obtenção até a caracterização visual das diferentes formas coloridas que aparecem em função das mudanças de pH do meio (SOARES; SILVA; CAVALHEIRO, 2001). Podendo ser elaboradas atividades experimentais para o ensino de Química no nível médio, visando a abordagem de temas envolvendo processos de separação de misturas e conceitos relacionados a equilíbrio químico e indicadores de pH (KANDA et al., 1995; TERCI; ROSSI, 2002).

A interdisciplinaridade está contida neste caso desde os procedimentos de extração até a explicação da mudança de cor, envolvendo conceitos e procedimentos da química analítica, da química orgânica, de produtos naturais e físico-química, além dos conhecimentos botânicos das espécies envolvidas, oferecem através destes aspectos

grande quantidade de detalhes e informações aos alunos em diferentes estágios da aprendizagem (COUTO et al., 1998). Além disto o baixo custo dos experimentos propicia sua utilização em qualquer escola.

Incrementando a sofisticação e o grau de complexidade conceitual, a proposta pode ser adaptada e tornar-se adequada para o desenvolvimento de atividades didáticas. As perspectivas de trabalho pedagógico que podem ser desenvolvidas com a utilização dos extratos naturais em atividades didáticas representam uma importante ferramenta para fortalecer a articulação da teoria com a prática. Isto é bastante desejável por favorecer o sucesso do processo de ensino/aprendizagem, o que nem sempre é tarefa trivial, principalmente quando o tema é a Química (TERCI; ROSSI, 2002).

A utilização de indicadores naturais de pH é uma prática bastante antiga que foi introduzida no século XVII por Robert Boyle que, ao preparar um licor de violeta, observou a mudança de coloração para vermelho em solução ácida e verde em solução básica. Com base em seus resultados, Boyle definiu ácido como qualquer substância que torna vermelho e as bases como substância que torna verde os extratos das plantas (TERCI; ROSSI, 2002). Os indicadores naturais são soluções fracas; ou seja, apresentam um valor de pH próximo ao pH neutro, adicionados a uma determinada solução, eles ligam-se a íons  $H^+$  ou  $OH^-$ .

A ligação que ocorre com estes íons provoca uma mudança na configuração eletrônica destes extratos, tal alteração deve ser um dos principais motivos responsáveis pela variação de coloração presente no meio (LIMA, 2013). O valor de pH é o fator de maior influência na variação de coloração apresentado pelas antocianinas, visto que, em função de sua acidez ou basicidade, estas podem apresentar diferentes estruturas (LEE; DURST; WROLSTAD, 2005).

Os extratos naturais ácido-base (indicadores de pH) apresentam em sua composição pigmentos chamados de antocianinas. As antocianinas pertencem ao grupo dos flavonóides (LÓPEZ et al, 2000). Os flavonóides são pigmentos naturais, que constituem um grupo de compostos polifenólicos de ampla distribuição no reino vegetal (DREOSTI, 2000).

O termo flavonóides vem do latim (“flavus” = amarelo e “oide” = forma). São encontrados em diversas partes como: frutas, folhas, sementes, flores, cascas de árvores, raízes e talos (COOK; SAMMAN, 1996.; DI CARLO et al, 1999.; HARBONE; WILLIAM, 2000.; MUSCHIETTI; MARTINO, 2007).

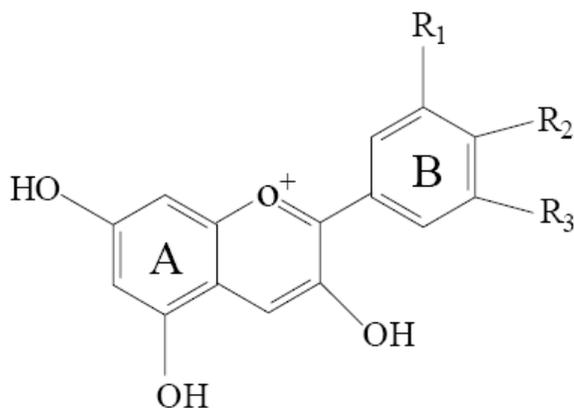
Foram descobertos em 1930 por Szent-Gyöngy ganhador do prêmio Nobel, através da extração citrína da casca do limão, apresentando a capacidade de regulação da permeabilidade dos capilares. (MARTINEZ-FLORES et al., 2002). Apresentam em sua estrutura química a presença de um esqueleto constituído de 15 átomos de carbono na forma C6-C3-C6 distribuídos em anéis aromáticos, formando um heterociclo oxigenado, (MARÇO et al.,2008). Este grupo, pode ser dividido em classes baseado na sua estrutura molecular (MARTINEZ-FLÓREZ et al., 2002; NIJVELDT et al., 2001). Conforme o estado

de oxidação da cadeia heterocíclica do pirano, os flavonoides podem ser apresentados em diferentes classes: antocianinas, flavonóis, flavonas, isoflavonas, flavononas e flavonas (CHEYNIER, 2005).

A palavra antocianina é de origem grega (anthos, uma flor, e kyanos, azul escuro). Depois da clorofila, as antocianinas são o grupo mais importante de pigmentos de origem vegetal (HARBORNE; GRAYER, 1988). Esta substância, compõem o maior grupo de pigmentos solúveis em meio aquoso do reino vegetal e são encontradas em maior quantidade nos grupos dos vegetais angiospermas (BRIDLE; TIMBERLAKE, 1997).

As antocianinas são pertencentes ao grupo dos flavonóides amplamente distribuídos na natureza e são responsáveis pela maioria das cores azul, violeta e todas as tonalidades de vermelho, presentes em flores e frutos (CURTRIGHT; RYNEARSON; MARKWELL, 1996). Esse pigmento é solúvel em meio aquoso e em meio alcoólico, sua extração pode ser obtida por dois métodos: o método de decocção e infusão (ABE et al, 2007).

Vários indicadores naturais ácido-base extraídos de partes das plantas, já foram relatados na literatura como indicadores de pH, dentre os quais o mais destacado é o extrato do repolho roxo (SOARES; SILVA; CAVALHEIRO, 2001). Esta mudança de cor dos extratos obtidos de plantas pode estar relacionada, dentre outras, à presença de antocianinas que apresentam coloração A estrutura básica das antocianinas (Figura 1) é baseada em uma estrutura policíclica de quinze carbonos (LÓPEZ et al, 2000). Os diferentes substituintes R1, R2 e R3, caracterizam os diferentes tipos de antocianinas.



Antocianinas	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
Cianidina	OH	OH	–
Peonidina	OCH <sub>3</sub>	OH	–
Delfinidina	OH	OH	OH
Malvinidina	OCH <sub>3</sub>	OH	OCH <sub>3</sub>
Petunidina	OCH <sub>3</sub>	OH	OH

Figura 1: Estruturas das antocianinas e os diferentes substituintes R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> e R<sub>3</sub>.

Fonte: (LÓPEZ et al, 2000).

Logo, o objetivo desse estudo foi avaliar a eficácia do extrato aquoso da *Euphorbia leucocephala* Lotsy, como novo indicador natural ácido-base, oferecendo uma alternativa simples e de baixo custo para ensino de Química.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras dos galhos da *E. leucocephala* Losty, foram coletados no jardim de uma residência localizada no centro de Piracuruca-PI em dezembro de 2020. As folhas foram separadas dos galhos de forma mecânica, lavadas em água corrente e pesadas (100g). Os galhos foram tratados com 100 mL de água destilada por maceração e decocção durante 15 minutos para obter-se um extrato aquoso. Após esse evento o material resultante foi filtrado. O extrato foi armazenado em um recipiente previamente esterilizado e posteriormente acondicionado em geladeira (Figura 2).

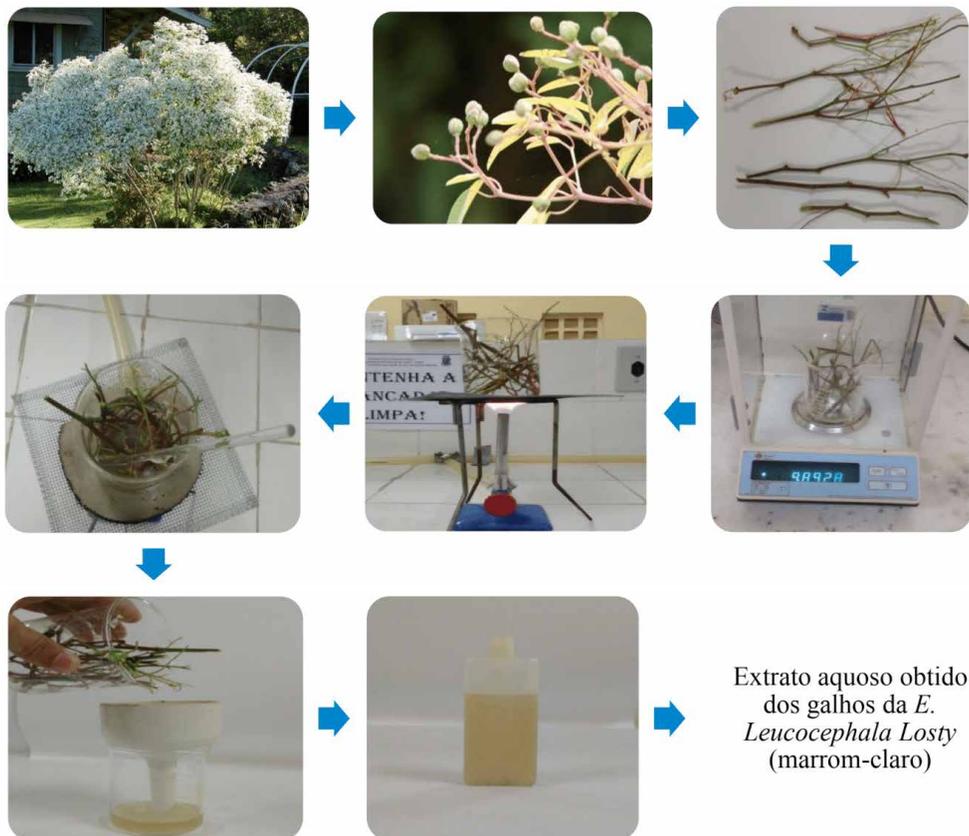


Figura 2: Procedimento de obtenção do extrato.

Após o preparo do extrato, avaliou-se a eficácia desse material como proposta de um indicador ácido-base utilizando soluções de ácido clorídrico, ácido acético, vinagre, bicarbonato de sódio, sabão em pó e hidróxido de sódio – todas a 5% em solução com variações de pH: 1, 3, 4, 8, 10 e 14 respectivamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Descrição da Planta

O vegetal popularmente conhecido como véu de noiva, cabeleira de velho, cabeleireiro de velho, cabeça de velho, neve da montanha, flor de criança, cabeça branca, leiteiro, é uma planta que pertence à família Euphorbiaceae denominada cientificamente de *Euphorbia leucocephala* Lotsy (Figura 3). Apresenta-se como arbusto de textura semi-herbácea, leitoso, de 2-3 m de altura, de caule marrom-claro, muito ramificado, de copa globosa, folhas elípticas e decíduas no inverno. As flores são brancas, muito numerosas e vistosas, reunidas em inflorescências densas. Se formam durante o outono, prolongando-

se até o inverno. Aprecia temperaturas amenas florescendo melhor em regiões altas (SILVA; LEMOS, 2002).



Figura 3: *Euphorbia leucocephala* Lotsy. Levantamento de campo, 2020.

Fonte: Própria, 2020.

### Uso como indicador

O extrato aquoso obtido dos galhos da *E. Leucocephala* Losty, apresentou uma coloração marrom-claro. O extrato aquoso exibiu colorações extremas variando desde o rosa, lilás, lilás claro, verde claro, verde escuro e verde amarelado em função do pH das soluções, o que pode ser acompanhado na Figura 4.

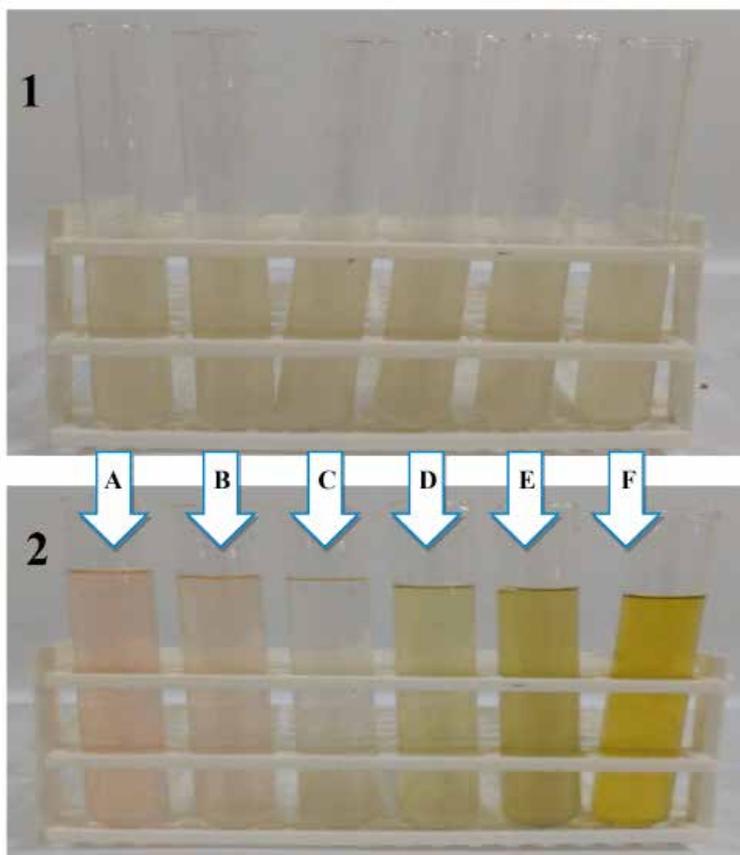


Figura 4: 1 – Coloração inicial das soluções a 5%. Diferença de coloração em função do pH [2 – Coloração final das soluções a 5% mais o extrato aquoso: (A) Ácido Clorídrico, (B) Ácido Acético, (C) Vinagre, (D) Bicarbonato de Sódio, (E) Sabão em Pó e (F) Hidróxido de Sódio].

Verificou-se (Figura 4) que as tonalidades finais das soluções a 5% mais o extrato aquoso apresentaram características semelhantes; pois ambas as soluções ácidas apresentaram colorações próximas da cor rosa e as bases apresentaram colorações bem próximas do amarelo.

A variação de coloração apresentada na Figura 3, em cada meio, pode ser melhor visualizada na Tabela 1.

	Soluções a 5% em solução	pH	Coloração inicial das soluções a 5%	Coloração final das soluções a 5% mais o extrato aquoso
A	Ácido Clorídrico	1	Incolor	Rosa
B	Ácido Acético	3	Incolor	Lilás
C	Vinagre	4	Incolor	Lilás claro
D	Bicarbonato de Sódio	8	Incolor	Verde Claro
E	Sabão em Pó	10	Incolor	Verde Escuro
F	Hidróxido de Sódio	14	Incolor	Verde Amarelado

Tabela 1 – Cores apresentadas pelas soluções em contato com o extrato aquoso em função do pH.

Observa-se na Tabela 1 que o extrato dos galhos de *E. leucocephala* Lotsy demonstrou-se como excelente indicador natural ácido-base devido à sua capacidade de variação de coloração em função do pH das soluções estudadas, comprovando a eficácia desse indicador em soluções laboratoriais e também em soluções comerciais.

Nas antocianinas, em geral, à medida que o pH varia (maior ou menor acidez), elas mudam de cor pelo acréscimo do OH<sup>-</sup> no carbono 2 (Figura 5) (SOARES; SILVA; CAVALHEIRO, 2001).

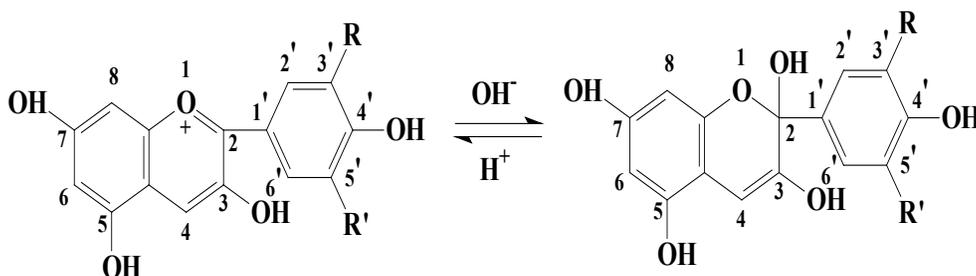


Figura 5: As antocianinas têm cores diferentes a pH mais ácido (à esquerda) ou mais básico (à direita).

As mudanças estruturais que ocorrem com a variação do pH são responsáveis pelo aparecimento das espécies com colorações diferentes, incluindo o amarelo em meio fortemente alcalino, podem ser explicadas pelo esquema das principais transformações ilustradas na Figura 6 (TERCI; ROSSI, 2002).

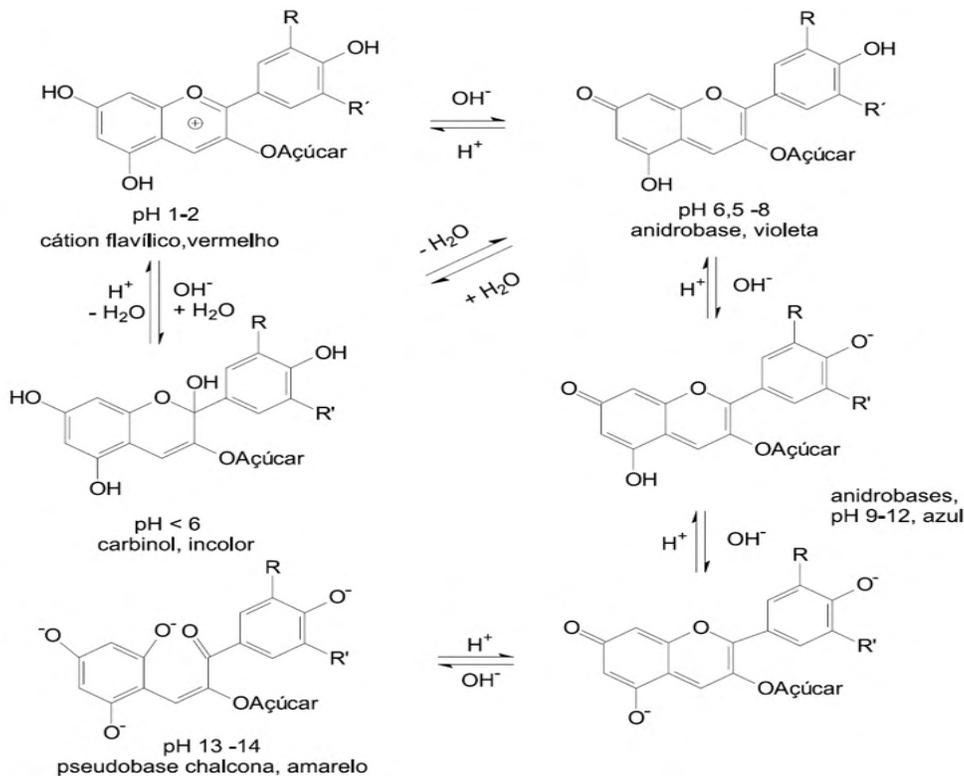


Figura 6: Possíveis mudanças estruturais das antocianinas em meio aquoso em função do pH (TERCI; ROSSI, 2002).

A propriedade das antocianinas apresentarem cores diferentes, dependendo do pH do meio em que elas se encontram, faz com que estes pigmentos possam ser utilizados como indicadores naturais de pH (MEBANE; RYBOLT, 1985). As variações estruturais e de coloração presentes na figura 6, são decorrência da variação de pH das soluções em contato com o indicador.

Os resultados obtidos indicam que extrato aquoso obtido dos galhos da *E. leucocephala* Losty utilizado neste trabalho pode ser usado para medidas de pH em meio aquoso, devido sua excelente variação estrutural (tonalidade) em função do pH, podendo ser um excelente complemento didático para as aulas experimentais de ácido-base, no ensino de Química.

## CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que o extrato aquoso dos galhos da *E. leucocephala* Lotsy apresentou significativa variação de coloração em função do pH, podendo ser utilizado como novo indicador natural ácido-base, de fácil acesso, baixo custo e eficiente com materiais do cotidiano, o que torna o presente indicador mais

relevante em relação aos indicadores presentes na literatura. O novo indicador, pode servir para facilitar a relação entre teoria-prática no ensino de ciências, vindo a ser um novo complemento didático para o estudo de ácido-base e conteúdos relacionados, devido a sua simplicidade da parte experimental, pois todo o procedimento pode ser realizado em uma cozinha, tornando uma proposta viável na Educação Básica.

## REFERÊNCIAS

ABE, L. T.; DA MOTA, R. V.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinifera* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2007.

BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C.F. Anthocyanins as natural food colours – selected aspects. **Food Chemistry**, v.58, n.1-2, p.103-109, 1997.

CHEYNIER, V. Polyphenols in foods are more complex than often thought. **Am J Clin Nutr** 2005; 81(1 Suppl): 223S-9S.

COOK, N. C.; SAMMAN, S. Review article: Flavonoids-Chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. **J. Nutr. Biochem.**, v. 7, p. 66-76, 1996.

COUTO, A. B.; RAMOS, L. A.; CAVALHEIRO, E. T. G. Aplicação de pigmentos de flores no ensino de química. **Quím. Nova**, v. 21, n.2, p.221-227, 1998

CURTRIGHT, R.; RYNEARSON, J. A.; MARKWELL, J. Anthocyanins Model compounds for learning about more than pH. **J. Chem. Educ.**, v.73, n. 4, p.306-309, 1996.

DI CARLO, G.; MASCOLO, N.; IZZO, A. A.; CAPASSO, F. Review article: Flavonoids old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs. **Life Sci.**, v. 65, n. 4, p. 337-353, 1999

DIAS, M. V. D.; GUIMARÃES, P. I. C.; MERÇON, F. Corantes Naturais: Extração e as Emprego como Indicadores de pH. **Quím. Nova**, 17, (2003), 27-31.

. DREOSTI, I. E. Antioxidant polyphenols in tea, cocoa, and wine. **Nutrition**. n. 692, p. 7-8, 2000.

HARBORNE, J. B.; GRAYER, R.J. The anthocyanins. In: *The flavonoids: advances in research since 1980*. **Chapman & Hall**, London, 1988, p. 1-20.

HARBONE, J. B.; WILLIAMS, C. A. Review: Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v. 55, p. 481-504, 2000.

KANDA, N.; ASANO, T.; ITOH, T.; ONODA, M. Preparing “chameleon balls” from natural plants: simple handmade ph indicator and teaching material for chemical equilibrium. **J. Chem. Educ.**, v.72, n.12, p. 1131.

LEE, D. W.; COLLINS, T. M. Phylogenetic and ontogenetic influences on the distribution of Anthocyanins and betacyanins in leaves of tropical plants. **Int. J. Plant Sci.** v.162, n. 5, p. 1141-1153, 2001.

LEE, J.; DURST, R. W.; WROLSTAD, R. E. *Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study.* **Journal AOAC International**, v. 88, n. 5, p. 1269-1278, 2005.

LIMA, R. **Escala de pH e indicadores ácido-base naturais.** Disponível em: <<http://www.pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/escala-de-ph-e-indicadores-acido-base-naturais/1148>> Acesso em: 13 dez 2020.

LÓPEZ O.P.; JIMÉNEZ A.R.; VARGAS F.D. et al. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains – characteristics, biosynthesis, processing, and stability, **Critical Reviews Food Science Nutrition**, v.40, n.3, p.173-289, 2000.

MARÇO, P. H.; POPPI, R. J.; SCARMINIO, I. S. Procedimentos analíticos para identificação de antocianinas presentes em extratos naturais. **Química Nova**. v. 31, nº. 5, 1218-1223, 2008.

MARTINEZ-FLÓREZ, S.; GONZÁLEZ-GALLEGO, J.; CULEBRAS, J. M.; TUÑÓN, M. J. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. **Nutr. Hosp.**, v. 17, n. 6, p. 271-278, 2002.

MATOS, G. M. A.; MAKNAMARA, M.; MATOS, E. C. A.; PRATA, A. P. Recursos didáticos para o ensino de botânica: uma avaliação das produções de estudantes em universidade sergipana. **Holos**, v. 5, p. 213-230, 2015

MEBANE, R. C.; RYBOLT, T. R.; J. **Chem. Educ.** 1985, 62, 285.

MUSCHIETTI, L.V.; MARTINO, V.S. Atividades biológicas dos flavonóides naturais. In: YUNES, R.A.; CECHINEL FILHO, V. **Química de produtos naturais, novos fármacos e a moderna farmacognosia.** Itajaí: Univali, 2007. p. 183-207.

NIJVELDT, R. J.; VAN, N. H.; BOELEN, P. G, VAN, N. K.; VAN, L. P. A. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. **Am J Clin Nutr** 2001;74(4):418- 25.

PENAFORTE, G. S.; SANTOS V. S. dos. O ensino de química por meio de atividades experimentais: aplicação de um novo indicador natural de pH como alternativa no processo de construção do conhecimento no ensino de ácidos e bases. **Revista EDUCAmazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente**, v. 8, n. 2, p. 8-21, 2014.

RAMOS, L. A.; LUPETTI, K. O.; CAVALHEIRO, E. T. G.; FATIBELLO-FILHO, O. Utilização do extrato bruto de frutos de *Solanum nigrum* L. no ensino de química. **Eclét. Quím.** v. 25. p.1-7, 2000.

SILVA, D. B.; LEMOS, B. S. **Plantas de área verde da Super Quadra Norte** 416, Brasília, DF. Embrapa, Brasília, Brasil, p. 147, 2002. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/184370/1/liv003.pdf>>. Acesso em 10 out 2020.

SOARES, M. H. F. B.; SILVA, M. V. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. Aplicação de corantes naturais no ensino médio. **Eclét. Quím.** 26. (2001), 98 -103.

TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V. Indicadores naturais de pH: usar papel ou solução?. **Quim. Nova**, 25, 4 (2002), 684-688.

## ESTUDO DA ESTABILIDADE TÉRMICA DE CORANTES NATURAIS COMO NOVOS INDICADORES ÁCIDO-BASE PARA O ENSINO DE QUÍMICA

*Data de aceite:* 23/08/2021

*Data de submissão:* 27/05/2021

### **Rothchild Sousa de Moraes Carvalho Filho**

Mestrando em Química – Universidade  
Estadual do Piauí - UESPI  
Teresina - PI  
<http://lattes.cnpq.br/9786031107457486>

### **João Clécio Alves Pereira**

Mestre em Química – Instituto de Química de  
São Carlos – USP  
São Carlos – SP  
<http://lattes.cnpq.br/6610729194632127>

**RESUMO:** Os indicadores naturais ácido-base são corantes extraídos de plantas. Esses corantes são ricos em antocianinas, substância responsável pela variação de coloração em função do pH. As antocianinas são pertencentes ao grupo dos flavonóides fenólicos. Esta substância compõem o maior grupo de pigmentos solúveis em meio aquoso do reino vegetal e são encontrado em maior quantidade nos grupos das angiospermas. A estabilidade dos extratos naturais depende de dois fatores: temperatura e tempo de armazenamento. Neste contexto, o presente trabalho avaliou a estabilidade térmica do extrato da allamanda (*Allamanda cathartica* L.) e do cróton (*Codiaeum variegatum* (L.) A. Juss), em temperatura de 0 °C e 25 °C, no período de 5, 10 e 30 dias. Observou-se que os extratos 1 e 2 (allamanda e cróton) apresentaram excelente estabilidade térmica, em comparação com os já

presentes na literatura, sendo uma alternativa de fácil aquisição e baixo custo para serem usados no ensino de Química.

**PALAVRAS-CHAVE:** Estabilidade Térmica; Indicador Natural Ácido-Base; Antocianinas; Ensino de Química.

### STUDY OF THERMAL STABILITY OF NATURAL DYES AS NEW BASIC ACID INDICATORS FOR TEACHING CHEMISTRY

**ABSTRACT:** Natural acid-base indicators are dyes extracted from plants. These dyes are rich in anthocyanins, the substance responsible for the color variation as a function of pH. Anthocyanins belong to the group of phenolic flavonoids. This substance makes up the largest group of water-soluble pigments in the plant kingdom and is found in greater quantities in the groups of angiosperms. The stability of natural extracts depends on two factors: temperature and storage time. In this context, the present work evaluated the thermal stability of the extract of allamanda (*Allamanda cathartica* L.) and of the croton (*Codiaeum variegatum* (L.) A. Juss), at a temperature of 0 °C and 25 °C, in the period of 5, 10 and 30 days. It was observed that extracts 1 and 2 (allamanda and croton) showed excellent thermal stability, in comparison with those already present in the literature, being an alternative of easy acquisition and low cost to be used in the teaching of Chemistry.

**KEYWORDS:** Thermal stability; Natural Acid-Base Indicator; Anthocyanins; Chemistry teaching.

## INTRODUÇÃO

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN) (Brasil, 2002), os conteúdos de Química não devem se resumir à mera transmissão de informações que não apresentam qualquer relação com o cotidiano do aluno, seus interesses e suas vivências. Um mecanismo promissor para o ensino da Química é a interligação entre teoria/prática, a partir da participação dos estudantes em aulas experimentais, propiciando a eles a compreensão prática das alterações químicas.

Perante da discussão fundamental de que a técnica de ensinar tem como objetivo alcançar o andamento do conhecimento de ensino, cabe aos professores, o compromisso para execução de tarefas pedagógicas que estimulem e incentive o interesse dos estudantes para aprendizagem da Química (ROSENAU; FIALHO, 2008, p. 22).

A prática contextualizada é um mecanismo que oferece sentido à ciência ampliando as possibilidades de influência mútua e coopera significativamente para minimizar a divisão entre teoria e prática. Quanto mais unificar a teoria e a prática, mais forte se torna a aprendizagem de Química. Porque ela realiza sua verídica missão interna do aprendizado, ajudando para a criação do entendimento químico, não de formato claro, mais oblíquo. Ou seja, não só trabalha a Química na execução da sua sequência de conteúdo, mais interage o conteúdo com o mundo vivencial dos estudantes de forma diversificada, associada à experimentação do dia a dia (RUSSEL, 1994).

Segundo Vygotsky (1989), as aulas práticas estimulam a curiosidade, a iniciativa e a autoconfiança; aprimoram o crescimento de capacidade linguísticas, intelectual e de reunir e prática interações sociais e trabalho em equipe. Do ponto de vista do professor, essas atividades permitem identificar erros de aprendizagem e atitudes e dificuldades dos alunos.

Algumas investigações têm destacado a qualidade da experimentação para o procedimento de ensino aprendizagem de Química (BENITE et al, 2009). Neste contexto, a utilização de extratos naturais contidos em: flores, folhas, galhos, frutos e raízes, no ensino de ácido-base, proporcionam ao discente uma melhor aprendizagem, pois a experimentação, proporciona ao estudante a capacidade de visualizar a variação de coloração em função do pH inserido (COUTO et al., 1998).

De acordo com Favaro (2007), a estabilidade do pigmento presentes nos extratos, depende de dois fatores: temperatura e tempo de armazenamento. Neste contexto, o presente trabalho avaliou a estabilidade térmica do extrato aquoso da allamanda (*Allamanda cathartica* L.) e o Cróton (*Codiaeum variegatum* (L.) A. Juss), comparando suas potencialidades com a beterraba (*Beta vulgaris* L) e com o repolho roxo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) já descritas na literatura, em diferentes condições de temperatura, por um período de 30 dias, no intuito de comprovar a eficácia desses extratos como novos indicadores naturais ácido-base para o ensino de Química.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Descrição das Plantas

Alamanda-amarela (*Allamanda cathartica* L.)

A alamanda-amarela (Figura 1) com nome científico *Allamanda cathartica* L., pertencente à família Apocynaceae, é conhecida popularmente como alamanda, alamanda-amarela, carolina e dedal-de-dama (LORENZI; SOUSA, 1999). A alamanda-amarela floresce, principalmente na primavera e no verão. Essa planta é nativa de formações florestais de domínio atlântico do litoral norte, nordeste e leste do Brasil. A alamanda foi catalogada no ano de 1771 por Carl Linnaeus, e encontra-se registrada no Herbário Internacional de Berlim, sob o número 4.831 (SILVA, 2007).



Figura 1: Alamanda-amarela (*Allamanda cathartica* L.).

Fonte: Própria, 2021.

Louro variegado (*Codiaeum variegatum* L.)

O louro variegado (Figura 2) também conhecido como cróton, cróton de jardim dentre outros, é uma planta da família Euphorbiaceae, com nome científico *Codiaeum variegatum* (L.) A. Juss. Esta planta é um arbusto, grande e semilenhosos do Sudeste Asiático e Polinésia, com altura entre 2 e 3m, folhas lactescentes, pequenas ou grandes, espessas, coriáceas, inteiras, com recortes ou torcidas, muito vistosas pelo variado colorido e formatos. Multiplica-se por estaquias ou alporquias (SOUZA; LORENZI, 2008).



Figura 2: Louro variegado (*Codiaeum variegatum* (L.) A. Juss).

Fonte: Própria, 2021.

## Ensino de Química

O ensino de Química acontece nas escolas e observa que se tem uma falta de interesse de muitos estudantes pelos conteúdos aplicados nessa disciplina. Vários educadores têm refletido sobre os inúmeros fatores que impedem o crescimento da prática na educação no Ensino de Química.

Verifica-se a necessidade de falar em educação Química, priorizando o processo

ensino-aprendizagem de forma contextualizada, ligando o ensino aos acontecimentos do dia a dia do aluno, para que estes possam perceber a importância socioeconômica da química, numa sociedade avançada, no sentido tecnológico (TREVISAN; MARTINS, 2006).

## Experimentação no Ensino de Química

A experimentação no ensino de química é primordial para a explanação do conteúdo, pois na aula prática os alunos podem participar do desenvolvimento do conteúdo estudado, se tornando uma aula muito mais interessante.

A grande falta de interesse dos educandos pelo ensino de Química se deve, em geral, a falta de atividades experimentais que possam relacionar a teoria e a prática. Os educadores, por sua vez asseguram que este problema consiste na ausência de laboratórios ou de material que permitam que aconteçam as aulas práticas (QUEIROZ, 2004).

## Estudo do pH

O pH de uma substância pode ser medido através de um aparelho chamado peagâmetro. No entanto, o pH de uma substância também pode ser indicado através do uso de indicadores naturais ácido-base, como por exemplos repolho roxo, ixora, euphorbia, flor hortênsia etc, embora com menos precisão. Esses vegetais são ricos em substâncias (antocianinas) que apresentam cores diferentes na presença de ácidos, bases e água, e são denominadas de indicadores.

O pH refere-se à substância ser classificada como um ácido, uma base, ou solução neutra. Um pH de valor 7.0 diz-se neutro, um pH abaixo de 7.0 é referente a um ácido e um pH acima de 7.0 é classificado como básico ou alcalino.

## Indicador Natural de pH

Vários indicadores naturais ácido-base extraídos de partes das plantas, já foram relatados na literatura como indicadores de pH, dentre os quais o mais destacado é o extrato do repolho roxo (SOARES; SILVA; CAVALHEIRO, 2001).

Esta mudança de cor dos extratos obtidos de plantas pode estar relacionada, dentre outras, à presença de antocianinas que apresentam coloração diferente dependendo do meio em que sejam inseridas, sugerindo que esses extratos obtidos podem ser utilizados como indicadores naturais de ácido-base.

A utilização de indicadores naturais de pH é uma prática bastante antiga que foi introduzida no século XVII por Robert Boyle que, ao preparar um licor de violeta, observou a mudança de coloração para vermelho em solução ácida e verde em solução básica. Com base em seus resultados, Boyle definiu ácido como qualquer substância que torna vermelho e as bases como substância que torna verde os extratos das plantas (TERCI; ROSSI, 2002).

Os indicadores naturais são soluções fracas; isto é, apresentam um valor de pH

próximo ao pH neutro, adicionados a uma determinada solução, eles ligam-se a íons H<sup>+</sup> ou OH<sup>-</sup>. A ligação que ocorre com estes íons provoca uma mudança na configuração eletrônica destes extratos, tal alteração deve ser um dos principais motivos responsáveis pela variação de coloração presente no meio (LIMA, 2013).

## Antocianinas

As antocianinas são pigmentos naturais presentes nos indicadores naturais ácido-base. A palavra antocianina é de origem grega (anthos, uma flor, e kyanos, azul escuro). Depois da clorofila, as antocianinas são o grupo mais importante de pigmentos de origem vegetal (HARBORNE; GRAYER, 1988). Esta substância, compõem o maior grupo de pigmentos solúveis em meio aquoso do reino vegetal e são encontradas em maior quantidade nos grupos dos vegetais angiospermas (BRIDLE; TIMBERLAKE, 1997).

As antocianinas são pertencentes ao grupo dos flavonóides amplamente distribuídos na natureza e são responsáveis pela maioria das cores azul, violeta e todas as tonalidades de vermelho, presentes em flores e frutos (CURTRIGHT; RYNEARSON; MARKWELL, 1996). Esse pigmento é solúvel em meio aquoso e em meio alcoólico, sua extração pode ser obtida por dois métodos: o método de decoção e infusão (ABE et al, 2007).

As antocianinas ocorrem na natureza como glicosídeos de antocianidinas e podem ser aciladas com ácidos orgânicos ou alifáticos como, coumárico, caféico, ferúlico, p-hidroxibenzóico, acético, malônico, succínico, oxálico e ácidos málicos. Sua estrutura geral é derivada do cátion flavílico (Figura 3) (TERCI; ROSSI, 2002).

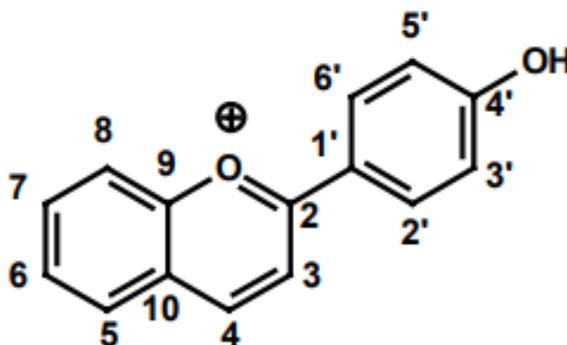


Figura 3: Estrutura do cátion flavílico.

Fonte: (TERCI; ROSSI, 2002).

## Extração dos Corantes

A escolha do método de extração de antocianinas depende da proposta de aplicação,

no caso de como novos indicadores ácido-base para o ensino de Química, é importante que seja um método simples, rápido, de baixo custo e que utilize solventes comuns.

Muitos trabalhos têm empregado solventes extratores alcoólicos acidificados para favorecer a extração, pois auxilia a penetração do solvente nos tecidos das frutas e vegetais, além de aumentar a estabilidade dos extratos por dificultar o aparecimento de fungos que degradam as antocianinas (REVILLA, E. et al, 1998).

## **Estabilidade Térmica**

A temperatura de extração das antocianinas deve ser cuidadosamente controlada, pois se sabe que esses pigmentos são termicamente estáveis até 60°C (TERCI, 2004). Por serem sensíveis ao aquecimento, altas temperaturas podem afetar as concentrações de antocianinas nos extratos por favorecer a extração conjunta de ácidos fenólicos e taninos, além de complexações dos pigmentos com proteínas, o que compromete a estabilidade dos extratos.

A temperatura de armazenamento também é um fator que influencia na degradação de antocianinas e no aparecimento de fungos nos extratos. Estudos indicam que extratos armazenados a baixas temperaturas são mais estáveis quando comparados àqueles armazenados à temperatura ambiente (JANNA, O, 2007).

Extratos de antocianinas são mais estáveis sob proteção da luz quando comparados àqueles que permaneceram expostos à luz. A radiação UV interage no extrato de maneira a facilitar reações como, por exemplo, copigmentação com outros compostos presentes alterando a estabilidade das antocianinas, além de favorecer a formação de produtos de degradação oxidativa das antocianinas que possuem coloração marrom (BAILONI et al, 1999).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Preparo dos Indicadores e das Soluções**

Para obtenção das antocianinas, na forma de extrato natural, utilizou-se água destilada e 15g de amostra de cada indicador (allamanda, cróton, beterraba e repolho roxo). Cada extrato foi preparado, com adição de 15 g de amostra em 100 mL de água e aquecido até a fervura. A solução foi resfriada e filtrada.

As soluções que foram utilizadas para este experimento estão organizadas em ordem crescente de acidez e basicidade (de fraco a forte). Durante os testes dos extratos, utilizou-se nessa sequência: Vinagre, Ácido Acético, Ácido Clorídrico, Bicarbonato de Sódio, Sabão em Pó e Hidróxido de Sódio.

As soluções sólidas foram pesadas 2,5 g e as líquidas medidas 2,5 mL de cada. Logo após, todas foram diluídas e transferidas para um balão volumétrico de 50 mL até atingir o menisco, chegando a uma concentração de 5%.

## Teste da Estabilidade Térmica

Testou-se a estabilidade térmica dos indicadores naturais, acondicionando 2 amostras de cada extrato em duas temperaturas diferentes: 0 °C (acondicionadas no congelador) e 25 °C (temperatura ambiente do laboratório). As amostras à 25 °C foram analisadas em período de 5 e 10 dias e as amostras à 0 °C foram descongeladas e analisadas com 30 dias no intuito de estudarmos a estabilidade dessas amostras em condições diferentes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a estabilidade térmica dos indicadores em temperatura de 0 °C em período de 30 dias e 25°C em período de 5 e 10 dias.

Indicadores	Indicador 1 Alamanda		Indicador 2 Cróton		Indicador 3 Beterraba		Indicador 4 Repolho-roxo	
	0 °C	25 °C	0 °C	25 °C	0 °C	25 °C	0 °C	25 °C
Temperatura/ Período								
5 dias	----	Pequena Oxidação	----	Não Oxidou	-----	Grande Oxidação	-----	Grande Oxidação
10 dias	----	Pequena Oxidação	----	Não Oxidou	-----	Grande Oxidação	-----	Grande Oxidação
30 dias	Não Oxidou	-----	Não Oxidou	-----	Não Oxidou	-----	Pequena Oxidação	-----

Tabela 1. Estabilidade Térmica dos Indicadores.

Os extratos 1 e 2 (alamanda-amarela e louro variegado) juntamente com o extrato 4 (repolho roxo) apresentaram uma estabilidade térmica significativa (variação de coloração em função do pH) no período de 5 dias em temperatura de 25 °C em relação ao extrato 3 (beterraba), as observações podem ser melhor visualizadas na Figura 4.



Figura 4. Estabilidade térmica no período de 5 dias à 25 °C.

Fonte: de autoria própria, 2021.

O extrato 3 (beterraba) apresentou colorações semelhantes nas seis faixas de pH, tornando o seu uso inadequado, devido a oxidação. A degradação (oxidação) dos extratos

ricos em antocianinas provoca a perda de coloração característica desses compostos e das suas características funcionais, o que compromete a aplicação do extrato como indicador (COELHO, 2011).

No período de 10 dias em temperatura 25 °C o extrato das folhas do cróton apresentou uma excelente estabilidade térmica e o mesmo foi observado no repolho roxo (Figura 5).



Figura 5. Estabilidade térmica no período de 10 dias à 25 °C.

Fonte: Própria, 2021.

Já no período de 30 dias sobre temperatura de 0 °C, os novos indicadores (amostras 1 e 2) apresentaram uma intensificação maior na coloração em contato com as soluções ácida-básica, apresentando uma excelente estabilidade térmica e variação de coloração em função do pH, em contrapartida, os extratos 3 e 4 apresentaram colorações bem próximas em algumas faixas de pH, com uma pequena variação de coloração, o que pode ser visualizado na Figura 6.



Figura 6. Estabilidade térmica no período de 30 dias à 0 °C.

Fonte: Própria, 2021.

A coloração nas três primeiras faixas de pH do extrato 3 apresenta colorações idênticas, tornando o seu uso inadequado para diferenciar ácidos entre si, apresentando péssima estabilidade térmica no período de 30 dias à 0 °C. Já o extrato 4 apresentou colorações fracas em relação as outras análises, apresentando pouca estabilidade térmica

no período de 30 dias à 0 °C. Outro fato bastante interessante, foi que o extrato 3 (beterraba) apresentou coloração marrom desde o período de 5 dias, repetindo a mesma coloração no período de 10 dias. E isso se deve as ações presentes da degradação das antocianinas, podendo ocasionar uma perda significativa de coloração e, além disso, a formação de compostos marrons insolúveis (WANG; XU, 2007).

## CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que os extratos aquosos 1 e 2 (allamanda e cróton) apresentaram excelente estabilidade térmica e significativa variação de coloração em função do pH em temperaturas e períodos distintos em relação ao extrato 3 e 4 (beterraba e repolho-roxo) presentes na literatura, podendo ser utilizados como novos indicadores naturais ácido-base, de fácil acesso, baixo custo, eficiente com materiais do cotidiano e ideal estabilidade térmica. Isto pode servir para facilitar a relação entre teoria e a prática no ensino de ciências, vindo a ser um novo complemento didático para o estudo de ácido-base e conteúdos relacionados, devido a sua simplicidade da parte experimental, tornando uma proposta viável na Educação Básica.

## REFERÊNCIAS

ABE, L. T.; DA MOTA, R. V.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinifera* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2007.

BAILONI, M. A.; BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O.; "Stability of the anthocyanins from *Acalypha hispida* and copigmentation effect", **Acta Alimentaria**, 1999, 28(2), p. 161.

BENITE A. M. C.; BENITE C. R. M. O laboratório didático no ensino de química: uma experiência no ensino público brasileiro. **Revista Ibero americana de Educación**. n.º 48/2, pp. 1-2, 2009.

BRASIL. **Ministério da Educação. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**: PCN + ensino médio, orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC, 2002.

BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C.F. Anthocyanins as natural food colours – selected aspects. **Food Chemistry**, v.58, n.1-2, p.103-109, 1997.

COELHO, A. G. **Estudo da degradação térmica de antocianinas de extratos de uva (*Vitis vinifera* L. 'Brasil') e jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*)**. 2011. 98f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - UNICAMP, Campinas. 2011.

COUTO, A. B.; RAMOS, L. A.; CAVALHEIRO, E. T. G. Aplicação de pigmentos de flores no ensino de química. **Quím. Nova**, v. 21, n.2, p.221-227, 1998

CURTRIGHT, R.; RYNEARSON, J. A.; MARKWELL, J. Anthocyanins Model compounds for learning about more than pH. **J. Chem. Educ.**, v.73, n. 4, p.306-309, 1996.

FAVARO, M.M.A. **Extração, estabilidade e quantificação de antocianinas de frutas típicas brasileiras para aplicação industrial como corantes**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química. São Paulo: Campinas, 2007.

FIALHO, Neusa N.; ROSENAU, Luciana dos Santos; **Didática e Avaliação da Aprendizagem em Química**. 20 ED. Ibpex: CURITIBA, 2008.

JANNA, O. A.; KHAIRUL, A. K.; MAZIAH, M.; "Anthocyanin stability studies in Tibouchina semidecandra L.;" **Food Chemistry**, 2007, 101(4), p. 1640.

LIMA, R. **Escala de pH e indicadores ácido-base naturais**, 2013. Disponível em: <<http://www.pontociencia.org.br/experimentos/visualizar/escala-de-ph-e-indicadores-acido-base-naturais/1148>> Acesso em: 13 dez 2020.

LORENZI, H.; SOUSA, H. M. **Plantas ornamentais do Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 1092p. 1999.

QUEIROZ, S. L. Do fazer ao compreender ciências: reflexões sobre o aprendizado de alunos de iniciação científica em química. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 1, 2004.

REVILLA, E.; RYAN, J. M.; MARTIN-ORTEGA, G.; "Comparison of several procedures used for the extraction of anthocyanins from red grapes"; **Journal of Agricultural and Food Chemistry**; 1998, 46(11), p. 4592.

RUSSELL, J.B. **Química Geral**. 2. ed. São Paulo, 1994.

SILVA, K. A. B. S. **Caracterização dos efeitos do Plumerídeo, um iridóide isolado de Allamanda cathartica L. (Apocynaceae), em modelos de inflação e dor**. Programa de pós graduação CAPES. UFSC/ Farmacologia. Mestrado. 2007.

SOARES, M. H. F. B.; SILVA, M. V. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. Aplicação de corantes naturais no ensino médio. **Eclét. Quím**, 26. (2001), 98 -103.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. 2008. **Botânica sistemática**. (2.Ed.) Nova Odessa: Instituto Plantarum.

TERCI, D. B. L.; "**Aplicações analíticas e didáticas de antocianinas extraídas de frutas**"; Tese de Doutorado; Instituto de Química – UNICAMP, Campinas, São Paulo, 2004.

TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V. Indicadores naturais de pH: usar papel ou solução?. **Quim. Nova**, 25, 4 (2002), 684-688.

TREVISAN, Tatiana Santini e MARTINS, Pura Lúcia Oliver. A prática pedagógica do professor de química: possibilidades e limites. **UNirevista**. Vol. 1, nº 2 : abril, 2006.

VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1989

WANG, W.; XU, S. Degradation Kinetics of anthocyanins in blackberry juice and concentrate. **Journal of Food Engineering** 82, 271.

## DETERMINAÇÃO DE UMIDADE DE ALIMENTOS: UM ESTUDO DE CASO NA DISCIPLINA DE QUÍMICA DE ALIMENTOS

*Data de aceite: 23/08/2021*

### **Diego Morais da Silva**

Licenciado em Química (IFSP-Campus São José dos Campos). Aluno de doutorado Direto (UNESP-Campus São José dos Campos/SP)  
<http://lattes.cnpq.br/8324244577515892>

### **Kiseane Santos Gomes**

Graduanda em Licenciatura em Química (IFSP-Campus São José dos Campos/SP)

### **Letícia Terumi Kito**

Graduanda em Licenciatura em Química (IFSP-Campus São José dos Campos/SP)  
<http://lattes.cnpq.br/4995827531737307>

### **Vania Battestin Wiendl**

Engenheira de Alimentos - Professora Dra do curso Licenciatura em Química (IFSP - Campus São José dos Campos/SP)  
<http://lattes.cnpq.br/5161871610763686>

**RESUMO:** O presente trabalho apresenta uma dinâmica de aula prática realizada na disciplina de Química de Alimentos sobre determinação de umidade. O método baseia-se na retirada de água dos alimentos utilizando estufa a 105°C. É o método mais utilizado em alimentos e está baseado na remoção da água por aquecimento, sendo o ar quente absorvido por uma camada muito fina do alimento e então conduzido para o interior por condução. As umidades foram determinadas para vários produtos alimentícios, como, leite em pó, macarrão, tomate, biscoito, banana seca. Os valores obtidos encontram-se

dentro dos padrões determinados pelas agencias reguladores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Alimentos; secagem; ensino.

### DETERMINATION OF FOOD MOISTURE: A CASE STUDY IN THE SUBJECT OF FOOD CHEMISTRY

**ABSTRACT:** The present work presents a dynamic of a practical class held in the discipline of Food Chemistry on moisture determination. The method is based on the removal of water from food using an oven at 105°C. It is the most used method in food and is based on the removal of water by heating, the hot air being absorbed by a very thin layer of food and then conducted inwards by conduction. Moistures were determined for various food products, such as powdered milk, pasta, tomatoes, biscuits, dried bananas. The values obtained are within the standards determined by regulatory agencies.

**KEYWORDS:** Foods; drying; teaching.

### INTRODUÇÃO

A alimentação humana impõe um permanente desafio tecnológico para a humanidade, desde os tempos mais remotos. A química acompanhou essa evolução e mesmo atualmente, quando há uma clara tendência do consumidor por produtos naturais, a importância da ciência permanece sendo relevante. O papel da química nessa evolução tecnológica é, entre outros, colocar à disposição das indústrias

nutrientes idênticos aos encontrados na natureza para que, se não for possível preservar essas substâncias durante o processamento, haja a possibilidade de restaurar o valor nutritivo natural dos ingredientes no produto industrializado (Araújo, 2011).

Os fabricantes têm feito uso de alguns ingredientes, aditivos e coadjuvantes de origem tecnológica para atender às necessidades do consumidor em alimentação mais saudável. Apesar dos avanços obtidos, ainda há muito trabalho e pesquisa a serem feitos (Almeida, 2011; Araújo, 2011). Desta forma, a disciplina de Química de alimentos do curso de Licenciatura em Química do IFSP/SJC proporcionará ao aluno um conhecimento mais abrangente da atuação da química nos processos industriais e no dia a dia de cada cidadão. Uma das determinações mais importantes da Química de Alimentos, refere-se à determinação de umidade.

O teor de umidade é a medida da quantidade total de água contida em um alimento (água total), e é geralmente expresso como uma porcentagem (%) do peso total. A determinação de umidade é uma das medidas mais importantes e utilizadas na análise de alimentos. A umidade de um alimento está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição, e pode afetar a embalagem, estocagem e processamento de alimentos (Ribeiro e Seravalli, 2007).

## OBJETIVO

Determinar o teor de umidade de produtos que são consumidos diariamente.

## METODOLOGIA

A umidade foi determinada para diferentes produtos como leite em pó, banana seca, tomate in natura, massa industrial. O método utilizado foi o de secagem em estufa. Este é um dos métodos mais utilizados em alimentos e está baseado na remoção da água por aquecimento, sendo o ar quente absorvido por uma camada muito fina do alimento e então conduzido para o interior por condução. Como a condutividade térmica dos alimentos é geralmente baixa, costuma levar muito tempo para o calor atingir as porções mais internas do alimento. As amostras foram trituradas com auxílio de almofariz e pistilo, depois pesou-se de 2 a 10 g da amostra em capsula de porcelana, previamente tarada. Levaram-se as amostras para estufa a 105°C, durante 10h. Em seguida, retiram-se as amostras com auxílio de uma pinça e colocaram-se as mesmas em dessecador. As amostras permaneceram no dessecador até a temperatura ambiente. Pesou-se e repetiu-se a operação de aquecimento e resfriamento até peso constante (AOAC, 1999). Neste método, a umidade é definida de acordo com a Equação 1, onde U é a umidade expressa em porcentagem.:

$$U(\%) = \frac{(massa\ inicial - massa\ final).100}{massa\ inicial} \quad (1)$$

## RESULTADOS

Abaixo estão apresentados os resultados obtidos no experimento realizado.

Amostra	Peso Inicial da Amostra (g)	Peso Final da Amostra (g)	Umidade (%)
Tomate in natura	5,19	0,07	98,65
Leite em pó	2,35	2,20	6,38
Macarrão	2,00	1,78	11,00
Biscoito de água e sal	3,13	2,85	8,95
Banana desidratada	3,10	2,91	6,00
Batata in natura	5,5	0,75	86,40

Tabela 1. Umidade obtida para diferentes produtos.

O tomate é um produto extremamente perecível em virtude da grande quantidade de água que possui em sua composição, apresentando por volta de 93 a 95% em cada fruto (COELHO, 2010; SOUZA, 2002). Dessa forma, o teor de umidade de 98,65% encontrado na prática está em conformidade com os dados apresentados na literatura, posto que a pequena diferença observada se mostra dentro da normalidade, podendo esta ser justificada pelas eventuais diferenças no plantio, no solo, região, umidade do ar, manuseio e até mesmo no armazenamento da fruta.

Em relação ao Leite em pó, sabe-se que, segundo a legislação descrita pelo Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária (1996), pela Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo (1997) e pelo Inmetro (2018), o teor de umidade máximo para o leite em pó integral deve ser em torno de 3,5%. Assim, o produto contém uma embalagem que o protege do meio externo porque a elevação da umidade relativa do ambiente em contato com o mesmo pode ocasionar o aumento da umidade do leite, possibilitando a aglomeração do pó, que por sua vez, permite o crescimento de microrganismos e fungos, podendo eventualmente produzir microtoxinas desfavoráveis à saúde. Isto posto, a umidade obtida no experimento de 6,38% mostra-se relativamente elevada em relação aos padrões descritos acima, entretanto, é aceitável, visto que esta diferença pode ser justificada pelo tempo em que o leite em pó permaneceu aberto após a retirada do lacre da embalagem, absorvendo assim umidade do meio externo. Além disso, devem ser consideradas as diferenças entre as diversas marcas do produto disponíveis no mercado.

De acordo com o Sebrae (2018), o macarrão ou massa alimentícia, pode ser apresentado, entre outras categorias, como uma massa seca – onde o produto é sujeito a um processo de secagem durante sua elaboração – com teor de umidade máxima em 13%, ou como uma massa fresca – na qual, durante a produção, o produto pode ou não

ser submetido a um processo de secagem parcial – com teor de umidade máxima em 35%. Visto isso, a umidade encontrada na prática, de 11%, se encontra dentro das conformidades técnicas apresentadas na literatura. Desta forma, provavelmente, o macarrão analisado se enquadra na categoria de massas secas.

Segundo a Anvisa - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a umidade máxima permitida para os biscoitos de água e sal é de 14%. Logo, o resultado obtido no experimento descrito, de aproximadamente 9%, está em conformidade com a regulamentação estabelecida pelo órgão competente, posto que este pode variar de acordo com a marca do produto, componentes e tempo de exposição do mesmo.

## CONCLUSÕES

A prática de determinação de umidade nos alimentos utilizando o método de secagem em estufa foi considerada adequada e de fácil execução. Foi possível concluir que, para 90% dos alimentos testados, o valor de umidade encontra-se de acordo com a legislação vigente. Da mesma forma que, alimentos com maior teor de umidade são mais perecíveis e susceptíveis ao ataque microbiano. Por sua vez, alimentos com baixa umidade apresentam uma vida útil prolongada.

## AGRADECIMENTOS

Aos queridos alunos da turma de Química de Alimentos do curso de Licenciatura em Química (2018).

## REFERÊNCIAS

AOAC – Association of official analytical chemists. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Washington, 1141 p., 1999.

COELHO, K. D. **Secagem de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) em camada delgada: avaliação das características físico-químicas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande, 2010.

Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite em Pó** (1997). Disponível em: <<https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/portaria-ma-369-de-04-09-1997,684.html>> Acessado em: 03 set. 2018.

INMETRO. Informação ao consumidor. **Leite em pó integral**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/leitepo.asp>> Acessado em 03 set. 2018.

Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Leite em Pó** (1996). Disponível em: <[http://www.agais.com/normas/leite/leite\\_po.htm](http://www.agais.com/normas/leite/leite_po.htm)> Acessado em: 03 set. 2018.

SEBRAE. **Macarrão e massas**. Disponível em: < <http://www.sebrae-sc.com.br/Leis/default.asp?vcdtexto=1010&%5E%5E>> Acessado em: 03 set. 2018.

SOUZA, J. S. **Estudo da desidratação de tomates (*Lycopersicon esculentum*) em pedaços com pré-tratamento osmótico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2002.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E.A G. **Química de Alimentos**. 2 Edição. Editora Blucher. P. 196. 2007.

## QUÍMICOS ALHURES: DA MUDANÇA DE CARREIRA À POLIMATIA

Data de aceite: 23/08/2021

Data de submissão: 15/07/2021

**Daniel Perdigão**

Universidade de Brasília  
Brasília, DF

<http://lattes.cnpq.br/2098976074112491>

**RESUMO:** Partindo do questionamento de “para que serve uma formação universitária em Química?”, esta pesquisa bibliográfica com elementos de prosopografia indica caminhos profissionais percorridos por algumas pessoas que possuem formação universitária em Química. O objetivo foi o de mostrar que, pela mudança de carreira ou pela polimatia, as pessoas com formação universitária em Química podem encontrar-se em espaços diversos, como no jornalismo, na administração pública, na academia ou na educação. Conclui-se que a formação universitária em Química, por interagir com muitas outras áreas do saber, parece dar a seu detentor uma posição favorável a uma competente atuação profissional variegada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Grau universitário em Química, gestão de carreira, polimatia.

### CHEMISTS ELSEWHERE: FROM CAREER CHANGE TO POLYMATHY

**ABSTRACT:** Starting from the question “of what use is a university education in Chemistry?”, this bibliographical research with elements of

prosopography indicates professional paths followed by some people who have a university education in Chemistry. The objective was to show that, by career changes or polymathy, people with a university education in Chemistry can find themselves in different spaces, such as journalism, public administration, academia, or education. It is concluded that university education in Chemistry, as it interacts with many other areas of knowledge, seems to give its holder a favorable position for a competent variegated professional performance.

**KEYWORDS:** University degree in Chemistry, career management, polymathy.

## 1 | INTRODUÇÃO

Para que serve? Essa perguntinha curta é uma das mais populares da humanidade. Muitas pessoas só começam a se sentir confortáveis na interação com qualquer coisa, seja um objeto, uma ação ou um conhecimento, depois de receberem a resposta a essa pergunta: para que serve?

O químico e escritor de ciência e ficção Isaac Asimov abordou o tema em um artigo intitulado, precisamente, “Para que serve?” (“Of what use?”). Asimov listou várias respostas interessantes a esta questão. O filósofo grego Platão teria dado a um estudante uma moeda como resposta, para que o aluno não pensasse que de nada servia o saber matemático de que falava. O químico e físico

Michael Faraday, questionado “para que serve?” depois de demonstrar sua descoberta da indução eletromagnética, teria respondido com outra pergunta: “para que serve um bebê?” (ASIMOV, 1974, 1979).

Os saberes da humanidade, especialmente os científicos, nem sempre têm uma aplicação prática. Mas, mesmo que a pergunta “para que serve?” seja respondida, essa réplica pode ser enviesada, pode ser simplificadora, pode ser falsa ou pode servir para ocultar outras informações relevantes sobre o objeto. Faraday replicou com a pergunta “para que serve um bebê?”. Ora, um bebê é um vir a ser. Trata-se, portanto, de uma pergunta sem uma resposta óbvia. Lembro-me de alguém, talvez o físico e educador Luis Carlos de Menezes, sugerir responder com a pergunta “para que serve o sexo?”. “Para que serve o sexo?” é uma contrapergunta mais interessante, porque tem uma resposta possível no contexto científico, mesmo que simplificadora. Borges (2007) diz que o sexo serve para “a reprodução”. Surge, aí, uma excelente oportunidade de se discutir e evidenciar a limitação de qualquer resposta que se dê à pergunta “para que serve?” um determinado saber científico.

Chamo a atenção para a complexidade de respostas à questão “para que serve?” porque isto nos orienta a responder “para que serve uma formação universitária em Química?”. Se entendermos que a Química busca estudar a matéria e suas transformações (ZUCCO, 2011), então, assim como “o sexo serve para a reprodução”, podemos dizer que “uma formação universitária em Química serve para estudarmos a matéria e suas transformações”. Definitivamente, não é possível que nos satisfaçamos com uma resposta tão restrita e ocultadora da complexa realidade.

O objetivo deste trabalho é o de colocar em evidência pessoas que tiveram uma formação em Química, mas atuavam ou ainda atuam em outras áreas, abandonando o trabalho direto com a ciência química, por uma mudança de carreira, ou atuando paralelamente na Química e em outras áreas, como um polímata. Antes, serão mostradas algumas possibilidades abertas por formações universitárias em Química e abordados conceitos como reorientação profissional e polimatia.

Na produção deste texto, adotamos como método a pesquisa bibliográfica. Ela é adotada em estudos exploratórios cujo objeto de estudo é pouco estudado e nas quais a formulação de hipóteses precisas é difícil. Este método tem as vantagens de incluir uma quantidade vasta de informações, dispersas em vários tipos de materiais publicados, não somente livros, algo difícil de conseguir com outras metodologias. A adoção deste método contribui tanto para a construção e para o aprimoramento do quadro conceitual pertinente ao objeto de estudo proposto quanto como metodologia principal do estudo propriamente dito (LIMA; MIOTO, 2007; BEUREN, 2013).

Esta pesquisa bibliográfica apresenta elementos de uma prosopografia, ferramenta considerada muito útil à investigação da institucionalização de especialidades e de profissões (HEINZ, 2018). A prosopografia tem como objetivo a determinação de perfis

biográficos coletivos. Neste sentido, é o que buscamos fazer aqui, reunindo pessoas que possuem algum tipo de formação em Química, mas que atuam em outras áreas. Porém, há contrastes. Um estudo prosopográfico faz uso de técnicas de pesquisa histórica para traçar perfis biográficos coletivos, cotejando diferentes tipos de fontes históricas (HEINZ, 2018). Em contraste, o presente estudo nem sempre buscou um levantamento exaustivo da documentação biográfica de cada pessoa retratada ou uma conclusão generalizante sobre as biografias apresentadas.

## 2 I FORMAÇÕES, CARREIRAS, POLIMATIA

A trajetória de cada estudante na universidade é única. Cada estudante escolhe aquilo que quer fazer diante de uma miríade de possibilidades. A melhor fonte desses possíveis caminhos parece ser o guia de calouros da universidade. O foco desse tipo de guia é mostrar as possibilidades abertas a todos: iniciação à ciência; participação em programas e projetos de extensão; engajamento nos órgãos de representatividade estudantil, na política estudantil; prática esportiva; audiência a palestras e eventos; matrícula em cursos de extensão; desenvolvimento da fluência em idiomas; estágios extracurriculares; empresas juniores; grupos de estudos; formação de redes profissionais etc.

É exatamente esta multiplicidade de possibilidades que faz a experiência universitária ainda valer a pena. Os conhecimentos universitários técnicos, específicos, estão cada vez mais à disposição de todos, por valores cada vez mais baixos, às vezes de graça, em bibliotecas, na forma de livros, e agora, pela internet, como cursos e materiais didáticos estruturados, especialmente formatados para serem acompanhados a distância (MAGGI, 2021). Ainda há a questão do prestígio da instituição, que faz com que um diploma, digamos, de Harvard, valha mais aos olhos de parte da sociedade do que um emitido por uma faculdade comunitária, regional, que, por sua vez, supostamente vale mais do que o conhecimento aprendido de forma autodidata (SCHWARTSMAN, 2020). Não vamos entrar na questão de algumas carreiras exigirem formação universitária por força legal, como a Química, porque não é possível comparar profissionais com ou sem diploma nestas carreiras.

Mas se, da experiência universitária, o que mais vale é a vivência comum e acessível a qualquer estudante, qual seria o diferencial de cursar Química? Há vários aspectos singulares. O principal deles é o fato de a Química ser considerada uma ciência exata, o que implica estudar saberes bastante específicos e contrastantes com os saberes do senso comum. A maioria das competências que se pode dominar na arena pública da universidade são sociais, portanto, concordam com o senso comum ou, até mesmo, o constituem. Portanto, uma formação universitária em Química exercita tanto o senso comum quanto a capacidade de raciocínio científico.

Este diferencial, porém, é comum a outros cursos da área de ciências exatas. No

entanto, mesmo entre eles, a Química se destaca como curso multidisciplinar. Cursos de Matemática, por exemplo, costumam ter baixa carga horária de Física e, raramente, incluem estudos de Química. Por outro lado, cursos de Química dialogam muito e incluem altas exigências disciplinares de Matemática e de Física, com estudos adicionais em Computação, Economia, Administração, Engenharia, entre outras áreas, a depender da instituição.

Mais do que isso: cursos de Química estabelecem relações de interdisciplinaridade com áreas como Geologia, em disciplinas como Cristalografia e Mineralogia; Biologia e Saúde, em disciplinas de Química Orgânica e Bioquímica; Ciências Ambientais, Ciências Forenses, entre outras áreas. Ou seja, nos cursos de Química, o diálogo com outras disciplinas acontece já na formação universitária, de forma orgânica, natural. Portanto, a trajetória teórica exigida em um curso universitário de Química costuma ser muito mais diversificada do que aquela observada em outras carreiras.

A implicação disto é que, em média, o profissional formado em um curso universitário de Química está muito mais preparado para se engajar em outra carreira do que aquele formado em outros cursos universitários. Ele pode não ter a formação acadêmica completa em outra área, mas é capaz de reconhecê-la em suas especificidades, porque é mais provável que já tenha tido algum contato com ela. Não há atalhos em transições de carreiras, mas as pessoas que têm formação em Química já percorreram uma parte do longo caminho.

Na trajetória profissional das pessoas, mudanças de carreira não são incomuns. Aliás, com a aceleração do surgimento de novas carreiras e da extinção de outras, isto tem se tornado frequente. Buscadores de internet estão repletos de dicas para quem deseja ou precisa fazer esta transição. Profissionais da área de recursos humanos são absolutamente familiares com esta possibilidade, que pertence à área mais ampla da gestão de carreiras.

As mudanças podem ser incrementais, com pequenas alterações de rumo para crescer e ter sucesso; transformacionais, mais significativas, implicando reestruturação interna e novo posicionamento profissional; ou revolucionárias, que afetam mais do que o aspecto profissional, atingindo propósitos e valores pessoais, sendo, portanto, drásticas ou ousadas (SANCHEZ, 2020). No entanto, todas estas possibilidades são mudanças, ou seja, saídas de uma condição para entradas em outras. O que é menos falado, menos estudado, menos desejado e, talvez, menos acessível, é atuar simultaneamente e com excelência em múltiplas profissões e áreas do saber. Em outras palavras, é mais raro encontrar e mais difícil ser um polímata.

É possível definir o polímata como o indivíduo que domina diversas disciplinas. Esta definição é bem simples, mas esconde o fato de que os limites e a quantidade de disciplinas variam no tempo. Pensando no desenvolvimento ocidental das disciplinas, podemos entender termos saído de uma situação com sete disciplinas, estudadas no *trivium* e no *quadrivium* medievais, a uma infinidade de disciplinas contemporâneas, geradas a partir do

surgimento de novos campos de estudo e pela crescente especialização, que transforma meros nichos de pesquisa em disciplinas independentes (BURKE, 2020).

Há, porém, quem defina a polimatia como um projeto de vida. Projeto de vida seria o percurso vitalício individual que implica a busca de objetivos específicos, envolvendo investimentos de tempo, de energia mental, de opções deixadas para trás em conflitos de escolhas, e recompensas, sejam profissionais, financeiras ou psicológicas. O polímata seria o sujeito cujo projeto de vida se volta ao desenvolvimento de uma consciência tão rica em saber e experiência quanto possível, assim como ao emprego da capacidade de ação para melhorar e transformar o mundo (ARAKI, 2018).

A pessoa que escolhe a polimatia como projeto de vida está muito sujeita à incompreensão. Esta incompreensão foi alvo de uma aula magna do físico e romancista Charles Percy Snow em 1959, intitulada *As Duas Culturas*. Ao lançar luz sobre a incompreensão entre as humanidades e as ciências, C.P.Snow viu risco à capacidade de a humanidade resolver problemas complexos importantes. Em outras palavras, para ele, a disciplinaridade e a hiperespecialização restringiriam as pesquisas a fatos, métodos e formas de raciocínio que podem ser insuficientes (ARAKI, 2020).

Esta cultura de crescente especialização raramente é desafiada. Um dos lugares em que os polímatas mais estão presentes é nas universidades. Porém, há uma variedade grande de universidades, de corpos docentes, que podem ser mais abertos ou mais fechados à presença dos polímatas. Muitos polímatas preferiram, inclusive, deixar a universidade em busca de liberdade para seu projeto de vida. Outros migram de universidade a outra, de departamento a outro, em busca da liberdade. Pode-se dizer, no entanto, que as universidades parecem crescentemente mais dispostas a acomodar e, às vezes, valorizar os polímatas (BURKE, 2020).

Nesta era de fragmentação do saber, também precisamos de pessoas generalistas, de pensamento amplo e profundo, que saibam perceber ou fazer as conexões entre as áreas do conhecimento, que ignorem a existência de duas culturas diferentes: precisamos de polímatas. É preciso superar a crescente restrição da transdisciplinaridade na organização social do saber, mantendo e valorizando solitários estudiosos generalistas em lugar de substituí-los por equipes fordistas de pesquisa (ARAKI, 2020; BURKE, 2011).

Polímatas não se fundam no senso comum. Portanto, não prejudicam a pesquisa científica rigorosa. Sua presença só tem a acrescentar, ampliando os conhecimentos necessários ao pensamento crítico, evidenciando lacunas não percebidas por especialistas, identificando fundamentos comuns entre as disciplinas e promovendo o desenvolvimento de combinações novas e surpreendentes entre as disciplinas, deixando como legado diversas das descobertas mais importantes da história. A humanidade tem muito mais chances de atingir a inovação necessária para enfrentar os desafios mais urgentes ao permitir o florescimento do pensamento polímata (ARAKI, 2020).

### 3 | QUÍMICOS ALHURES

O inglês Peter Burke é um dos mais respeitados historiadores vivos. Sua obra sobre a Escola dos Annales, movimento de historiadores franceses que se baseavam em um novo conceito historiográfico inspirado em métodos das ciências sociais que acabou se tornando predominante, é uma grande referência sobre o movimento. Em 2020, Burke publicou o livro *O polímata: uma história cultural de Leonardo da Vinci a Susan Sontag*. Nesta obra, considerada uma prosopografia, Burke lista 500 nomes de pessoas que ele considerou como sendo polímatas, nascidos entre 1377 e 1941.

Burke (2020), ao identificar as condutas típicas de polímatas, classificou-os em alguns tipos. Polímatas *passivos* seriam os que estudam e sabem muito, mas não pesquisam ou produzem nada novo, ao contrário dos *ativos*; entre os extremos, estariam os *sistematizadores*, cuja produção não é exatamente nova, mas uma releitura combinada do conhecimento já existente. Há, ainda, aqueles que são polímatas por conhecerem diversas disciplinas relacionadas, que Burke chama de *agrupados*. Opõem-se aos *seriais*, nome que Burke usa para definir os polímatas que atuam em áreas aparentemente bem diferentes.

Burke, que é casado com a pedagoga brasileira Maria Lúcia Garcia Pallares-Burke e com ela escreveu um livro sobre Gilberto Freyre, listou três brasileiros entre seus 500 polímatas: o próprio Gilberto Freyre, Darcy Ribeiro e José Mariano da Conceição Veloso, o Frei Veloso. Os dois primeiros têm sua obra situada no século XX, sendo essencialmente agrupada, situada no campo das ciências sociais. Nestes aspectos, Frei Veloso contrasta fortemente com ambos. Sua obra se estende por campos distantes do saber e atinge seu ápice em fins do século XVIII e início do XIX. Frei Veloso foi um polímata serial ativo também na área da Química, embora, obviamente, pela época, não tivesse um diploma na área. Ele nasceu em 1742 na atual Tiradentes, em Minas Gerais. Por sinal, Joaquim José da Silva Xavier, o Tiradentes, era primo de Frei Veloso. Seu nome secular era José Veloso Xavier (GAMA, 1869; LUNA, 2009).

Frei Veloso entrou para a vida eclesiástica antes de completar 20 anos. No claustro, estudou Filosofia, Teologia e ministrou aulas de Geometria e Retórica. Próximo de completar 40 anos, começou a fazer excursões com interesse botânico, tendo especial interesse pela Serra do Mar entre as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro (GAMA, 1869).

Na Química, a principal contribuição de Frei Veloso foi a de compilar e traduzir textos estrangeiros. Para Luna (2009), Frei Veloso revela-se “o polímata que transitava com autoridade entre a botânica, as ciências químicas e a química industrial” (p.154). Pode-se dizer que eram outros tempos. Não há como negar. Frei Veloso traduziu e publicou a obra *Descrição sobre a cultura do Canamo, ou Canave: sua colheita, maceração d’agua, até se pôr no estado para ser gramado, ripado e assedado* (1798). Mais do que isto: na obra, consta que foi traduzida e impressa por ordem do Estado português.

O que se quer dizer com “outros tempos”, na verdade, é que vivemos uma cultura

de crescente especialização. Na Idade Média do Ocidente, havia pouco a se saber, especialmente porque grande fração do conhecimento acumulado na Antiguidade não circulava ali. Desde o Renascimento, contudo, as áreas do saber se multiplicam. Dominar várias áreas do saber fica cada vez mais difícil. Burke (2020) se pergunta como os polímatas não foram extintos. O foco de sua obra é exatamente descobrir a razão dessa resiliência e quais são os lugares onde os polímatas encontram proteção. Em algum grau, são razões que também explicam a possibilidade de mudança de carreira.

O jornalismo é um espaço de proteção. Ao dialogar com toda a sociedade, o jornalismo precisa abrigar elementos diversos dessa sociedade. Claro que o jornalismo também tem as suas especialidades, mas elas precisam interagir com as áreas de origem e com as demais áreas do jornalismo. Um exemplo é o jornalismo científico, que precisa manter uma relação profícua tanto com o jornalismo geral, quanto com as ciências.

Podemos tomar como exemplo a trajetória do químico e jornalista Álvaro Pereira Júnior. Atualmente repórter do dominical *Fantástico*, da TV Globo, Álvaro Pereira Júnior chegou a ser chefe de redação do programa, de onde saiu exatamente para ter mais liberdade de pauta (MEMÓRIA GLOBO, 2019). Álvaro formou-se em Química e em Jornalismo na Universidade de São Paulo (USP), em época em que era permitido cursar simultaneamente duas graduações na instituição (PEREIRA JÚNIOR, 2011).

A Química parece, mesmo, atrair pessoas com este perfil. Álvaro Pereira Júnior iniciou a carreira na revista *Química e Derivados*. Lá, também trabalhavam os jornalistas José Roberto Torero e Marcus Aurelius Pimenta, que, hoje, são escritores e roteiristas reconhecidos e premiados (ALMEIDA, 2013). Foi o próprio Torero quem teria avisado Álvaro Pereira Júnior sobre uma seleção de profissionais no jornal *Folha de S.Paulo*. Os dois foram aprovados e saíram da revista *Química e Derivados* rumo ao diário paulista (LUDOPÉDIO, 2013; MEMÓRIA GLOBO, 2019).

Por sinal, a Folha de S.Paulo recebeu como *trainee* outro químico de talento em múltiplas áreas: Marcus Vinicius Moreira Marinho (FOLHAONLINE, 2003), também graduado em jornalismo (BRASIL, 2005). Marcão, como é conhecido, está na carreira diplomática brasileira há 15 anos (BRASIL, 2021). O conjunto de seu trabalho foi reconhecido internacionalmente pela organização da sociedade civil Mipad, que atua junto às Nações Unidas na promoção da Década Internacional de Afrodescendentes (2015-2024) (MIPAD, 2021; NAÇÕES UNIDAS, 2021). Marcão foi selecionado em 2018 como uma das 200 pessoas de ascendência africana com menos de 40 anos mais influentes do mundo (BRASIL, 2018; MIPAD, 2018).

O químico Marcão foi reconhecido pela categoria Política e Governança. De fato, a diplomacia, a política e a administração pública são espaços muito favoráveis à presença de pessoas de múltiplos interesses, ou que migram entre áreas de atuação, porque também dialogam com toda a sociedade. É por isso que também vemos atuando na seara pública diversos químicos.

Aliás, também vemos químicas. Duas das mulheres mais poderosas da Europa nos últimos 50 anos têm diplomas em Química. A conservadora britânica Margaret Thatcher, conhecida como Dama de Ferro, primeira-ministra do Reino Unido de 1979 a 1990, obteve o grau de bacharel em Química em Oxford, tendo se especializado em cristalografia de raios-x (UNIVERSITY OF OXFORD, 2013). A centro-direitista Angela Merkel, a primeira mulher a servir como chanceler da Alemanha, cargo equivalente ao de primeira-ministra, elegeu-se para quatro mandatos quadrienais, de 2005 a 2021 (HILL, 2018). Merkel cresceu e se graduou em Física na Universidade Karl Marx, na Alemanha Oriental, mas trabalhou por mais de uma década no Instituto Central de Físico-Química de Berlim Oriental e obteve seu doutoramento em Química Quântica (PETRIKOWSKI, 2021).

No Brasil, nunca tivemos um presidente químico, ainda que o imperador Pedro II, que tinha um perfil de polímata passivo, tenha buscado aprender Química (SANTOS, 2004), e que seu tutor José Bonifácio tivesse formação e produção científicas na área, com ênfase em mineralogia (FILGUEIRAS, 1986). Em contraste, nosso vizinho Uruguai teve como presidente na década de 1950 o químico Andrés Martínez Trueba. Curiosamente, a atuação política de Martínez contrasta bastante com as de Thatcher e Merkel. Ele promoveu uma nova Constituição que reduziu seus poderes ao extinguir o Poder Executivo unipessoal e substituí-lo por um conselho de nove membros, sendo seis da coligação mais votada e três da segunda colocada (CHASQUETTI, 2018).

Se Angela Merkel saiu da carreira científica para fazer carreira política, há muitos outros químicos que seguiram em instituições de ensino e pesquisa, ou continuaram como cientistas, mas em outras áreas. Uma das trajetórias acadêmicas mais impressionantes é a de Michael Polanyi. Ele se graduou em Medicina em Budapeste em 1913. Serviu como médico na Primeira Guerra, mas, quatro anos depois, já era doutor em Físico-Química. Como pesquisador, mostrou ter muitos interesses. Migrou à Alemanha, onde trabalhou com Fritz Haber, com Fritz London, entre muitos outros, participando de importantes estudos com fibras e, também, nas áreas de Cinética Química e de forças intermoleculares (NYE, 2002; UNIVERSITY OF CHICAGO, 2009).

Com a ascensão nazista, Polanyi viu-se obrigado a deixar a Alemanha em 1933, por sua origem judia. Foi para a Universidade de Manchester, no Reino Unido, a convite. Seguiu produzindo na área da Química, mas começou a pensar e escrever, também e com mais ênfase, sobre filosofia da ciência, economia e política. Isto frustrou seus interlocutores da área da Química (NYE, 2002), mas permitiu um profícuo diálogo com cientistas sociais (UNIVERSITY OF CHICAGO, 2009). Esta mudança atingiu seu ponto mais alto quando Polanyi já se aproximava dos 60 anos de idade: deixou sua vaga na Química e passou a ocupar uma cadeira de professor de Ciências Sociais na mesma Universidade de Manchester. O gosto pela Química, no entanto, foi transmitido para seu filho John, que ganhou o Nobel da área em 1986 (NYE, 2002).

A academia, porém, nem sempre recebe bem polímatas como Michael Polanyi.

A disciplinaridade estrita e as amarras nas legislações do ensino superior e nas regulamentações profissionais levam a políticas institucionais de falta de reconhecimento do trabalho multidisciplinar ou interdisciplinar de um membro do corpo docente. Burke (2020) reconhece a situação e cita diversas universidades criadas no Ocidente no terceiro quartil do século XX sob o princípio da oferta de um núcleo comum de disciplinas iniciais, constituindo um ambiente adequado para uma formação discente ampla e multidisciplinar, assim como livre para o melhor desempenho de seus docentes, fossem eles especialistas ou polímatas.

A Universidade de Brasília (UnB), embora não citada por Peter Burke, pertence a esse grupo. O projeto e o primeiro estatuto da UnB previam cursos básicos de ciências, letras e artes para constituir os ciclos iniciais de todos os cursos. Um dos oito Institutos Centrais a ofertar tais cursos seria o de Química (RIBEIRO, 2011). Não deu tempo. A iconoclastia representada pela UnB atraiu a atenção da ditadura, a ponto de a universidade ser invadida já no nono dia do novo regime, 9 de abril de 1964, além de tantas outras intervenções que levaram à demissão de 223 dos 305 professores em 1965 (BOMENY, 2016). Na prática, isso representou a morte do projeto que buscava alinhar o Brasil àquilo que Burke (2020) mostra ser a vanguarda universitária da época.

Como foi destacado no início deste texto, os cursos de Química têm um currículo que tem relativa aderência a esse perfil. No caso do Brasil, em que há dois tipos de cursos de Química, bacharelados e licenciaturas, ambos mostram aspectos de transversalidade e de abordagem a diversos tipos de saberes. Os cursos de licenciatura, porém, têm um foco menos técnico e mais humano, voltado para a formação de professores para a educação básica. Como a educação básica é uma área que também perpassa toda a sociedade, é preciso reconhecer esta como mais uma área a atrair químicos polímatas ou em mudança de carreira. O químico e educador Attico Chassot merece ser destacado como um polímata em permanente defesa da superação dos limites das disciplinas (CHASSOT, 2016a, 2016b).

## 4 | REFLEXÃO FINAL

Podemos retomar a pergunta colocada no início do texto: para que serve, afinal, uma formação universitária em Química? Ora, as respostas são infinitas. Mesmo suas categorias são tão diversas que não couberam neste pequeno texto. Mas tratamos de algumas das mais comuns.

Se você está estudando Química na universidade, pôde perceber que sua formação está preparando você para os desafios do presente e do futuro. Além das competências técnicas específicas, a formação universitária em Química desenvolve a criatividade, a curiosidade, a iniciativa própria, o trabalho individual, o autoconhecimento, habilidades cognitivas, a comunicação, o trabalho em equipe, a sensibilidade social e o bem-estar pessoal e coletivo.

Ou seja, um título acadêmico em Química é um passaporte para qualquer outra carreira. Não importa se você abandona a Química e abraça outro caminho profissional, ou se torna um polímata, uma pessoa de múltiplas e interativas especialidades: a Química já levou muita gente muito longe e pode levar você também.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Marco Rodrigo. Romance brasileiro *Nove Contra o 9* mistura humor, mistério e futebol. **Folha de S.Paulo**, 2 fev.2013. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ilustrada/2013/02/1224404-romance-brasileiro-nove-contra-o-9-mistura-humor-misterio-e-futebol.shtml>. Acesso em: 8 jul.2021.

ARAKI, Michael Espíndola. Polymathy: a new outlook. **Journal of Genius and Eminence**, v.3, n.1, p.66-82, 2018. Disponível em: [http://www.researchgate.net/publication/324715756\\_Polymathy\\_A\\_New\\_Outlook](http://www.researchgate.net/publication/324715756_Polymathy_A_New_Outlook). Acesso em: 27 jun.2021.

ARAKI, Michael Espíndola. Scientific polymathy: the end of a two-cultures era? **The Lancet**, v.395, n.10218, p.113-114, jan.2020. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32564-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32564-4). Acesso em: 27 jun.2021.

ASIMOV, Isaac. Of what use? In: ASIMOV, Isaac. **The greatest adventure**: basic research that shapes our lives. New York: Rockefeller University Press, 1974. Disponível em: <https://speakingofresearch.com/2012/03/23/of-what-use>. Acesso em: 27 jun.2021.

ASIMOV, Isaac. **O início e o fim**. São Paulo: Melhoramentos, 1979.

BEUREN, Ilse Maria. Trajetória da construção de um trabalho monográfico em contabilidade. In: BEUREN, Ilse Maria (Org.). **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade**: teoria e prática. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2013.

BOMENY, Helena. Universidade de Brasília: filha da utopia de reparação. **Sociedade e Estado**, v.31, n.especial, p.1003-1028, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0102-69922016.0spe0009>. Acesso em: 8 jul.2021.

BORGES, Jerry Carvalho. Para que serve o sexo? **Ciência Hoje**, 12 jan.2007. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/coluna/para-que-serve-o-sexo>. Acesso em: 26 jun.2021.

BRASIL. Plataforma Lattes. **Marcus Vinicius Moreira Marinho**. 17 set.2005. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/3716904199219876>. Acesso em: 8 jul.2021.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Itamaraty Brasil**: Twitter. 5 out.2018. Disponível em: <https://twitter.com/itamaratygovbr/status/1048332914994417664>. Acesso em: 8 jul.2021.

BRASIL. Controladoria-Geral da União. Portal da Transparência. **Marcus Vinicius Moreira Marinho**. 2021. Disponível em: <http://transparencia.gov.br/servidores/85621842>. Acesso em: 8 jul.2021.

BURKE, Peter. O polímata: a história cultural e social de um tipo intelectual. **Leitura**: Teoria & Prática, v.29, n.56, p.4-10, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.34112/2317-0972a2011v29n56p4-10>. Acesso em: 27 jun.2021.

BURKE, Peter. **O polímata**: uma história cultural de Leonardo da Vinci a Susan Sontag. São Paulo: Editora Unesp, 2020.

CHASQUETTI, Daniel. Tres experimentos constitucionales. El complejo proceso de diseño del Poder Ejecutivo en el Uruguay. **Revista Uruguaya de Ciencia Política**, v.27, n.1, p.41-64, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.26851/rucp.27.2>. Acesso em: 8 jul.2021.

CHASSOT, Attico. **Das disciplinas à indisciplina**. Curitiba: Appris, 2016.

CHASSOT, Attico. Do rigor cartesiano disciplinar à indisciplinaridade feyerabendiana. **Química Nova na Escola**, v.38, n.2, p.127-132, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/0104-8899.20160017>. Acesso em: 8 jul.2021.

FILGUEIRAS, Carlos A.L. A Química de José Bonifácio. **Química Nova**, v.9, n.4, p.263-268, 1986. Disponível em: [http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe\\_artigo.asp?id=5549](http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=5549). Acesso em: 8 jul.2021.

FOLHAONLINE. **Folha Trainee**: expediente. 30 abr.2003. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/folha/treinamento/5sentidos/te3004200334.shtml>. Acesso em: 8 jul.2021.

GAMA, José de Saldanha da. **Biographia e apreciação dos trabalhos do botânico brasileiro Frei José Marianno da Conceição Velloso**. Rio de Janeiro: Typographia Pinheiro e Cia., 1869. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=vTUPAAAYAAJ>. Acesso em: 28 jun.2021.

HEINZ, Flávio Madureira. Prosopografia se destaca como método para investigar profissões científicas e da saúde: entrevista a Marcos Cueto. **História Ciências Saúde Manguinhos**, nov.2018. Disponível em: <http://www.revistahcsm.coc.fiocruz.br/prosopografia-se-destaca-como-metodo-para-investigar-profissoes-cientificas-e-da-saude>. Acesso em: 26 jun.2021.

HILL, Jenny. Angela Merkel to step down as German chancellor in 2021. **BBC News**, 29 out.2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/world-europe-46020745>. Acesso em: 8 jul.2021.

LIMA, Telma Cristiane Sasso de; MIOTO, Regina Célia Tamaso. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Katálisis**, v.10, n.especial, p.37-45, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1414-49802007000300004>. Acesso em: 26 jun.2021.

LUDOPÉDIO. **Entrevistas**: José Roberto Torero. 12 jun.2013. Disponível em: <https://ludopedio.com.br/entrevista/jose-roberto-torero>. Acesso em: 8 jul.2021.

LUNA, Fernando J. Frei José Mariano da Conceição Veloso e a divulgação de técnicas industriais no Brasil colonial: discussão de alguns conceitos das ciências químicas. **História Ciências Saúde Manguinhos**, v.16, n.1, p.145-155, mar.2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-59702009000100009>. Acesso em: 28 jun.2021.

MAGGI, Leticia. Estude com professores de Harvard e MIT gratuitamente na plataforma Edx. **Estudarfora**, 16 jun.2021. Disponível em: <https://www.estudarfora.org.br/quanto-harvard-investe-em-seus-cursos-online-e-disponiveis-de-graca>. Acesso em: 26 jun.2021.

MEMÓRIA GLOBO. **Álvaro Pereira Jr.** 2019. Disponível em: <https://memoriaglobo.globo.com/perfil/alvaro-pereira-jr/perfil-completo>. Acesso em: 8 jul.2021.

MIPAD. Most Influential People of African Descent. **Class of 2018**: Politics & Governance. Disponível em: [https://www.mipad.org/files/P&G\\_Class\\_2018.jpg](https://www.mipad.org/files/P&G_Class_2018.jpg) Acesso em: 8 jul.2021.

MIPAD. Most Influential People of African Descent. **About Mipad**. 2021. Disponível em: <https://mipad.org/#about>. Acesso em: 8 jul.2021.

NAÇÕES UNIDAS. **Década Internacional de Afrodescendentes**. 2021. Disponível em: <https://decada-afro-onu.org>. Acesso em: 8 jul.2021.

NYE, Mary Jo. Hyle Biographies: Michael Polanyi (1891-1976). **Hyle International Journal for Philosophy of Chemistry**, v.8, n.2, p.123-127, 2002. Disponível em: [http://www.hyle.org/journal/issues/8-2/bio\\_nye.html](http://www.hyle.org/journal/issues/8-2/bio_nye.html). Acesso em: 8 jul.2021.

PEREIRA JÚNIOR, Álvaro. Calibre 12 no campus da USP. **Folha de S.Paulo**, 12 nov.2011. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ilustrada/8416-calibre-12-no-campus-da-usp.shtml>. Acesso em: 8 jul.2021.

PETRIKOWSKI, Nicki Peter. Angela Merkel: chancellor of Germany. **Britannica**, 11 fev.2021. Disponível em: <https://www.britannica.com/biography/Angela-Merkel>. Acesso em: 8 jul.2021.

RIBEIRO, Darcy. Universidade de Brasília. In: RIBEIRO, Darcy (Org.). **Universidade de Brasília**: projeto de organização, pronunciamento de educadores e cientistas e Lei nº 3998 de 15 de dezembro de 1961. Brasília: Editora UnB, 2011.

SANCHEZ, Wagner. **Gestão da mudança**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2020.

SANTOS, Nadja Paraense dos. Pedro II, sábio e mecenas, e sua relação com a Química. **Revista da SBHC**, v.2, n.1, p.54-64, 2004. Disponível em: [https://www.sbhc.org.br/revistahistoria/view?ID\\_REVISTA\\_HISTORIA=20](https://www.sbhc.org.br/revistahistoria/view?ID_REVISTA_HISTORIA=20). Acesso em: 8 jul.2021.

SCHWARTSMAN, Hélio. O futuro das universidades. **Folha de S.Paulo**, 27 jul.2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/colunas/helioschwartzman/2020/07/o-futuro-das-universidades.shtml>. Acesso em: 26 jun.2021.

UNIVERSITY OF CHICAGO. The University of Chicago Library. **Guide to the Michael Polanyi Papers 1900-1975**. 2009. Disponível em: <https://www.lib.uchicago.edu/e/scrc/findingaids/view.php?eadid=ICU.SPCL.POLANYI>. Acesso em: 8 jul.2021.

UNIVERSITY OF OXFORD. **Margaret Thatcher 1925-2013**. 9 abr.2013. Disponível em: <https://www.ox.ac.uk/news/2013-04-09-margaret-thatcher-1925-2013>. Acesso em: 8 jul.2021.

VELLOSO, José Marianno da Conceição. **Descrição sobre a cultura do Canamo, ou Canave**: sua colheita, maceração d'água, até se pôr no estado para ser gramado, ripado e assedado. Lisboa: Impressor da Santa Igreja Patriarcal, 1798b. Disponível em: <https://digital.bbm.usp.br/handle/bbm/3962>. Acesso em: 28 jun.2021.

ZUCCO, César. Química para um mundo melhor. **Química Nova**, v.34, n.5, p.733, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/i/2011.v34n5>. Acesso em: 26 jun.2021.

# CAPÍTULO 13

## SÍNTESIS DEL 2,4,5-TRIFENILIMIDAZOL EMPLEANDO TÉCNICAS DE LA QUÍMICA SOSTENIBLE

*Data de aceite: 23/08/2021*

### Patricia Elizalde Galván

Universidad Nacional Autónoma de México,  
Facultad de Química, Departamento de  
Química Orgánica

### Martha Menes Arzate

Universidad Nacional Autónoma de México,  
Facultad de Medicina, Departamento de  
Farmacología, Circuito Interior, Ciudad  
Universitaria  
Ciudad de México - México

### Fernando León Cedeño

Universidad Nacional Autónoma de México,  
Facultad de Química, Departamento de  
Química Orgánica

**RESUMEN:** En este trabajo se presentan dos técnicas para formar 2,4,5-trifenilimidazol, las cuales a través de la reacción Debus-Radziszewski, utilizan como materias primas un compuesto 1,2-dicarbonílico, un aldehído y una fuente de amoníaco, la cual puede ser,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  y  $\text{AcOH}$  (Método A) o bien,  $\text{AcONH}_4$  y  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  (Método B). El método A, resultó ser el mejor por los tiempos de reacción y temperatura, así como por la facilidad para aislar y purificar el producto. El método B, tiene la desventaja de emplear un tiempo de reacción más largo. Estos dos métodos permitieron obtener el producto con rendimientos aceptables (82 % y 84 %, respectivamente), a una temperatura más baja y tiempos de reacción más cortos, que los reportados en la literatura. El Método A, cumple con los siguientes principios de

la química sostenible: 1. Prevención; 2. Economía atómica; 5. Reducción de sustancias auxiliares. 6. Disminución del consumo energético.

**PALABRAS CLAVE:** Imidazol, química heterocíclica, química de alimentos.

### SÍNTESE DE 2,4,5-TRIFENILIMIDAZOL COM TÉCNICAS DE QUÍMICA SUSTENTÁVEL

**RESUMO:** Neste trabalho, são apresentadas duas técnicas para formar 2,4,5-trifenilimidazol, que através da reação de Debus-Radziszewski, utiliza como matéria-prima um composto 1,2-dicarbonil, um aldeído e uma fonte de amônia, que pode ser,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  e  $\text{AcOH}$  (Método A) ou então,  $\text{AcONH}_4$  e  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  (Método B). O método A revelou-se o melhor para tempos de reação e temperatura, bem como para facilidade de isolamento e purificação do produto. O método B tem a desvantagem de usar um tempo de reação mais longo. Esses dois métodos permitiram obter o produto com rendimentos aceitáveis (82% e 84%, respectivamente), em temperatura inferior e tempos de reação mais curtos do que os relatados na literatura. O Método A está em conformidade com os seguintes princípios da química sustentável: 1. Prevenção; 2. Economia atômica; 5. Redução de substâncias auxiliares. 6. Diminuição do consumo de energia.

### SYNTHESIS OF 2,4,5-TRIPHENYLIMIDAZOLE USING SUSTAINABLE CHEMISTRY TECHNIQUES

**ABSTRACT:** In this work two techniques to form 2,4,5-triphenylimidazole are presented, which

through the Debus-Radziszewski reaction, use as raw materials a 1,2-dicarbonyl compound, an aldehyde and a source of ammonia, which it can be,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  and AcOH (Method A) or.  $\text{AcONH}_4$  and  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  (Method B). Method A was found to be the best for the reaction times and temperature, as well as for the facility to isolate and purify the product. Method B has the disadvantage of using a longer reaction time. These two methods allowed obtaining the product with acceptable yields (82% and 84%, respectively), at a lower temperature and shorter reaction times, than those reported in the literature. Method A complies with the following principles of sustainable chemistry: 1. Prevention; 2. Atomic economy; 5. Reduction of auxiliary substances. 6. Decrease in energy consumption

**KEYWORDS:** Imidazole, heterocyclic chemistry, food chemistry.

## INTRODUCCIÓN

En el curso de Laboratorio Química Orgánica III clave 1628 de la carrera de Química de Alimentos, se estudia la formación de derivados de anillos heterocíclicos, los cuales ilustran a los alumnos de esta carrera como se pueden formar los compuestos heterocíclicos (CH) que a su vez se forman a través de la reacción de Maillard. Por medio de esta reacción se explica la formación de los CH durante los procesos de cocción, freído y asado de los alimentos, los cuales son responsables de las propiedades organolépticas que les dan el sabor, olor y color a los alimentos. Dentro de estos compuestos se encuentran derivados del imidazol. En este trabajo se presentan dos técnicas para formar el 2,4,5-trifenilimidazol a través de la reacción de Debus-Radziszewski (DEBUS, 1858; RADZISEWSKI, 1882), la cual utiliza como materias primas, un compuesto 1,2-dicarbónico, un aldehído y una fuente de amoníaco. Las fuentes de amoníaco utilizadas pueden ser una disolución acuosa de amoníaco, cloruro de amonio, carbonato de amonio, bicarbonato de amonio, acetato de amonio, urotropina (LIU *et al.*, 2014). En la aproximación del presente estudio, se utilizaron dos fuentes de amoníaco: por un lado, carbonato de amonio y ácido acético y por el otro, acetato de amonio en presencia de fosfato monobásico de sodio.

Algunos de los derivados del imidazol que demuestran la importancia que tiene este anillo heterocíclico, se mencionan a continuación.

La histidina es un aminoácido esencial. El dipéptido carnosina (CAR) y sus análogos metilados anserina (ANS) y balenina (BAL) son dipéptidos derivados de la histidina ampliamente distribuidos en los tejidos de animales vertebrados, especialmente en el músculo esquelético, el corazón y el sistema nervioso central (MORA *et al.*, 2007), (Figura 1).

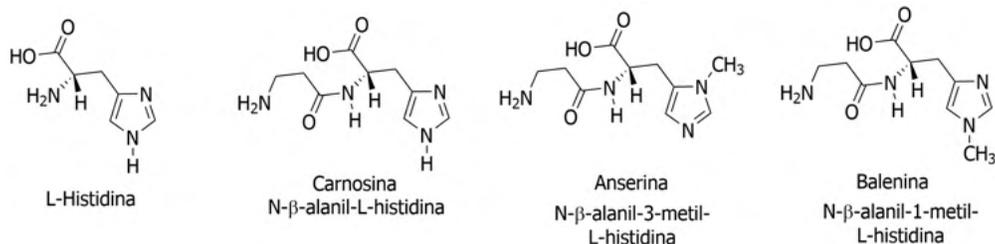


Fig. 1: Derivados de imidazol de importancia.

También se ha descrito su actividad como antioxidantes (Alaiz *et al.*, 1997), (Figura 2).

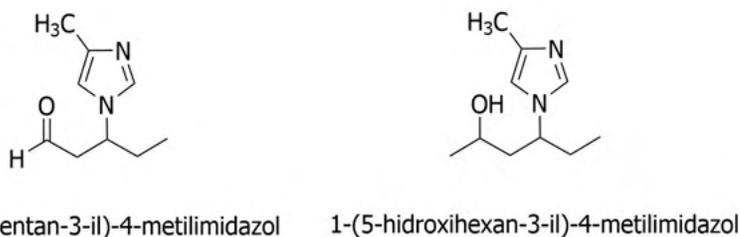


Fig. 2: Derivados de imidazol que actúan como antioxidantes.

Se determinó que el 4-metilimidazol y su tautómero el 5-metilimidazol [4(5)-MI], es un compuesto químico carcinógeno, por el Programa Nacional de Toxicología en 2007 (NTP por sus siglas en inglés) (U.S. Department of Health and Human Services, 2007). Sin embargo, algunos productos químicos tóxicos, incluidos 4(5)-MI, aminas aromáticas, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), y la acrilamida, inevitablemente se forman por el tratamiento térmico de los alimentos (JANG *et al.*, 2013) (Figura 3).

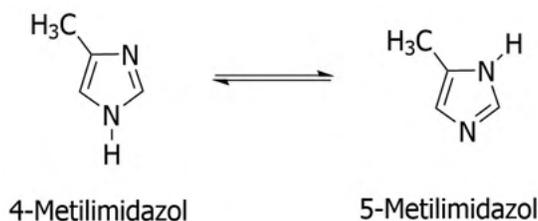


Fig. 3: Derivados de imidazol que actúan como cancerígenos.

Esta práctica forma parte de un Manual de experimentos de la materia Química Orgánica III (1628), de la Carrera Química de Alimentos, en el que se incorporan técnicas de la química sostenible para llevar a cabo experimentos de química orgánica heterocíclica

orientada a la Química de Alimentos. Este Manual está en proceso de revisión y formará parte del acervo de esta Universidad, el cual estará en línea para poder ser descargado. A través del Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la UNAM, Proyecto PE205317, se contó con fondos para la realización del proyecto.

Para el presente estudio, los objetivos fueron:

- Preparar 2,4,5-trifenilimidazol mediante la reacción de un compuesto 1,2-dicarbonílico, un aldehído y amoniaco.
- Incorporar algunos de los principios de la química verde en los protocolos experimentales.

## METODOLOGÍA

### Procedimiento A

En un matraz redondo con fondo plano de 25 mL, colocar 0.21 g (1 mmol) de bencilo, 0.12 mL (0.125 g, 1 mmol) de benzaldehído, 0.770 g (10 mmol) de carbonato de amonio y 1.5 mL de ácido acético, mezclar hasta la disolución total de los sólidos. Una vez disueltos estos, calentar la mezcla a reflujo durante 10 min. Terminado el tiempo de calentamiento enfriar, verter la mezcla de reacción en 10 g de hielo. Tomar el pH de la disolución, y en caso de ser necesario neutralizar la disolución con bicarbonato de sodio. Aislar el producto crudo por medio de una filtración al vacío. Lavar el producto impuro con 10 mL de agua. Purificar el producto por recristalización de etanol/agua y aislarlo posteriormente por filtración al vacío. Una vez seco, determinar el punto de fusión (reportado: 274-278 °C con descomposición) y el rendimiento. La reacción del procedimiento A se aprecia en la figura 4.

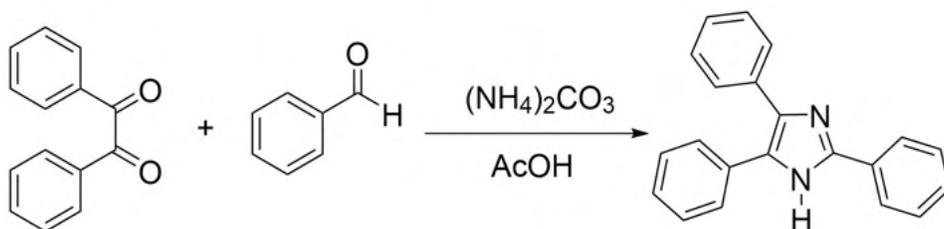


Fig. 4: Reacción para obtener el 2,4,5-trifenil imidazol, procedimiento A.

### Procedimiento B

En un matraz redondo con fondo plano con dos bocas de 25 mL, colocar 0.21 g (1 mmol) de bencilo, 0.12 mL (0.125 g, 1 mmol) de benzaldehído, 0.39 g (5 mmol) de acetato de amonio y 0.042 g (0.3 mmol) de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ . Calentar la mezcla de reacción a 100°C, durante 20 min. Terminado el tiempo de calentamiento, enfriar y agregar 10 mL de agua, aislar por

filtración al vacío el sólido al vacío. Purificar el producto por recristalización de etanol/agua y aislarlo posteriormente por filtración al vacío. Determinar el punto de fusión (reportado: 274-278 °C, con descomposición) y el rendimiento. La reacción del procedimiento B, se puede visualizar en la figura 5.

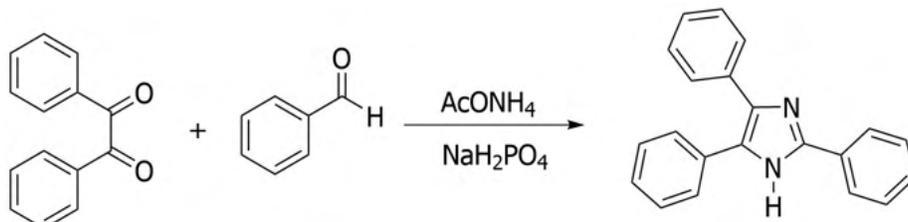


Fig. 5: Reacción para obtener el 2,4,5-trifenil imidazol, procedimiento B.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No obstante que está descrito el uso de microondas para la reacción de Debus-Radziszewski, se hace uso de catalizadores metálicos, como el molibdato de amonio tetrahidratado (Safari *et al.*, 2010), o de níquel (Chundawat *et al.*, 2016), por lo cual, no se empleó esta técnica, ya que nos habíamos planteado hacer uso de la mayoría de los principios de la Química Verde. También se había propuesto el objetivo de establecer una metodología para llevar a cabo la reacción a temperatura ambiente de acuerdo con los principios ya comentados, pero esto no se pudo lograr. Actualmente la manera en la que se lleva a cabo la reacción en los laboratorios de docencia es utilizando los mismos reactivos (bencilo, benzaldehído y acetato de amonio) y calentando a reflujo durante 1 hora (Menes & Jiménez, 2018; Marzouk, 2013). De los dos métodos estudiados, el que se consideró más adecuado, con tiempos de reacción más cortos, es el método A, ya que solo se calienta a reflujo por 10 minutos obteniéndose el producto con un rendimiento del 82%. Este procedimiento al realizarlo los alumnos, obtuvieron rendimientos que van del 70 al 75%. En comparación con el método B, en el cual se debe calentar a reflujo por 20 minutos, obteniéndose el producto con un rendimiento del 84%. El punto de fusión del 2,4,5-trifenilimidazol fue de 276-278 °C, con descomposición, lo cual está de acuerdo con lo descrito en la literatura (Chemical Book, [https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty\\_EN\\_CB2401234.htm](https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB2401234.htm)). Mediante un análisis por cromatografía en capa fina (cromatoplasmas de sílica gel en soporte de aluminio con indicador de fluorescencia 60F<sub>254</sub>), eluyente hexano:acetato de etilo (80:20), revelador UV onda corta, el bencilo presentó un R<sub>f</sub> de 0.58 y el 2,4,5-trifenilimidazol de 0.33. Además, con base en sus propiedades espectroscópicas, se corroboró la estructura del producto obtenido. En la figura 6, se muestra la estructura del compuesto estudiado con la asignación H del grupo fenilo en la posición 2.

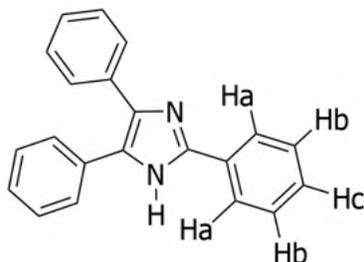


Fig. 6: Estructura del 2,4,5-trifenilimidazol. Asignación de los H del grupo fenilo en la posición 2.

### Espectro de RMN $^1\text{H}$ (90 MHz), $\text{DMSO-d}_6$ , TMS referencia interna

En el espectro de RMN  $^1\text{H}$ , Figura 7, se observa una señal centrada a 8.0 ppm que integra para dos H, y se puede ver una señal doble de dobles, originada por el desdoblamiento por un acoplamiento *orto* ( $J = 18$  Hz) y otro desdoblamiento originado por un acoplamiento *meta*, de los hidrógenos Ha que se muestran en la Figura 6. Se observa una señal centrada en 7.4 ppm, que integra para 13 H, dentro de la cual se pueden diferenciar los hidrógenos Hb (Figura 6) en las posiciones 3 y 5 del mismo fenilo, los cuales presentan un desdoblamiento doble de doble, debido a un doble acoplamiento *orto* ( $J = 18$  Hz). Los hidrógenos restantes se observan como una señal múltiple, de los hidrógenos de los fenilos en las posiciones 4 y 5. La señal ancha a 12.7 ppm se asigna al H de la posición 1 del anillo del imidazol. La señal a 3.4 ppm se asigna al agua presente en la muestra y el disolvente deuterado.

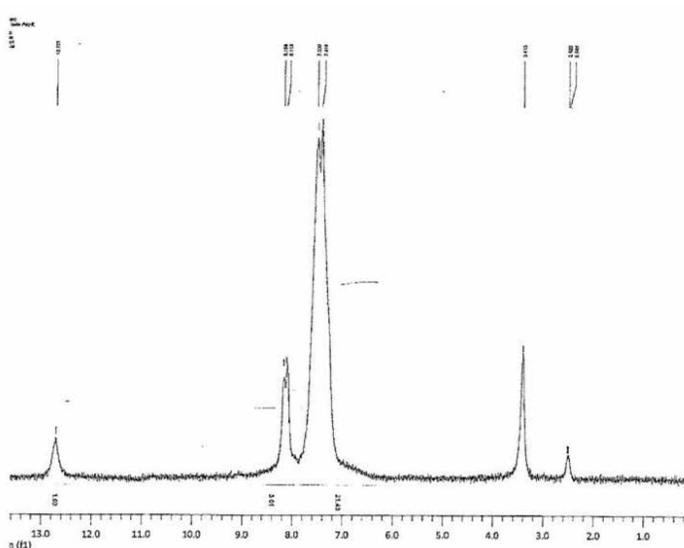


Fig. 7: Espectro de RMN  $^1\text{H}$  del 2,4,5-trifenilimidazol.

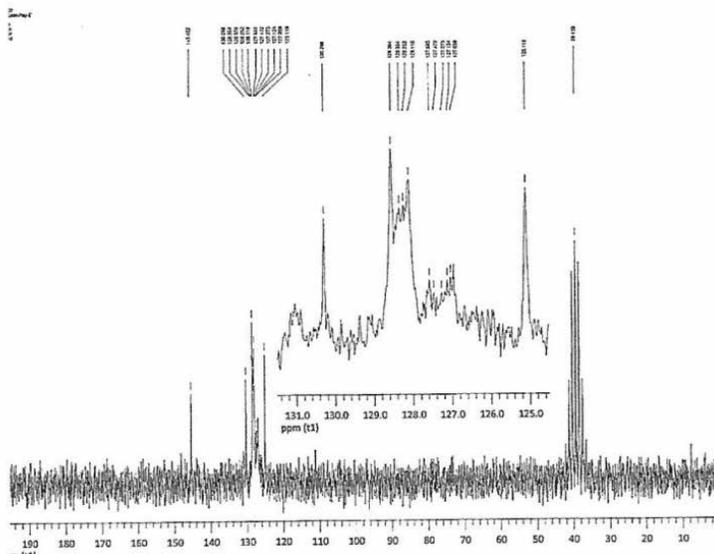


Fig. 8: Espectro de RMN  $^{13}\text{C}$  del 2,4,5-trifenilimidazol.

### Espectro de RMN $^{13}\text{C}$ (80 MHz), DMSO- $d_6$ , TMS referencia interna

El espectro carbono-13 del 2,4,5-trifenilimidazol (Figura 8) muestra solamente C con hibridación  $sp^2$ , a campo bajo entre 125.1 y 130.3 ppm. Las señales de los C más desprotegidos se asignaron a C-2, 130.2 ppm, seguidas de los C-5, 128.6 ppm y al C-4 a 128.5 ppm. El resto de los carbonos se encuentran entre 128.2 y 127.0 ppm. La señal a 125.2 ppm se atribuye a los H en las posiciones 4 de los anillos bencénicos. La señal múltiple a 39.5 ppm se asigna al disolvente, dimetilsulfóxido deuterado.

### Espectro de IR

FTIR (KBr,  $\nu$ ,  $\text{cm}^{-1}$ ): 3038 (NH), 2999, 2967, 2809, 1610 (C=C), 1587, 1460 (C=N); se observa el patrón característico de los anillos bencénicos monosustituídos entre 2000-1600  $\text{cm}^{-1}$ , que se confirman con las señales a 689 y 764  $\text{cm}^{-1}$  (Figura 9). Todos los datos espectroscópicos coinciden con lo reportado por el National Institute of Advanced Industrial Science and Technology ([https://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/direct\\_frame\\_top.cgi](https://sdbs.db.aist.go.jp/sdbs/cgi-bin/direct_frame_top.cgi)).

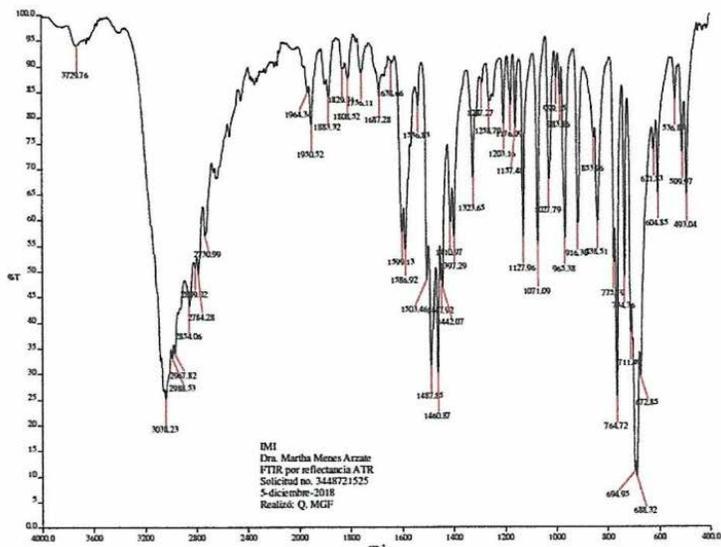


Fig. 9: Espectro de IR del 2,4,5-trifenilimidazol.

## CONCLUSIONES

Se logró sintetizar con buen rendimiento el 2,4,5-trifenilimidazol mediante la reacción de bencilo, benzaldehído y una fuente de amoníaco por dos métodos, siendo el más adecuado el método A, debido a que los tiempos de reacción son más cortos que en el método B.

Se lograron incorporar algunos de los principios de la Química Verde en los protocolos experimentales.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo económico del programa PAPIME de la DGAPA de la UNAM, Proyecto PE205317. A las Maestras Alejandrina Acosta Huerta, Irene Audelo Méndez y Marisela Gutiérrez Franco por los experimentos de espectroscopia. Al Dr. Héctor García-Ortega por la revisión de este manuscrito y sus aportaciones al mismo.

## REFERENCIAS

1. ALAIZ, M., HIDALGO, F.J. & ZAMORA, R. **Comparative Antioxidant Activity of Maillard and Oxidized Lipid-Damaged Bovine Serum Albumin.** *J. Agric. Food Chem.*, 45 (8), 3250-3254, 1997
2. CHUNDAWAT, T S., SHARMA, N., KUMARI, P. & BHAGAT, S. **Microwave-Assisted Nickel-Catalyzed One-Pot Synthesis of 2,4,5-Trisubstituted Imidazoles.** *Synlett*, 27, 404-408, 2016.

3. DEBUS, H. Ueber die Einwirkung des Ammoniaks auf Glyoxal. *Liebigs Ann.*, 107 (2), 199-208, 1858.
4. JANG, H.W., JIANG, Y., HENGEL, M. & SHIBAMOTO, T. **Formation of 4(5)-Methylimidazole and Its Precursors,  $\alpha$ -Dicarbonyl Compounds, in Maillard Model Systems.** *J. Agric. Food Chem.*, 61 (28), 6865-6872, 2013.
5. LIU, C., DAI, R.J., YAO, G.W. & DENG, Y.L. **Synthesis of 2-Aroyl-(4 or 5)-aryl-1H-imidazoles and 2-Hydroxy-3,6-diaryl-pyrazines Via a Cascade Process.** *Arkivoc*, (iv), 146-163, 2014.
6. MARZOUK, A.A., ABBASOV, V.M. TALYBOV, A.H. & MOHAMED, S.K. **Synthesis of 2,4,5-Triphenyl Imidazole Derivatives Using Diethyl Ammonium Hydrogen Phosphate as Green, Fast and Reusable Catalyst.** *World Journal of Organic Chemistry*, 1 (1), 6-10, 2013.
7. MENES, M.A. & JIMENEZ, C.C. **Manual de Prácticas de Laboratorio, Química Orgánica III, 1628.** Sitio Web: [http://amyd.quimica.unam.mx/pluginfile.php/10543/mod\\_resource/content/1/PRACTICAS%20QO%20III%20%281628%29%202019-1.pdf](http://amyd.quimica.unam.mx/pluginfile.php/10543/mod_resource/content/1/PRACTICAS%20QO%20III%20%281628%29%202019-1.pdf). 2018.
8. MORA, L., SENTANDREU, M.A. & TOLDRÁ, F. **Hydrophilic Chromatographic Determination of Carnosine, Anserine, Balenine, Creatine, and Creatinine.** *J. Agric. Food Chem.*, 55 (12), 4664-4669, 2007.
9. RADZISEWSKI, Br. **Ueber Glyoxalin und Seine Homologe.** *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, 15 (2), 2706-2708. 1882.
10. SAFARI, J., KHALILI, S.D. & BANITABA, S.H. **A Novel and an Efficient Catalyst for One-Pot Synthesis of 2,4,5-Trisubstituted Imidazoles by Using Microwave Irradiation Under Solvent-Free Conditions.** *J. Chem. Sci.*, 122 (3), 437-441, 2010.
11. U. S. Department of Health and Human Services Sitio Web: <https://ntp.niehs.nih.gov/results/pubs/longterm/reports/longterm/tr500580/listedreports/tr535/index.html>. 2007.

# CAPÍTULO 14

## ESTUDO COMPARATIVO DO USO DE CARVÃO ATIVADO, CINZA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E COCOS NUCIFERA L. COMO ADSORVENTE NATURAL DE CROMO (VI) EM MEIO AQUOSO

Data de aceite: 23/08/2021

Data de submissão: 03/06/2021

**Bruna Baptista Branco**

Laboratório de Ensaios Ambientais – Centro  
Universitário São Judas Unimonte  
Santos – São Paulo

**Monique Rodrigues dos Santos Silva**

Laboratório de Ensaios Ambientais – Centro  
Universitário São Judas Unimonte  
Guarujá – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/3327113552794473>

**Juliana Duarte Gregório da Rocha**

Laboratório de Ensaios Ambientais – Centro  
Universitário São Judas Unimonte  
São Vicente – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/8349388595465612>

**Waldemar Alves Ribeiro Filho**

Laboratório de Ensaios Ambientais – Centro  
Universitário São Judas Unimonte  
São Vicente – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/0753452057736480>

**Antonio Iris Mazza**

Laboratório de Ensaios Ambientais – Centro  
Universitário São Judas Unimonte  
Santos – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/2680480584474871>

**José Graziane de Souza**

Laboratório de Ensaios Ambientais – Centro  
Universitário São Judas Unimonte  
Santos – São Paulo

**Juliana Torres Silva**

Laboratório de Ensaios Ambientais – Centro  
Universitário São Judas Unimonte  
Santos – São Paulo

**RESUMO:** A preocupação em relação à contaminação da água com metais pesados é relevante devido a sua toxicidade agregada, justificando o uso de processos para o tratamento de efluentes com alta viabilidade. O presente estudo teve por objetivo avaliar a técnica de adsorção aplicada à remoção de Cromo (VI) em meio aquoso, utilizando três diferentes adsorventes: carvão ativado, cinza do bagaço da cana de açúcar e pó da fibra de *Cocos nucifera*, sendo os dois últimos materiais alternativos. Para tanto, os experimentos foram realizados utilizando parâmetros uniformizados, tais como, tamanho das partículas adsorventes, pH e tempo de agitação, tendo as concentrações medidas por Espectrofotometria. Comparados os resultados obtidos para cada material, o pó da fibra de *C. nucifera* destacou-se como o material mais eficiente para a remoção do Cr (VI), apresentando 91% de capacidade de remoção e 3 g L<sup>-1</sup> como dose adequada de adsorvente para uma concentração fixa de metal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adsorção; bagaço de cana-de-açúcar; carvão ativado; *Cocos nucifera*; Cromo (VI).

# COMPARATIVE STUDY OF THE USE OF ACTIVATED CARBON, SUGARCANE BAGASSE ASH AND COCOS NUCIFERA L. AS A NATURAL CHROME (VI) ADSORBENT IN AQUEOUS MEDIUM

**ABSTRACT:** The concern about water contamination with heavy metals is relevant because of its aggregate toxicity, justifying the use of processes for the treatment of effluents with high viability. This study aimed to evaluate the technique of adsorption applied to the removal of chromium (VI) in an aqueous medium, using three different adsorbents: activated charcoal, bagasse ashes from the sugar cane and Cocos nucifera powder, the latter two alternative materials. The experiments of adsorption equilibrium were conducted using standardized parameters such as size of the adsorbent particles, pH and stirring time. The concentration was measured by spectrophotometry. Comparing the results obtained for each material, C. nucifera stood out as the most efficient material for the removal of chromium, with 91% removal capacity and 3 g L<sup>-1</sup> as appropriate dosage of adsorbent for the fixed metal concentration.

**KEYWORDS:** Activated charcoal; adsorption; bagasse ashes from the sugar cane; chromium; Cocos nucifera.

## 1 | INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento acelerado da população mundial e a necessidade à rápida industrialização, houve uma significativa elevação dos níveis de poluição ambiental, os quais acabaram por interferir diretamente na qualidade de todos os ambientes, destacando-se aqui o meio aquático (FERREIRA et al., 2012).

Tais ecossistemas são contaminados por efluentes provenientes de empresas e indústrias contendo elevada concentração de metais pesados, sendo estes, altamente tóxicos e prejudiciais ao meio ambiente e a saúde humana, podendo inclusive causar diversas doenças e em casos mais graves levar a morte (BONICI, 2014).

Como exemplo dessa situação, o filme “Erin Brockovich - Uma Mulher de Talento”, conta a trajetória verídica do efeito da contaminação por cromo nas águas de uma cidade, o que ficou evidenciado pela quantidade de moradores com câncer, obrigando a empresa responsável pela contaminação a pagar uma indenização milionária (GIANNETTI et al., 2015).

O filme, não difere muito da realidade brasileira no que se refere ao lançamento inadequado de metais pesados no meio ambiente. Assim sendo, como forma de estabelecer padrões de lançamento de efluentes nas águas, criou-se a Resolução CONAMA N° 430/2011, a qual dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução N° 357/2005 (LIMA, 2015).

Entretanto, quando um corpo hídrico já se encontra contaminado com metais pesados, se faz necessária a aplicação de algum processo de tratamento para efetuar a remoção dos mesmos presentes em soluções aquosas e efluentes. A adsorção tem sido bastante procurada e estudada, principalmente no que se refere a busca por novos materiais adsorventes que apresentem eficiência de remoção e baixo custo em relação aos

métodos tradicionais (LESMANA et al., 2009; MONTEIRO, 2008).

Portanto, o estudo desenvolvido no presente trabalho tem por finalidade comparar o potencial de adsorção do material adsorvente in natura pó da fibra de coco com um material modificado, a cinza do bagaço da cana-de-açúcar e com o material mais utilizado comercialmente, o carvão ativado em pó, para remoção dos íons de cromo (VI) presentes em solução aquosa.

Conhecida popularmente como coqueiro e palma de coco, a *Cocos nucifera* L. é uma árvore dos trópicos muito conhecida e uma das mais importantes economicamente. O coqueiro é uma palma alta e reta, de 10 a 20 metros de altura, sendo o seu fruto utilizado como fonte de alimentação, bebida, combustível, fibra, madeira e óleo (PARROTTA, 2015).

A fibra encontrada no mesocarpo (casca do coco), parte rígida, espessa e fibrosa, é composta por celulose e lenho, os quais se transformam em um material inodoro e resistente, inclusive ao aparecimento de fungos. A partir do processo de moagem da fibra, obtém-se o pó da casca de coco, que em suas características microscópicas apresentam-se como um excelente adsorvente, abrindo possibilidades de uso na área de bioremediação de solos e biossorção de metais pesados (SOUZA et al., 2007).

Proveniente da extração da garapa após a sua moagem, o bagaço de cana-de-açúcar e misturado com as palhas das folhas da planta, para que este material, rico em potássio, seja queimado em caldeira gerando o vapor que é utilizado no processo de fabricação de açúcar e álcool e as cinzas (EMBRAPA, 2015).

A destinação das cinzas do bagaço da cana-de-açúcar, atualmente é um dos grandes problemas dos administradores das usinas, os quais procuram meios de reutilização e redução do mesmo (MAZZA, 2012).

O carvão ativado é um material carbonáceo caracterizado por possuir uma elevada área superficial e porosidade altamente desenvolvida, o que lhe confere a capacidade de adsorver moléculas presentes tanto em fase líquida quanto gasosa (PEREIRA, 2012).

A estrutura do carvão ativado é basicamente constituída por uma base grafitica, em que os vértices e as bordas podem acomodar uma série de elementos, tais como, oxigênio, nitrogênio e hidrogênio, os quais se apresentam como grupos funcionais, visualizados como faixas de compostos aromáticos ligadas entre si, assemelhando-se a uma mistura de “raspas de madeira” com espaços vazios de dimensões variáveis entre as camadas, constituindo os seus poros (NIEDERSBERG, 2012).

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Equipamentos e reagentes

A fibra de coco e as cinzas provenientes da queima do bagaço de cana-de-açúcar foram cedidas, respectivamente, pela Cooperativa de Trabalho da Cidade Alta (Coopercial) da cidade de São Vicente/SP e pela Usina J. Pilon da cidade de Cerquillo/SP. Foi utilizado

também carvão ativado da marca SYNTH, lote 184962, em pó com granulometria de 100 mesh.

A pulverização da fibra de coco, previamente seca a 40°C por 48 horas em estufa de secagem da marca QUIMIS, modelo Q317B, foi realizada por processo de moagem em Moinho de Facas tipo Willey, marca DeLeo, modelo EDB-5, na empresa Bureau Veritas Inspectorate Ltda.

A separação das partículas sólidas dos adsorventes foi efetuada através de um peneirador mecânico, programado para realizar a agitação na frequência constante de 3.600 vpm da marca Bertel equipado com um conjunto de peneiras Tamis fabricadas em latão, Mesh Tyler: 42; 80; 100; 150; 250 e reservatório, correspondendo às seguintes aberturas de malhas, 0,350; 0,177; 0,149; 0,105; 0,063 e 0,0 mm, respectivamente.

Para o preparo das soluções testadas, foi utilizado dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ) da marca AUDAZ Brasil, lote 1306021, dissolvido em água obtida em Sistema Purificador de Água por Osmose Reversa, modelo OS 10 LX Farma, fabricado pela Gehaka.

Para a execução dos processos de filtração a vácuo, foi usado inicialmente um sistema montado com kitassato, funil de Büchner e papel de filtro qualitativo marca Unifil 80 g com diâmetro de 12,5 cm; um sistema com Membrana de Fibra de Vidro Macherey-Nagel de porosidade 0,7  $\mu m$  e diâmetro de 47 mm e por último um outro sistema com membrana de nitrato de celulose Sartorius de porosidade de 0,45  $\mu m$  e diâmetro de 47 mm, além de uma Bomba de Vácuo marca Tecnal, modelo TE-058.

Para o tratamento das soluções com os adsorventes, foi usado aparelho Jar test, modelo FlocControl VI da marca Policontrol. As pesagens foram efetuadas em uma balança analítica Gehaka, modelo AG200 e as medições de pH através de Papel Indicador Universal de pH da marca Merck.

As análises de concentração de íons cromo, foram feitas em um Espectrofotômetro UV-Vis modelo Smart Spectro da marca LaMotte (PoliControl) com cubetas de 1,0 cm de caminho óptico e sachês de Difenilcarbazida da HANNA Instrumentos - HI93723-0 - H047.

## **2.2 Preparo dos adsorventes e da solução contendo os íons cromo (VI)**

Para a realização dos ensaios, foram separadas as partículas de adsorvente com granulometria entre 100 e 150 mesh.

A Figura 1 mostra dois materiais alternativos escolhidos para este ensaio.

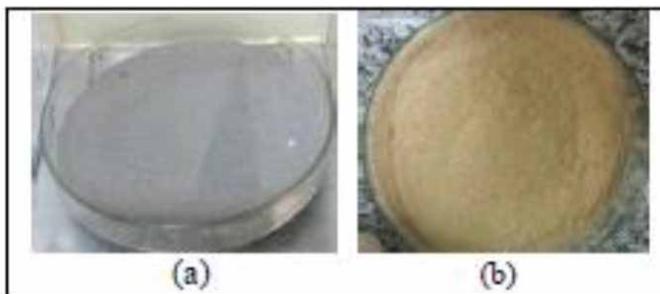


Figura 1. Adsorventes alternativos utilizados no ensaio: (a) cinzas de bagaço de cana e (b) pó de fibra de coco.

A partir de uma solução mãe com concentração 2,0 g L<sup>-1</sup> de íons Cromo (VI), foram preparados 3 litros de uma solução 1,0 mg L<sup>-1</sup> para os ensaios preliminares comparativos entre os três adsorventes, 6 litros para os ensaios de construção de uma isoterma com o adsorvente mais eficiente e 100 mL de cinco soluções aquosas para a construção de uma curva de calibração, cujas concentrações foram: 1,00; 0,75; 0,50; 0,25 e 0,125 mg L<sup>-1</sup>. Todas as soluções foram mantidas com pH 6,0 e temperatura de 25°C durante a realização dos procedimentos experimentais.

### 2.3 Ensaios de equilíbrio

Os experimentos de equilíbrio foram conduzidos de forma independente com 1,0 g de cada um dos três adsorventes e a capacidade de adsorção foi calculada pela equação 1:

$$Q_{eq} = \frac{(C_o - C_{eq})}{m} \cdot V \quad (1)$$

onde,  $Q_{eq}$  representa a quantidade de metal adsorvido (mg g<sup>-1</sup>),  $m$  a massa do adsorvente (g),  $C_o$  e  $C_{eq}$  as concentrações inicial e final dos íons metálicos em meio aquoso (mg L<sup>-1</sup>) e  $V$  o volume da solução (L).

A porcentagem de íons metálicos removidos também foi calculada aplicando a equação 2:

$$\% R = 100 - \left[ \frac{C_{eq}}{C_o} \cdot 100 \right] \quad (2)$$

onde, em nosso caso, % R representa a porcentagem de íons cromo removidos da solução aquosa testada.

De acordo com Oliveira (2013), isotermas de adsorção são curvas resultantes de dados obtidos a partir da capacidade que diferentes materiais adsorventes têm de reter moléculas do material adsorvido, assim sendo, elas demonstram o comportamento de como ocorre à adsorção.

No caso deste estudo, identificado o adsorvente mais eficiente, a construção de uma isoterma foi utilizada para avaliar a relação entre a porcentagem de íons metálicos removidos e a quantidade máxima do adsorvente que deve ser utilizada quando se realiza o experimento com um litro de solução aquosa de cromo 1,0 mg L<sup>-1</sup>, fornecendo uma ideia de como o adsorvente efetivamente poderá adsorver o adsorbato em uma situação real (NIEDERSBERG, 2012).

A Figura 2 mostra o aparelho de Jar test preparado para o início do ensaio de adsorção de Cromo (VI) variando a concentração da quantidade de Cocos nucífera.



Figura 2. Ensaio para avaliar a dependência da adsorção de Cromo (VI) em função da quantidade de pó de Cocos nucífera.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Curva de calibração para as análises por espectrofotometria

A fim de estabelecer uma faixa linear onde é possível relacionar as medidas de absorbância com a concentração, no espectrofotômetro UV/Visível, utilizando o comprimento de onda de 530 nm, foram feitas leituras de absorbância para concentrações de cromo (VI) na faixa de 0,0 a 1,0 mg L<sup>-1</sup>. Os resultados permitiram construir a curva de calibração apresentada na Figura 3, a qual foi utilizada para determinar o teor de Cr (VI) nos ensaios de adsorção.

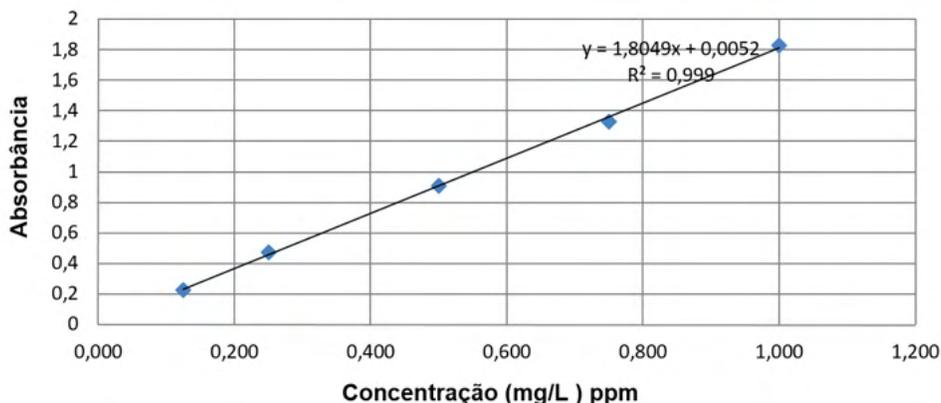


Figura 3. Curva analítica para determinação de cromo (VI).

### 3.2 Teste comparativo dos materiais adsorventes

Em três recipientes contendo 1,0 litro de solução aquosa de cromo (VI) na concentração de 1,0 mg L<sup>-1</sup>, foram colocados separadamente 2,0 g de cada adsorvente. Após 30 minutos de agitação constante a 100 rpm (25°C; pH 6,0) e processo de filtração como descrito em materiais e métodos, a concentração de íons cromo foi analisada. Com auxílio das equações 1 e 2 foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 1.

Adsorvente	Qeq (mg g <sup>-1</sup> )	% R
Carvão Ativado	0,104 ± 0,001	21,0 ± 0,1
Cinzas do Resíduo de Bagaço de Cana	0,115 ± 0,001	23,0 ± 0,1
Pó da Fibra de <i>Coco nucifera</i>	0,456 ± 0,001	91,0 ± 0,1

Tabela 1. Quantidade de metal adsorvido (Qeq) e Porcentagem removida (% R).

Observa-se que, em relação ao carvão ativado e as cinzas do resíduo de bagaço de cana, o pó da fibra de *Coco nucifera* se mostrou muito mais eficiente na adsorção de uma quantidade fixa de Cromo (VI).

Com base nesses resultados, o pó da fibra de *C. nucifera* foi o adsorvente escolhido para a continuidade dos estudos de remoção de cromo hexavalente.

### 3.3 Efeito da concentração do adsorvente pó de fibra de *C. nucifera* na remoção de cromo hexavalente

A quantidade de adsorvente em solução é um importante parâmetro a ser considerado, uma vez que determina a capacidade que cada adsorvente tem para remover

uma concentração inicial fixa de um metal.

A dependência da adsorção com a quantidade de pó de fibra de *C. nucifera* em solução foi estudada fazendo-se uma variação de 1,0 a 6,0 g desse biossorbente mantidos constantes os outros parâmetros (pH = 6,0; 25°C; concentração de Cr (VI) 1,0 mg L<sup>-1</sup> e tempo de agitação de 30 minutos a 100 rpm).

Na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos para as quantidades de metal adsorvido (*Q<sub>eq</sub>*) e as porcentagens de remoção de metal da solução (% *R*), calculados pelas equações 1 e 2.

Quantidade de pó de <i>C. nucifera</i> (g)	<i>Q<sub>eq</sub></i> (mg g <sup>-1</sup> )	% <i>R</i>
1,0	0,763 ± 0,011	76,3 ± 1,1
2,0	0,457 ± 0,001	91,3 ± 0,1
3,0	0,315 ± 0,001	94,6 ± 0,2
4,0	0,235 ± 0,001	94,1 ± 0,1
5,0	0,188 ± 0,001	93,9 ± 0,1
6,0	0,154 ± 0,001	92,1 ± 0,3

Tabela 2. Quantidade de cromo (VI) adsorvido (*Q<sub>eq</sub>*) e Porcentagem removida (% *R*) em função da quantidade de pó da fibra de Cocos nucifera.

A Figura 4 mostra a construção de uma isoterma fazendo o gráfico da porcentagem removida de cromo em função da quantidade de pó da *C. nucifera*.

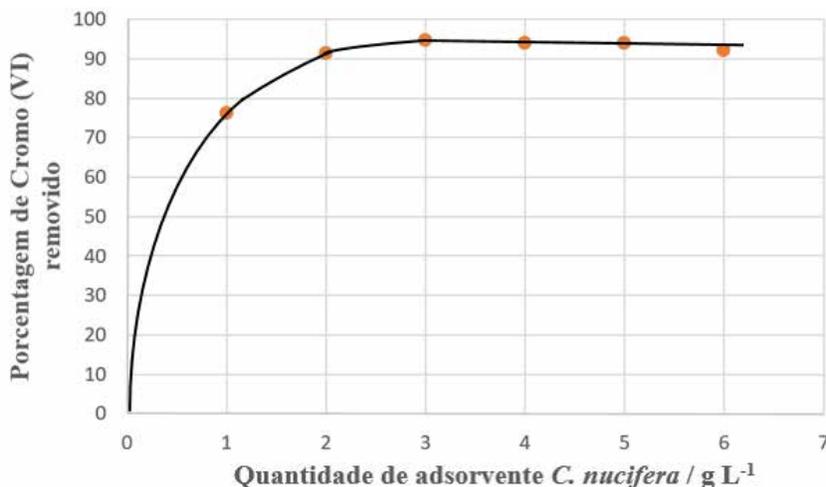


Figura 4. Isoterma da porcentagem de cromo removida em função da massa de *C. nucifera*.

Neste estudo, a dose ou quantidade de adsorvente foi definida como a quantidade de *C. nucifera*, em gramas, colocada em contato com um volume de um litro da solução de cromo.

A análise do gráfico mostra um ponto de máxima adsorção para 3,0 g L<sup>-1</sup> de *C. nucifera*, onde a porcentagem atingiu 94,6% de remoção do metal. A partir desse ponto atingimos uma condição de equilíbrio para a capacidade de adsorção, observando-se uma discreta redução da eficiência com o aumento da dose.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O teste comparativo realizado com carvão ativado, cinzas do resíduo do bagaço de cana-de-açúcar e pó da fibra de *Cocos nucifera* mostrou que a capacidade de remoção de Cromo (VI) é bem maior para a fibra de coco (91%) nas seguintes condições: 2,0 g de adsorvente com granulometria entre 100 e 150 mesh em um litro de solução com concentração de Cromo (VI) 1,0 mg L<sup>-1</sup>; temperatura de 25°C; pH 6,0 e tempo de agitação de 30 minutos a 100 rpm.

A proximidade entre os valores encontrados para os outros dois adsorventes, carvão ativado (21%) e cinzas de bagaço de cana (23%), sugere semelhança entre suas estruturas moleculares, e, portanto, entre os sítios ativos disponíveis para os íons metálicos. Em função da baixa porcentagem de remoção de Cromo por esses adsorventes, fica evidente a necessidade de efetuar outros ensaios modificando os parâmetros experimentais.

O melhor desempenho para a *C. nucifera* demonstra a existência de uma alta seletividade desse adsorvente em relação ao Cromo (VI), indicando maior facilidade para a transferência de elétrons e conseqüente interação entre os grupos funcionais presentes na fibra de coco e o metal em questão.

Foi verificada ótima reprodutibilidade entre os resultados obtidos para a quantidade de metal adsorvido e para a porcentagem de remoção pela *C. nucifera* nos ensaios de comparação entre os três adsorventes e determinação do efeito da quantidade de adsorvente.

Por fim, podemos concluir que o pó de *Cocos nucifera* é uma possibilidade viável de baixo custo para a remoção de Cromo (VI) em corpos hídricos.

Como normalmente ocorre na ciência, outros estudos em outras condições são necessários para se obter maior conhecimento e estabelecer as bases para sugerir um procedimento de tratamento de águas contaminadas com cromo ou outros metais pesados em plantas industriais utilizando pó da fibra de *Cocos nucifera*.

## REFERÊNCIAS

BONICI, S. C. *Baixada Santista sofre com contaminação por metal*. Agência Universitária de Notícias. Edição: 47. Número: 93. Disponível em: <<http://www.usp.br/aun>>. Publicado em: 03/12/2014. Acesso em 10 de dezembro de 2015.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cana de Açúcar**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 25 de março de 2015.

FERREIRA, D. C.; DA SILVA, N. A.; LIMA, A. F.; BEGNINI, M. L. **Biosorção de Chumbo e Níquel pelas fibras do Cocos nucifera L.** FAZU em Revista, Uberaba, no.9, pp. 64-68, 2012.

GIANNETTI, B. F.; Almeida, C. M. V. B.; Bonilla, S. H. e Vendrameto, O. **Nosso Cromo de Cada Dia: Benefícios e Riscos**. Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Paulista. Disponível em: <<http://hottopos.com.br/regeq8/biaggio.htm>>. Acesso em: 27 de setembro de 2015.

LESMANA, S. O.; FEBRIANA, N.; SOETAREDJO, F. E.; SUNARSO, J. e ISMADJI, S. **Studies on potential applications of biomass for the separation of heavy metals from water and wastewater**. *Biochemical Engineering Journal* 44 (2009) 19-41.

LIMA, C. E. P. **Política, Legislação e Gestão Ambiental**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cebola/arvore/CONT000gn0j7gdx02wx5ok0liq1mqesx2k2b.html>>. Acesso em: 22 de julho de 2015.

MAZZA, A. I. **Adsorção de corantes catiônicos em solução aquosa utilizando resíduo de bagaço de cana - RBC**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Santos, SP, 2012.

MONTEIRO, R. A.; YAMAURA, M.; COTRIM, M. E. B.; PIRES, M. A. F. **Adsorção de Níquel pelas Fibras de Coco Verde**. In: 7º Encontro Brasileiro sobre Adsorção. Campina Grande, 2008.

NIEDERSBERG, C. **Ensaio de Adsorção com Carvão Ativado Produzido a partir da Casca do Tungue (Aleurites fordii), Resíduo do Processo de Produção de Óleo**. Dissertação Mestrado, Área de Concentração em Gestão e Tecnologia Ambiental. Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. Santa Cruz do Sul, Outubro de 2012.

OLIVEIRA, R.F. **Estudo da Adsoção de Cromo Hexalente em Altas Concentrações**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

PARROTTA, J. **Palma de coco, Cocos nucifera**. Disponível em [http://www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/IITF\\_gtr35.pdf](http://www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/IITF_gtr35.pdf) Acesso em 05/09/2015.

PEREIRA, Rubner Gonçalves. **Síntese de carvões ativados a partir de resíduos agroindustriais e sua aplicação na adsorção de proteínas do soro do leite**. Itapetinga: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2012.

SOUSA, F. W.; MOREIRA, S. A.; OLIVEIRA, A. G.; CAVALCANTE, R. M.; NASCIMENTO, R. F. e ROSA, M. **Uso da casca de coco verde como adsorbente na remoção de metais tóxicos**. *Quím. Nova* [online]. 2007, vol.30, n.5, pp. 1153-1157. ISSN 1678-7064.

## PASSION FRUIT PEEL FLOUR AS ARSENIC BIOSORBENT FOR WATER TREATMENT

Data de aceite: 23/08/2021

Data de submissão: 18/08/2021

### Emylle Emediato Santos

Universidade Federal de Ouro Preto, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas – ICEB, Departamento de Química  
Ouro Preto – MG  
ID Lattes: 2081664288577129

### Constanza Catarina Cid Bustamente

Universidade Federal de Ouro Preto, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas – ICEB, Departamento de Química  
Ouro Preto – MG  
ID Lattes: 4782551618587100

### Josiane Lopes de Oliveira

Universidade Federal de Ouro Preto, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas – ICEB, Departamento de Química  
Ouro Preto – MG  
ID Lattes: 1299699219086791

### Paulo Henrique Carvalho

Universidade Federal de Ouro Preto, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas – ICEB, Departamento de Química  
Ouro Preto – MG  
ID Lattes: 2826627570177853

### Liliane Catone Soares

Universidade Federal de Ouro Preto, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas – ICEB, Departamento de Química  
Ouro Preto – MG  
ID Lattes: 2157968516048040

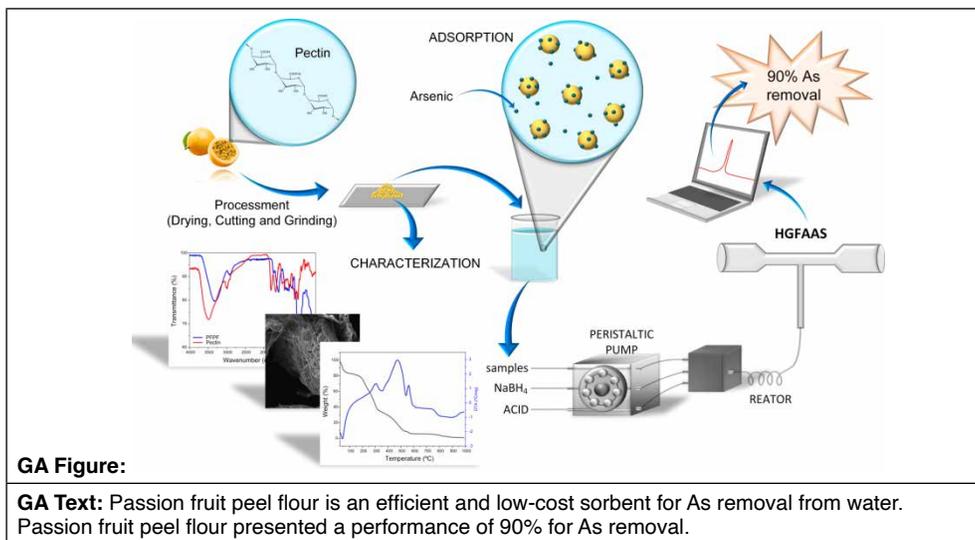
### Roberta Eliane Santos Froes

Universidade Federal de Ouro Preto, Instituto de Ciências Exatas e Biológicas – ICEB, Departamento de Química  
Ouro Preto – MG  
ID Lattes: 1661801295817869

**ABSTRACT:** Recent work has shown that peels from passion fruit and other fruits can be successfully used for the removal of inorganic contaminants from water and wastewater. This work describes the chemical characterization of passion fruit (*Passiflora* sp.) peel flour (PFPF) and its use as an efficient and low-cost sorbent for As(III) removal in water treatment. Under experimental conditions, PFPF showed an As(III) adsorption capacity of  $10.2 \pm 0.6$  mg g<sup>-1</sup> and As(III) removal performance of 90%. The main difference between FTIR spectra acquired before and after As(III) adsorption was a band at around 1342 cm<sup>-1</sup>, which could be attributed to interaction between As(III) and the carboxyl groups of PFPF. The thermal decomposition profiles of PFPF before and after As(III) adsorption showed significant differences, which could be explained by the desorption of arsenic oxide or fusion of the arsenic oxides. The adsorption of As(III) by PFPF was a spontaneous process. SEM images revealed an amorphous structure of PFPF, with large clusters of soft fibers favoring physical adsorption.

**KEYWORDS:** Inorganic contaminants; Biosorption; Wastewater, *Passiflora* sp.

## GRAPHICAL ABSTRACT (GA)



## 1 | INTRODUCTION

The contamination of groundwater and soils by arsenic is a serious environmental problem and a health risk worldwide (BONDU et al., 2017; KUMAR et al., 2016; MIRLEAN; BAISCH; DINIZ, 2014; ZHOU et al., 2017). Due to this contamination, the accumulation of arsenic in plants is recognized as a serious problem in several countries, especially in Southeast Asia, where the contamination of rice with arsenic is a major public health issue (RITCHIE; MEKJINDA, 2016; WILLIAMS et al., 2009; ZHAO et al., 2009).

The Iron Quadrangle, a very important mining area in Brazil, is located in the State of Minas Gerais, where the region gained global notoriety after the Bento Rodrigues and Brumadinho Dam disasters. Since the major natural source of arsenic in soil is the weathering of rocks containing the element (KUMAR et al., 2016), mining can lead to arsenic contamination, especially in regions with gold occurrence because gold is often found together with minerals that contain arsenic. In this region, concentrations of arsenic 10-fold higher than the Brazilian legal limit have been reported, with several studies showing that contaminated water is used for consumption (BORBA et al., 2003; BORBA; FIGUEIREDO; CAVALCANTI, 2004; GARDENAL, 2002; GONÇALVES et al., 2007). The occurrence of arsenic in water is therefore a matter of concern, necessitating frequent monitoring and the development of methods for the removal of arsenic from groundwater and wastewater. Inorganic arsenic can be found in the environment in several forms, including As (0), As (III) and As (V), being that As (III) is 60 times more toxic than As (V). (HADIANI; KHOSRAVI-DARANI; RAHIMIFARD, 2019)

Techniques for arsenic decontamination that have been reported in the last decade include reverse osmosis (XU; CAPITO; CATH, 2013), adsorption (REN et al., 2014), coagulation and filtration (FEISTEL et al., 2016), ion exchange (LEE et al., 2017) and photocatalysis/complexation-ultrafiltration (MOLINARI; ARGURIO, 2017). However, these methods can be sophisticated and expensive. As an alternative, biosorption is a very promising nonconventional process, offering the advantages of an abundant availability of biomass, low cost, and high efficiency for toxic element removal. Biosorption is the ability of some types of biomass to remove substances from solution by means of processes of adsorption, ion exchange, coordination complexation, chelation, or microprecipitation (FEBRIANTO et al., 2009). Recent studies have described the use of various biomasses for the removal of arsenic from water (CHIBAN et al., 2016; CHRISTOBEL; LIPTON, 2015; HADIANI; KHOSRAVI-DARANI; RAHIMIFARD, 2019; SIBI, 2014; SINGH; SINHA; SRIVASTAVA, 2015).

According to the Brazilian Service for the Support of Micro and Small Companies (SEBRAE), Brazil is the world's largest producer of passion fruit (*Passiflora* sp.). The fruit is often consumed fresh, but its main economic importance is for juice manufacture. The pulp is also used for the preparation of ice creams, wines, liqueurs, and sweets. Work has sought to find ways to exploit industrial juice manufacturing residues, which are usually discarded or used as animal feed and organic fertilizer (SEBRAE, 2016). Waste peel from agroindustry can be a major environmental problem, so the use of this waste to remove toxic elements from water may be highly advantageous, since it solves two problems simultaneously and at low cost. In recent studies, the peels of passion fruit and other fruits were successfully used for the biosorption of Cu(II), Cd(II), Ni(II), and Pb(II) (CHAO; CHANG; NIEVA, 2014) as well as Zr(IV) (BHATTI et al., 2016).

Bearing in mind the principles of green chemistry, the large generation of agro-industrial residue and the problems of public health caused by arsenic contamination, this work presents a chemical characterization of passion fruit peel and investigates its use as sorbent for As(III) removal in water treatment, with a brief discussion of the mechanisms involved in the adsorption.

## 2 | EXPERIMENTAL

### 2.1 Preparation of passion fruit peel flour (PFPF)

The samples of passion fruit (PF) without pulp were from a pulp juice factory located in Ouro Preto, a city in the State of Minas Gerais, Brazil. After washing and removing the flavedo, the albedo of the PF was dried in a kiln at 60 °C, followed by manually cutting and grinding in a knife mill (A11 Basic, IKA). The flour obtained from this procedure was denoted PFPF.

## 2.2 Extraction of pectin from the PFPF

Since pectin is a major component of PF peel, it was extracted from the PFPF according to a procedure adapted from Pinheiro et al. (2008), using  $(5.0000 \pm 0.0001)$  g of PFPF and  $0.01 \text{ mol L}^{-1}$  citric acid solution, under reflux at  $97 \text{ }^\circ\text{C}$  for 1 h in a condensation system. The hot extract was filtered using qualitative filter paper (Unifil), under reduced pressure, and was then cooled to  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ethanol solution ( $1:2 \text{ v v}^{-1}$ ) was added to the filtrate and the pectin precipitate was separated by centrifugation at 400 rpm for 15 min (Excelsa 3 Model 280 centrifuge, Fanem).

## 2.3 PFPF characterization

### 2.3.1 Spectroscopic and surface characterization

Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) analyses were made of the PFPF (before and after As(III) adsorption) and the extracted pectin (for comparison). The sample was placed directly on the crystal for attenuated total reflectance (ATR) analysis. The ATR-FTIR spectra were recorded from  $500$  to  $4000 \text{ cm}^{-1}$ , using a spectrometer (Model MB3000, ABB Bomen, Quebec, Canada) with ZnSe optics and a DTGS detector, at a resolution of  $4 \text{ cm}^{-1}$  and with 32 scans.

The surfaces of the PFPF and PFPF-As were studied using scanning electron microscopy (SEM) and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS), employing a Vega3 SB instrument (Tescan/Oxford Instruments) equipped with a tungsten filament and a secondary electron detector. The instrument was operated at 15-20 keV. The samples were attached to a sample holder fitted with a graphite ribbon and were coated with gold, under vacuum, using a Q150R ES system (Quorum Technologies).

The point of zero charge (PZC) of the PFPF was determined as described by Teodoro et al. (2016) with minor modifications. Solutions of  $0.01 \text{ mol L}^{-1}$   $\text{NaNO}_3$  with initial pH values of 3, 6, and 11 were used as background electrolyte. The pH was adjusted using solutions of  $1 \text{ mol L}^{-1}$  NaOH and  $1.0 \text{ mol L}^{-1}$  HCl (Merck, analytical grade). Aliquots (20.0 mL) of  $0.01 \text{ mol L}^{-1}$   $\text{NaNO}_3$  solution, at pH 3, 6, or 11, were transferred to 125 mL Erlenmeyer flasks, together with PFPF, to give suspensions with PFPF concentrations of 0.5, 1.0, 3.0, and 5.0 % ( $\text{w v}^{-1}$ ). The twelve flasks were mechanically stirred for 24 h at 130 rpm and  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  (TE-424, TECNAL) and the equilibrium pH was measured using a pH meter (Kasvi).

### 2.3.2 Thermal characterization

Thermogravimetric analysis (TGA) and differential thermal analysis (DTA) of the PFPF (before and after As(III) adsorption) employed a TA Instruments SDT 2960 analyzer operated with a  $20 \text{ mL min}^{-1}$  flow of nitrogen and heating from  $25$  to  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ , at a rate of  $10 \text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$ . The measurements were performed in triplicate, using  $(6.0 \pm 0.2)$  mg of sample.

## 2.4 Adsorption experiments

The experiments of As(III) adsorption on the PFPF were carried out in batch mode, with evaluation based on the initial As(III) concentration and the contact time, enabling determination of the kinetics of the process and evaluation of the performance of PFPF as an arsenic adsorbent.

Adsorption and desorption experiments were performed in triplicate, at 25 °C, using an incubator-shaker (TE-424, TECNAL). The diluted solutions were prepared from a 1000 mg L<sup>-1</sup> As (III) standard (SpecSol code SQ31355-250, matrix: NaOH). The pH of the diluted solutions was adjusted to pH 5.0, using 1.0 mol L<sup>-1</sup> and 0.1 mol L<sup>-1</sup> HNO<sub>3</sub>.

The solutions were analyzed by hydride generation-flame atomic absorption spectrometry (HG-FAAS), using a Buck Scientific Model 420 hydride generator and a flame atomic absorption spectrometer (APHA Method 3114). The material obtained after As(III) adsorption was denoted PFPF-As.

For kinetics experiments, aliquots of 25.00 mL of 2.42 mg L<sup>-1</sup> As(III) solution were added to (0.0200 ± 0.0001) g of PFPF in Erlenmeyer flasks, followed by stirring at 150 rpm for different times (0.50, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, and 6.0 h).

For equilibrium experiments, aliquots of 25.00 mL of As(III) solutions at different concentrations (0.800, 1.000, 1.300, 1.500, 1.800, 2.000, 2.300, 3.200, 4.000, 6.000, 8.000, 15.00, 20.00, 25.00, 30.00, and 40.00 mg L<sup>-1</sup>) were added to (0.0200 ± 0.0001) g of PFPF, followed by stirring the systems at 150 rpm for 4 h (the time selected from the kinetics assays). The samples were then filtered through qualitative filter paper (Unifil) and the arsenic concentrations in the supernatants were quantified. The amount of As(III) adsorbed at equilibrium ( $q$ , mg g<sup>-1</sup>) and the percentage adsorption (% $Ads$ ) were calculated using Equations (1) and (2), respectively:

$$q = \frac{C_0 - C_{eq}}{m} V \quad (1)$$

$$\%Ads = \frac{C_0 - C_{eq}}{C_0} 100 \quad (2)$$

where,  $C_0$  and  $C_{eq}$  are the initial and equilibrium As(III) concentrations (mg L<sup>-1</sup>), respectively,  $V$  is the solution volume (L), and  $m$  is the mass (g) of adsorbent.

The experimental adsorption data were fitted with the Langmuir model (Equation (3)), using OriginPro 8.0 software to fit nonlinear equations to the adsorption results, hence reducing the errors resulting from linearization of the experimental data.

$$q_e = \frac{(Q_{max}K_L C_{eq})}{(1+K_L C_{eq})} \quad (3)$$

where,  $q_e$  is the amount of As(III) adsorbed by the PFPF (mg g<sup>-1</sup>),  $Q_{max}$  (mg g<sup>-1</sup>) is the maximum monolayer adsorption capacity, and  $K_L$  (L mg<sup>-1</sup>) is the Langmuir constant related

to the affinity between the adsorption sites and the adsorbate.

The constant  $K_L$  was used to calculate the change in the free energy of adsorption ( $\Delta_{\text{ads}}G^\circ$ ) for the adsorption of As(III) by the PFPF using Equation (4):

$$\Delta_{\text{ads}}G^\circ = -RT \ln K_a \quad (4)$$

where,  $R$  is the ideal gas constant ( $8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ),  $T$  is the absolute temperature (K), and  $K_a$  is the thermodynamic equilibrium constant (dimensionless), which was calculated from the Langmuir constant,  $K_L$ , as discussed by Liu (2009).

The fitting of the Langmuir model was performed with error adjustment and statistical weighting provided by the *OriginPro 8.0* software. This version of Origin supports errors associated with the y-axis magnitude. For multiple data sets, it is possible to specify different weighting methods to calculate the y-values. The quality of the fit was evaluated using the following error functions: adjusted coefficient of determination ( $R_{\text{adj}}^2$ ), reduced Chi-squared ( $\chi_{\text{red}}^2$ ), and residual sum of squares (RSS). The reduced Chi-squared function was calculated according to Equations (5)-(7). RSS was calculated using Equation (8).

$$\chi_{\text{red}}^2 = \frac{\chi^2}{\nu} \quad (5)$$

$$\chi_{\text{red}}^2 = \sum_{i=1}^N \omega_i (q_e - \hat{q}_e)^2 \quad (6)$$

$$\omega_i = \frac{1}{q_e} \quad (7)$$

$$RSS = \sum_{i=1}^N \omega_i (\hat{q}_e - q_e)^2 \quad (8)$$

where, ( $\chi_{\text{red}}^2$ ) is the reduced chi-squared function,  $\nu$  is the number of degrees of freedom ( $\nu = N - P$ ) where  $N$  is the number of experimental data points and  $P$  is the number of variables of the model),  $\omega_i$  is the weighting coefficient,  $q_e$  is the point of the experimental data and  $\hat{q}_e$  is the point of the data estimated by the model.

## 2.5 Performance and reuse of PFPF in removal of As(III)

Evaluation was made of the performance of PFPF in the removal of As(III) from a wastewater produced during routine atomic absorption spectrometry analyses in the laboratory. This wastewater had an estimated As(III) concentration greater than  $5.0 \text{ mg L}^{-1}$ , together with an iron concentration of  $2.3 \pm 0.9 \text{ mg L}^{-1}$ . Aliquots of  $25.00 \text{ mL}$  of the wastewater were added to ( $0.0200 \pm 0.0001$ ) g of PFPF in Erlenmeyer flasks, followed by stirring for 4 h at 150 rpm. The samples were then filtered through qualitative filter paper and the supernatants were analyzed to quantify the arsenic contents.

Desorption experiments were carried out as following. Aliquots of  $25.00 \text{ mL}$  of desorption solutions ( $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  KCl,  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  HCl, and  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  NaOH) were added to ( $0.0200 \pm 0.0001$ ) g amounts of PFPF loaded with As(III) at an initial concentration ( $C_0$ ) of  $46.33 \text{ mg L}^{-1}$  (this point was chosen based on the isotherm saturation region). The systems were stirred for 4 h at 150 rpm and  $25^\circ\text{C}$ , followed by filtering the samples through qualitative

filter paper (Unifil) and analyzing the supernatants to quantify the arsenic contents. The percentage desorption (%Des) was calculated using Equation (9).

$$\%Des = \frac{\left(\frac{C_{eq,des}}{m_{ads}} V_{des}\right)}{q_0} 100 \quad (9)$$

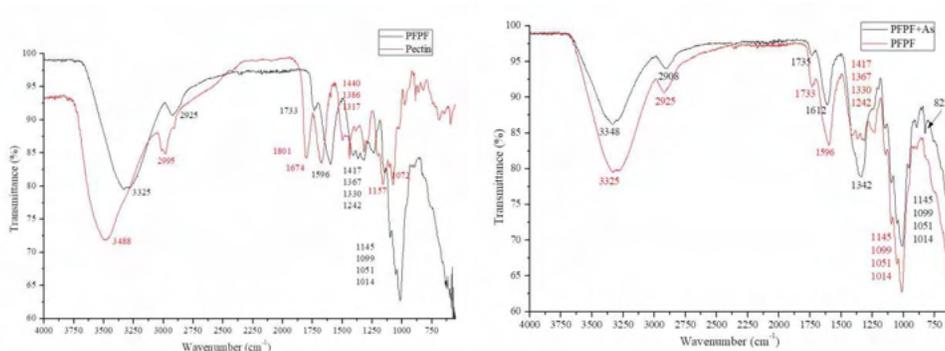
where,  $q_0$  (mg g<sup>-1</sup>) is the amount of adsorbed As(III) obtained from the adsorption experiment;  $C_{eq,des}$  is the equilibrium As(III) concentration (mg L<sup>-1</sup>) in the desorption solution;  $V_{des}$  is the volume (L) of desorption solution;  $m_{ads}$  is the mass (g) of PFPF loaded with an initial concentration of 46.33 mg L<sup>-1</sup> of As(III) from the adsorption experiment.

### 3 | RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1 Characterization of the PFPF

##### 3.1.1 Spectroscopic and surface characterization

The FTIR spectra of PFPF and pectin (Figure 1a, Table 1) showed the presence of similar functional groups, since pectin is an important component of PF. Both spectra presented a broad and strong band with a peak at around 3488-3325 cm<sup>-1</sup> due to inter- and intramolecular hydrogen bonds. In the pectin spectrum, absorption in the -OH region was due to inter- and intramolecular hydrogen bonding of the galacturonic acid polymer (GNANASAMBANDAM; PROCTOR, 2000).



(a)

(b)

Figure 1. FTIR spectra of (a) pectin flour and passion fruit peel flour (PFPF), and (b) passion fruit peel flour before (PFPF) and after (PFPF-As) arsenic adsorption

Sample	Wavenumber* (cm <sup>-1</sup> )	Attribution	Reference
Pectin, PFPF	3488-3325 (b,S)	v(OH) due to inter- and intramolecular hydrogen bonds	(GNANASAMBANDAM; PROCTOR, 2000)
	2995-2925	alkyl peaks	(GNANASAMBANDAM; PROCTOR, 2000; SCHIEWER; BALARIA, 2009)
	1801-1733	C=O carboxyl groups and their esters	
	1674-1596	v <sub>as</sub> (C=O)	
	1500-1300	C, H, O, and N (various configurations)	(SCHIEWER; BALARIA, 2009)
	1440 (mi), 1300-1000	v <sub>s</sub> (COO)	(GNANASAMBANDAM; PROCTOR, 2000)
PFPF-As	825	v(As-O)	(ARYAL; ZIAGOVA; LIAKOPOULOU-KYRIAKIDES, 2010; JIANG et al., 2019; MAITY et al., 2019)
	1342	interaction between As(III) and the oxygen from carboxyl groups	This study

\*v<sub>as</sub> = asymmetric stretching v<sub>s</sub> = symmetric stretching, S = strong, b = broad, mi = moderately intense

Table 1. Peaks and bands from FTIR spectra of PFPF and PFPF-As.

The spectrum of PFPF-As (Figure 1b) showed a peak at 825 cm<sup>-1</sup>, related to stretching of As-O, as reported elsewhere (ARYAL; ZIAGOVA; LIAKOPOULOU-KYRIAKIDES, 2010; JIANG et al., 2019; MAITY et al., 2019). There was a single peak at around 1342 cm<sup>-1</sup>, while the spectrum of PFPF showed multiple peaks in this region. Since inorganic arsenite is an electrophile (SUMI, 2008), this peak could be explained by interaction between As(III) and the oxygen from carboxyl groups.

Figure 2 shows SEM images of the PFPF (a and c) at 406x and 1,290x magnification and PFPF-As (b and d) at 318x and 1,500x magnification. The PFPF presented an amorphous structure, with large clusters of soft fibers (Figures 2a and 2b). Irregularity of the surface favors the physical adsorption process, because at an irregular surface, the adsorbed molecule can interact with several terrace atoms, instead of with a single atom, resulting in sufficiently strong interaction to trap the molecule (ATKINS; PAULA, 2009).

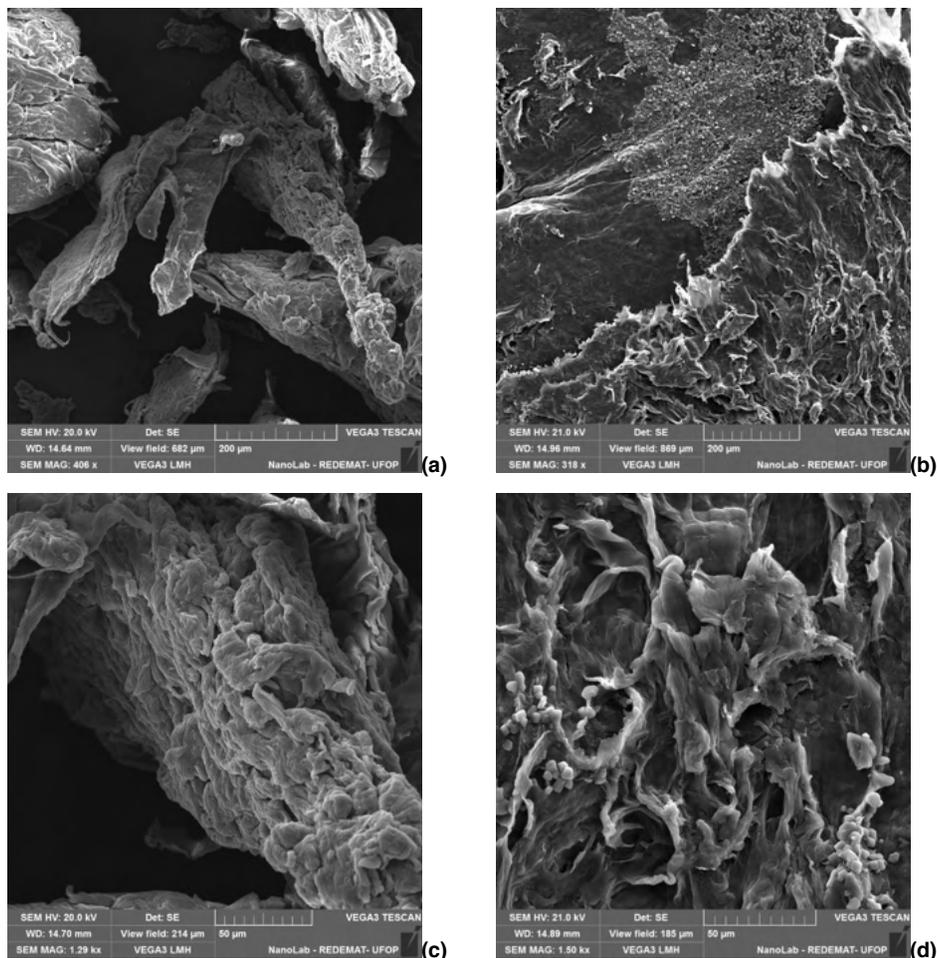


Figure 2. SEM images of PFPF (a and c) at 406x and 1,290x magnification, and PFPF-As (b and d) at 318x and 1,500x magnification.

EDS analysis (Figure 3) was employed to map the spatial distribution of the As(III) adsorbed by PFPF. Since arsenic was present at trace levels (due to the low initial arsenic concentration), the EDS technique was not able to precisely quantify the element. However, as shown in Figure 3, it was possible to detect its presence on the surface of the material, suggesting that adsorption had occurred.

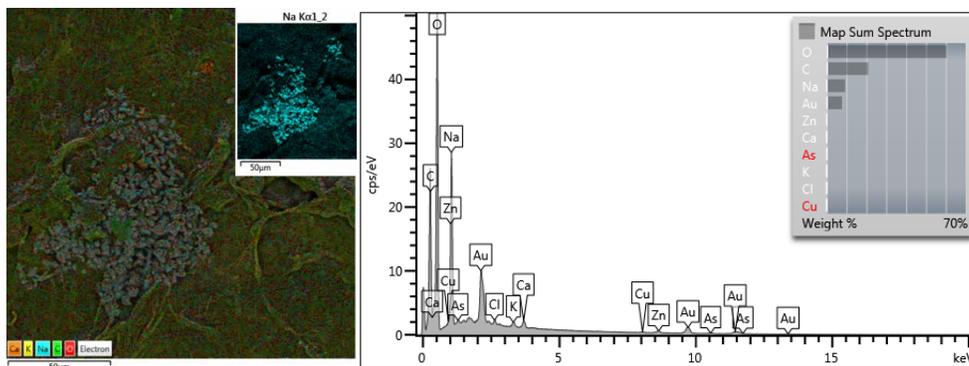


Figure 3. EDS analysis of PFPF-As.

The surface charge of biosorbents is determined by organic functional groups whose charge is pH dependent. The PZC for PFPF, pH at which the net charge on the surface is equal to zero, calculated using the convergence point of the three curves shown in Figure 4, was  $4.95 \pm 0.06$ . Therefore, for pH values lower than  $4.95 \pm 0.06$ , the net charge on the PFPF surface was positive, favoring anion adsorption, while for pH values above this value, the net charge on the PFPF surface was negative, favoring cation adsorption.

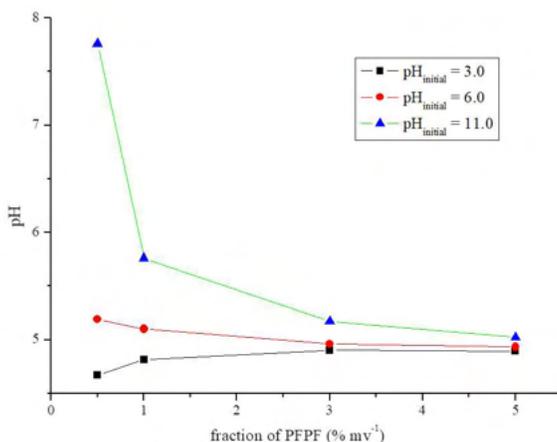


Figure 4. Curves for determination of the PZC of PFPF.

### 3.1.2 Thermal characterization

The TGA, DTG, and DTA curves for the thermal decomposition of PFPF and PFPF-As under a nitrogen atmosphere are shown in Figures 5a and 5b, respectively. The TGA curve for the PFPF showed three main stages of thermal decomposition (Figure 5a), while all the events shown by DTA were related to mass losses. The attributions of each mass

loss are in Table 2.

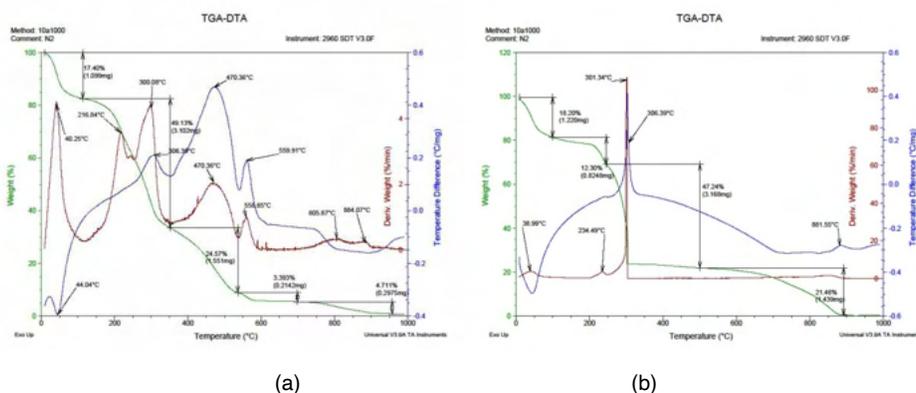


Figure 5. TGA, DTG, and DTA curves for (a) PFPF and (b) PFPF-As

Temperature (°C)	Mass loss (%)	Thermal event (ABURTO et al., 2015; SESLIJA et al., 2018)
<100	17.4	Release of water
100-350	49.1	Pyrolytic decomposition of PFPF - primary decarboxylation
350-550	24.6	Pyrolytic decomposition of PFPF - secondary decarboxylation
>550	8.10	Gasification of the ash

Table 2. Attributions of PFPF thermal decomposition from TGA and DTA curves.

The TGA curve for PFPF-As (Figure 5b) showed four main mass loss events. The first mass loss (18.2%) below 100 °C was due to the loss of H<sub>2</sub>O, as observed for PFPF. The second and third mass losses (12.3 and 47.3%) between 200 and 600 °C could be attributed to decarboxylation. The DTA curve for PFPF-As was significantly different from the curve for PFPF, with a narrow exothermic peak at around 300 °C. The changes in the profile of the DTA curve suggested alteration of the thermal decomposition reactions of PFPF, which could have been related to desorption of arsenic oxide or the fusion of arsenic oxides (since As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> have melting temperatures of 313 and 315 °C, respectively). A similar TGA curve was reported previously for As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (FARIAS, 2000).

The narrow peaks in the TGA and DTA curves were indicative of an abrupt loss of mass, suggesting that the arsenic was adsorbed by fairly weak interactions, such as physisorption.

### 3.2 Adsorption experiments

The kinetic curve for the adsorption of As(III) by PFPF (Figure 6a) showed a slight initial increase in the amount of adsorbed As(III). It could be concluded that saturation was reached in the first hour, since the amount of As(III) only varied slightly between 30 min and 6 h (from 2.512 ± 0.005 to 2.71 ± 0.02 mg g<sup>-1</sup>). Nonetheless, the adsorption experiments

were performed for 4 h of contact between the adsorbent and the adsorbate.

The PFPF adsorbed ( $84 \pm 1$ )% of total As(III) in the first 30 min, with an increase to ( $90 \pm 1$ )% at saturation, after 4 h (Figure 6b). It could be concluded that an adsorbent dose of  $0.8 \text{ g L}^{-1}$  provided sufficient adsorption sites for 90% adsorption, under the experimental conditions employed ( $2.42 \text{ mg L}^{-1}$  As(III) solution at  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Therefore, the PFPF presented excellent performance in the adsorption of As(III). This was especially important considering that the experimental concentration was many orders of magnitude higher than typical arsenic concentrations found in groundwater. For example, the ranges of concentrations reported for groundwater were  $0.2\text{-}326.4 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$  in Quebec (Canada) (BONDU et al., 2017),  $1.3\text{-}104.7 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$  of total arsenic in Bihar (India) (KUMAR et al., 2016),  $<0.25\text{-}185 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$  in Xinjiang (China) (ZHOU et al., 2017) and  $>50 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$  in Paraiba do Sul (Brazil) (MIRLEAN; BAISCH; DINIZ, 2014). Therefore, it is reasonable to conclude that PFPF can reduce groundwater arsenic concentrations to levels acceptable for drinking water ( $10 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ , according to the World Health Organization) (WHO, 2018).

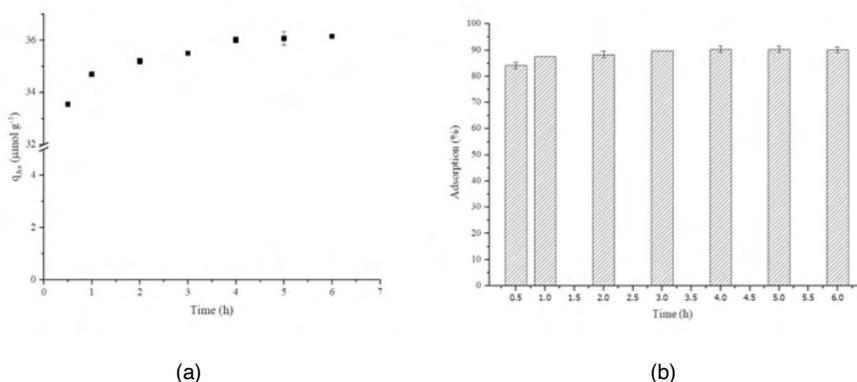


Figure 6. (a) Amount and (b) percentage of arsenic adsorbed by PFPF, based on the contact time (note: at the scales used, the error bars can be seen for some points of both graphs)

The As(III) standard solutions presented Eh values between 100 and 150 mV. The Pourbaix diagram indicates that for these Eh values and pH 5.0, the  $\text{H}_3\text{AsO}_3$  molecular species is almost the only species present in the solution, as shown by the distribution diagram of As(III) species (AKTER et al., 2005). Considering the PZC calculated previously ( $4.95 \pm 0.06$ ), the net surface charge of the PFPF in aqueous solution at pH 5 was zero. At the pH value of the PCZ, the  $\text{H}_3\text{AsO}_3$  molecular As(III) form is the main species present (for  $\text{H}_3\text{AsO}_3$ ,  $\text{pK}_{\text{a}1} = 9.22$ ,  $\text{pK}_{\text{a}2} = 12.13$ , and  $\text{pK}_{\text{a}3} = 13.40$ ), representing almost 100% of the As(III) species. Therefore, the adsorbed arsenic was a neutral species, rather than an ionic form. Therefore, the interaction between the adsorbate (molecular  $\text{H}_3\text{AsO}_3$ ) and the adsorbent (PFPF) was probably due to physisorption, since both components were neutral. Consequently, despite the high adsorption capacity, under these experimental conditions

there was only weak interaction between the adsorbent and the adsorbate, which could be attributed to van der Waals interactions.

Figure 7 shows the isotherm for As(III) adsorption by the PFPF. Sorption isotherms describe the relation between the initial concentration of the adsorbate in the fluid phase and the concentration of the adsorbate on the adsorbent. The Langmuir model provides a representation of the adsorption process, in the form of a simple mathematical expression, which can be used to estimate the maximum adsorption capacity of the adsorbent and the intensity of the adsorbent-adsorbate interaction.

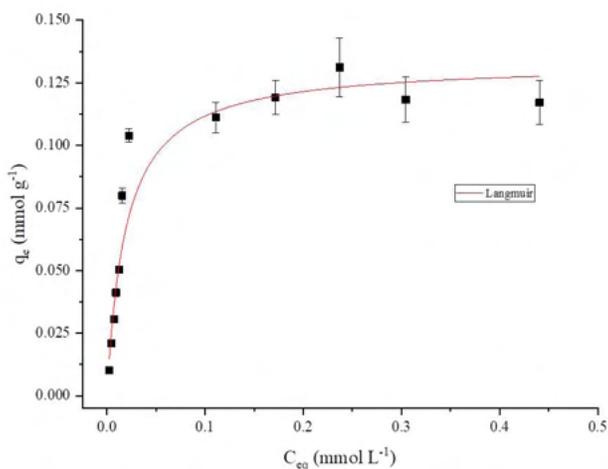


Figure 7. Isotherm curve for the adsorption of As(III) by the PFPF at 25 °C.

The experimental adsorption data could be satisfactorily fitted using the Langmuir model, with a high value of  $R_{adj}^2$  (0.9545) and low values of  $X_{red}^2$  (0.1554) and RSS (1.7099). According to the Langmuir model,  $Q_{max}$  was  $10.2 \pm 0.6 \text{ mg g}^{-1}$  ( $0.133 \pm 0.009 \text{ mmol g}^{-1}$ ) and  $K_L$  was  $0.7 \pm 0.1 \text{ L mg}^{-1}$  ( $52 \pm 9 \text{ L mmol}^{-1}$ ). Table 3 shows the maximum adsorption capacities of other biomaterials for As(III). Although some of the values reported (ARYAL; ZIAGOVA; LIAKOPOULOU-KYRIAKIDES, 2010; PHOLOS; NAIDOO; OFOMAJA, 2019; PODDER; MAJUMDER, 2016; SALIH et al., 2019; SIGDEL et al., 2016) were higher than found here, they were obtained using modified biomasses. The unmodified biosorbents employed previously (CHOWDHURY; MULLIGAN, 2011; KAZI et al., 2018; SARI; ULUOZLÜ; TÜZEN, 2011; SHAKOOR et al., 2019) generally showed lower maximum adsorption capacities for As(III), compared to PFPF. On the other hand, PFPF showed lower  $K_L$  values than most of the unmodified biomasses (Table 3), indicating that As(III) had lower affinity for the PFPF adsorption sites.

Since the adsorbate was a neutral species (molecular  $\text{H}_3\text{AsO}_3$ ), Equation (8) was

converted to Equation (10) (LIU, 2009) changes in free energy ( $\Delta G^\circ$ ):

$$\Delta_{\text{ads}} G^\circ = -RT \ln K_L \quad (10)$$

Using Equation (10),  $\Delta_{\text{ads}} G^\circ$  for the adsorption of As(III) by PFPF was  $-27 \pm 5 \text{ kJ mol}^{-1}$ , where the negative value indicated that the adsorption process was spontaneous. Table 4 shows some  $\Delta_{\text{ads}} G^\circ$  values for the adsorption of As(III) by other sorbents. Similar values were reported for As(III) adsorption by inorganic materials (AREMU; LAY; GLASGOW, 2019; HE et al., 2019) and modified biomass (PODDER; MAJUMDER, 2016). Nevertheless, the process of As(III) adsorption by PFPF showed higher  $\Delta_{\text{ads}} G^\circ$ , compared to other unmodified biomasses (BAIG et al., 2010; BRAHMAN et al., 2016; SARI; ULUOZLÜ; TÜZEN, 2011).

The use of  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  HCl and  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  KCl solutions did not lead to As(III) desorption. The HCl solution extracted some of the pectin from the PFPF, resulting in gelification at the surface of the material. The use of  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  NaOH desorbed ( $17 \pm 4$ )% of the As(III) from the PFPF-As. Above pH 9, negative species of As(III) predominate in aqueous systems, while above pH 5, the net surface charge of the PFPF was also negative. Therefore, coulombic repulsion caused the desorption of As(III) when  $0.1 \text{ mol L}^{-1}$  NaOH was used as the desorption solution. Although NaOH solution has been reported to provide efficient desorption of As(III) (SIGDEL et al., 2016), here it removed only 17% of the adsorbate, which could be explained by the high value of  $\Delta_{\text{ads}} G^\circ$  for As(III) desorption from the PFPF.

Material	$Q_{\text{max}}$ (mg g <sup>-1</sup> )	$K_L$ (L mg <sup>-1</sup> )	Reference
Passion fruit peel flour	$10.2 \pm 0.6$	$0.7 \pm 0.1$	This work
Alginate (modified with hydrous iron oxide)	47.8	0.0152	(SIGDEL et al., 2016)
Chitosan-coated diatomaceous earth (composite)	87.81	0.149	(SALIH et al., 2019)
<i>Staphylococcus xylosus</i> biomass (pretreated with Fe(III))	54.35	0.031	(ARYAL; ZIAGOVA; LIAKOPOULOU-KYRIAKIDES, 2010)
Magnetic pine cone biomass	14.83-22.33	0.1025-0.8745	(PHOLOSİ; NAIDOO; OFOMAJA, 2019)
Chitosan-magnetic graphene oxide nanocomposite	2.340	0.021	(SHERLALA et al., 2019)
Anaerobic biomass	0.164	3.97	(CHOWDHURY; MULLIGAN, 2011)
<i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> BY-3	0.293	5.4	(YAN et al., 2010)
Algae biomass ( <i>Maugeotia genulflexa</i> )	57.48	0.025	(SARI; ULUOZLÜ; TÜZEN, 2011)
<i>Bacillus arsenicus</i> biofilms supported on a Neem leaves/MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> composite	53.175*	-	(PODDER; MAJUMDER, 2016)
Perilla leaf-derived biochars prepared at 300 °C	4.71	1.40	(NIAZI et al., 2018)
Perilla leaf-derived biochars prepared at 700 °C	11.01	3.25	

<i>Cucumis pubescens</i>	0.0267	7.116x10 <sup>-5</sup>	(KAZI et al., 2018)
Corn cob	4.33	0.79	
Water chestnut shell	9.61	2.12	
Java plum seed	4.63	1.13	(SHAKOOR et al., 2019)
Tea waste	7.36	2.32	
Egg shell	11.69	4.03	
Pomegranate peel	5.57	1.73	

\*Equivalent biosorption capacity obtained from the fractal-like pseudo-second order kinetic model.

Table 3. Comparison of biosorbents used for the removal of As(III) at 298 K.

Material	$\Delta_{\text{ads}} G^{\circ}$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	Reference
Passion fruit peel flour	-27 ± 5	This work
Silica-based catalytic media	-36.4 to -38.5	(AREMU; LAY; GLASGOW, 2019)
Zirconium metal-organic frameworks	-26.0	(HE et al., 2019)
<i>A. nilotica</i> biomass	-2.04	(BAIG et al., 2010)
<i>Tecomella undulata</i>	16.0	(BRAHMAN et al., 2016)
<i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> BY-3	-0.01	(YAN et al., 2010)
Algae biomass ( <i>Maugeotia genuflexa</i> )	-18.4	(SARI; ULUOZLÜ; TÜZEN, 2011)
<i>Bacillus arsenicus</i> biofilms supported on a Neem leaves/ MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> composite	-22.6	(PODDER; MAJUMDER, 2016)

Table 4. Free energy of adsorption ( $\Delta_{\text{ads}} G^{\circ}$ ) for the adsorption of As(III) by various sorbents.

## 4 | CONCLUSIONS

Passion fruit peel flour (PFPF) can be employed as an efficient low cost biosorbent for the removal of As(III) from water. It has an amorphous structure, with large clusters of soft fibers that should favor physical adsorption. Under the experimental conditions employed, the PFPF presented an As(III) adsorption capacity of 10.2 ± 0.6 mg g<sup>-1</sup>, with performance of about 90% for As(III) removal. The adsorption of As(III) by the PFPF was a spontaneous process. The adsorption capacity and  $\Delta_{\text{ads}} G^{\circ}$  values for the adsorption of As(III) by PFPF were higher than the values reported previously for other unmodified biomasses.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful for the financial support for this work provided by CNPq, CAPES, FAPEMIG, and PROPP-UFOP. We are also indebted to Prof. Víctor de Alvarenga Oliveira and Matheus Henrique Simplicio Pereira (UFOP) for the SEM/EDS analyses.

## REFERENCES

- ABURTO, J.; MORAN, M.; GALANO, A.; TORRES-GARCÍA, E. Non-isothermal pyrolysis of pectin: A thermochemical and kinetic approach. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, [S. l.], v. 112, p. 94–104, 2015. DOI: 10.1016/j.jaap.2015.02.012.
- AKTER, Kazi Farzana; OWENS, Gary; DAVEY, David E.; NAIDU, Ravi. Arsenic Speciation and Toxicity in Biological Systems. In: WHITACRE, David M. (org.). **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology New York, NY: Springer New York, 2005. v. 225p. 97–149. DOI: 10.1007/0-387-27565-7\_3.
- AREMU, James Oyediji; LAY, Mark; GLASGOW, Graeme. Kinetic and isotherm studies on adsorption of arsenic using silica based catalytic media. **Journal of Water Process Engineering**, [S. l.], v. 32, p. 100939, 2019. DOI: 10.1016/j.jwpe.2019.100939.
- ARYAL, M.; ZIAGOVA, M.; LIAKOPOULOU-KYRIAKIDES, M. Study on arsenic biosorption using Fe(III)-treated biomass of *Staphylococcus xylosus*. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v. 162, n. 1, p. 178–185, 2010. DOI: 10.1016/j.cej.2010.05.026.
- ATKINS, Peter; PAULA, Julio De. **Elements of Physical Chemistry**. 5th. ed. New York, NY: Oxford University Press, 2009.
- BAIG, Jameel A.; KAZI, Tasneem G.; SHAH, Abdul Q.; KANDHRO, Ghulam A.; AFRIDI, Hassan I.; KHAN, Sumaira; KOLACHI, Nida F. Biosorption studies on powder of stem of *Acacia nilotica*: Removal of arsenic from surface water. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 178, n. 1–3, p. 941–948, 2010. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2010.02.028.
- BHATTI, Haq Nawaz; ZAMAN, Qamar; KAUSAR, Abida; NOREEN, Saima; IQBAL, Munawar. Efficient remediation of Zr(IV) using citrus peel waste biomass: Kinetic, equilibrium and thermodynamic studies. **Ecological Engineering**, [S. l.], v. 95, p. 216–228, 2016. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2016.06.087.
- BONDU, Raphaël; CLOUTIER, Vincent; ROSA, Eric; BENZAAZOUA, Mostafa. Mobility and speciation of geogenic arsenic in bedrock groundwater from the Canadian Shield in western Quebec, Canada. **Science of The Total Environment**, [S. l.], v. 574, p. 509–519, 2017. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.08.210.
- BORBA, R. P.; FIGUEIREDO, B. R.; RAWLINS, B.; MATSCHULLAT, J. Geochemical distribution of arsenic in waters, sediments and weathered gold mineralized rocks from Iron Quadrangle, Brazil. **Environmental Geology**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1–1, 2003. DOI: 10.1007/s00254-003-0766-5.
- BORBA, Ricardo Perobelli; FIGUEIREDO, Bernardino Ribeiro; CAVALCANTI, José Adilson. Arsênio na água subterrânea em Ouro Preto e Mariana, Quadrilátero Ferrífero (MG). **Rem: Revista Escola de Minas**, [S. l.], v. 57, n. 1, p. 45–51, 2004. DOI: 10.1590/S0370-44672004000100009.
- BRAHMAN, Kapil Dev; KAZI, Tasneem Gul; BAIG, Jameel Ahmed; AFRIDI, Hassan Imran; ARAIN, Sadaf Sadia; SARAJ, Saima; ARAIN, Muhammad B.; ARAIN, Salma Aslam. Biosorptive removal of inorganic arsenic species and fluoride from aqueous medium by the stem of *Tecomella undulate*. **Chemosphere**, [S. l.], v. 150, p. 320–328, 2016. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.02.017.
- CHAO, Huan-Ping; CHANG, Chung-Cheng; NIEVA, Aileen. Biosorption of heavy metals on *Citrus maxima* peel, passion fruit shell, and sugarcane bagasse in a fixed-bed column. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, [S. l.], v. 20, n. 5, p. 3408–3414, 2014. DOI: 10.1016/j.jiec.2013.12.027.

CHIBAN, Mohamed; CARJA, Gabriela; LEHUTU, Gabriela; SINAN, Fouad. Equilibrium and thermodynamic studies for the removal of As(V) ions from aqueous solution using dried plants as adsorbents. **Arabian Journal of Chemistry**, [S. l.], v. 9, p. S988–S999, 2016. DOI: 10.1016/j.arabjc.2011.10.002.

CHOWDHURY, Md. Rashadul Islam; MULLIGAN, Catherine N. Biosorption of arsenic from contaminated water by anaerobic biomass. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 190, n. 1–3, p. 486–492, 2011. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2011.03.070.

CHRISTOBEL, Johnsi; LIPTON, A. P. Evaluation of macroalgal biomass for removal of heavy metal Arsenic (As) from aqueous solution. **International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management**, [S. l.], v. 4, n. 5, p. 94–104, 2015.

FARIAS, Robson Fernandes De. Effect of adsorbed polyaniline on the thermal stability of iron and arsenic oxides. **Química Nova**, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 313–315, 2000. DOI: 10.1590/S0100-40422000000300006.

FEBRIANTO, Jonathan; KOSASIH, Aline Natasia; SUNARSO, Jaka; JU, Yi-Hsu; INDRASWATI, Nani; ISMADJI, Suryadi. Equilibrium and kinetic studies in adsorption of heavy metals using biosorbent: A summary of recent studies. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 162, n. 2–3, p. 616–645, 2009. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2008.06.042.

FEISTEL, Ulrike; OTTER, Philipp; KUNZ, Sylvie; GRISCHEK, Thomas; FELLER, Jörg. Field tests of a small pilot plant for the removal of arsenic in groundwater using coagulation and filtering. **Journal of Water Process Engineering**, [S. l.], v. 14, p. 77–85, 2016. DOI: 10.1016/j.jwpe.2016.10.006.

GARDENAL, Isabel. Quadrilátero Ferrífero ainda sofre contaminação causada por 300 anos de mineração: O arsênio como herança. **Universidade Estadual de Campinas**, Campinas, p. 10–11, 2002.

GNANASAMBANDAM, Ravin; PROCTOR, A. Determination of pectin degree of esterification by diffuse reflectance Fourier transform infrared spectroscopy. **Food Chemistry**, [S. l.], v. 68, n. 3, p. 327–332, 2000. DOI: 10.1016/S0308-8146(99)00191-0.

GONÇALVES, José Augusto Costa; DE LENA, Jorge Carvalho; PAIVA, José Fernando; NALINI, Hermínio Arias; PEREIRA, Janice Cardoso. Arsenic in the groundwater of Ouro Preto (Brazil): its temporal behavior as influenced by the hydric regime and hydrogeology. **Environmental Geology**, [S. l.], v. 53, n. 4, p. 785–793, 2007. DOI: 10.1007/s00254-007-0691-0.

HADIANI, Mohammad Rasoul; KHOSRAVI-DARANI, Kianoush; RAHIMIFARD, Nahid. Optimization of As (III) and As (V) removal by *Saccharomyces cerevisiae* biomass for biosorption of critical levels in the food and water resources. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 102949, 2019. DOI: 10.1016/j.jece.2019.102949. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.102949>.

HE, Xingyu; DENG, Fang; SHEN, Tingting; YANG, Liming; CHEN, Dezhi; LUO, Jianfeng; LUO, Xubiao; MIN, Xiaoye; WANG, Fang. Exceptional adsorption of arsenic by zirconium metal-organic frameworks: Engineering exploration and mechanism insight. **Journal of Colloid and Interface Science**, [S. l.], v. 539, p. 223–234, 2019. DOI: 10.1016/j.jcis.2018.12.065.

JIANG, Yuxuan; ZHONG, Wen; YAN, Wei; YAN, Li. Arsenic mobilization from soils in the presence of herbicides. **Journal of Environmental Sciences**, [S. l.], v. 85, p. 66–73, 2019. DOI: 10.1016/j.jes.2019.04.025.

KAZI, Tasneem Gul; BRAHMAN, Kapil Dev; BAIG, Jameel Ahmed; AFRIDI, Hassan Imran. A new efficient indigenous material for simultaneous removal of fluoride and inorganic arsenic species from groundwater. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 357, p. 159–167, 2018. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2018.05.069.

KUMAR, Manoj; RAMANATHAN, AL.; RAHMAN, Mohammad Mahmudur; NAIDU, Ravi. Concentrations of inorganic arsenic in groundwater, agricultural soils and subsurface sediments from the middle Gangetic plain of Bihar, India. **Science of The Total Environment**, [S. l.], v. 573, p. 1103–1114, 2016. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.08.109.

LEE, Chang-Gu; ALVAREZ, Pedro J. J.; NAM, Aram; PARK, Seong-Jik; DO, Taegu; CHOI, Ung-Su; LEE, Sang-Hyup. Arsenic(V) removal using an amine-doped acrylic ion exchange fiber: Kinetic, equilibrium, and regeneration studies. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 325, p. 223–229, 2017. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2016.12.003.

LIU, Yu. Is the Free Energy Change of Adsorption Correctly Calculated? **Journal of Chemical & Engineering Data**, [S. l.], v. 54, n. 7, p. 1981–1985, 2009. DOI: 10.1021/je800661q.

MAITY, Jyoti Prakash; HO, Pei-Ru; HUANG, Yi-Hsun; SUN, An-Cheng; CHEN, Chien-Cheng; CHEN, Chien-Yen. The removal of arsenic from arsenic-bearing groundwater in In-situ and Ex-situ environment using novel natural magnetic rock material and synthesized magnetic material as adsorbent: A comparative assessment. **Environmental Pollution**, [S. l.], v. 253, p. 768–778, 2019. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.07.048.

MIRLEAN, N.; BAISCH, P.; DINIZ, D. Arsenic in groundwater of the Paraíba do Sul delta, Brazil: An atmospheric source? **Science of The Total Environment**, [S. l.], v. 482–483, n. 1, p. 148–156, 2014. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.02.138.

MOLINARI, R.; ARGURIO, P. Arsenic removal from water by coupling photocatalysis and complexation-ultrafiltration processes: A preliminary study. **Water Research**, [S. l.], v. 109, p. 327–336, 2017. DOI: 10.1016/j.watres.2016.11.054.

NIAZI, Nabeel Khan; BIBI, Irshad; SHAHID, Muhammad; OK, Yong Sik; BURTON, Edward D.; WANG, Hailong; SHAHEEN, Sabry M.; RINKLEBE, Jörg; LÜTTGE, Andreas. Arsenic removal by perilla leaf biochar in aqueous solutions and groundwater: An integrated spectroscopic and microscopic examination. **Environmental Pollution**, [S. l.], v. 232, p. 31–41, 2018. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.09.051.

PHOLOSI, Agnes; NAIDOO, Eliazer B.; OFOMAJA, Augustine E. Enhanced Arsenic (III) adsorption from aqueous solution by magnetic pine cone biomass. **Materials Chemistry and Physics**, [S. l.], v. 222, p. 20–30, 2019. DOI: 10.1016/j.matchemphys.2018.09.067.

PINHEIRO, Elói'sa Rovaris Eloisa Rovaris; SILVA, Iolanda M. D. A.; GONZAGA, Luciano V.; AMANTE, Edna R.; TEÓFILO, Reinaldo F.; FERREIRA, Márcia M. C.; AMBONI, Renata D. M. C. Optimization of extraction of high-ester pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis flavicarpa*) with citric acid by using response surface methodology. **Bioresource Technology**, [S. l.], v. 99, n. 13, p. 5561–5566, 2008. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.10.058.

PODDER, M. S.; MAJUMDER, C. B. Study of the kinetics of arsenic removal from wastewater using *Bacillus arsenicus* biofilms supported on a Neem leaves/MnFe 2 O 4 composite. **Ecological Engineering**, [S. l.], v. 88, p. 195–216, 2016. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2015.12.027.

REN, Xiaohui; ZHANG, Zilong; LUO, Hanjin; HU, Bingjie; DANG, Zhi; YANG, Chen; LI, Luye. Adsorption of arsenic on modified montmorillonite. **Applied Clay Science**, [S. l.], v. 97–98, p. 17–23, 2014. DOI: 10.1016/j.clay.2014.05.028.

RITCHIE, Raymond J.; MEKJINDA, Nutsara. Arsenic toxicity in the water weed *Wolffia arrhiza* measured using Pulse Amplitude Modulation Fluorometry (PAM) measurements of photosynthesis. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [S. l.], v. 132, p. 178–185, 2016. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2016.06.004.

SALIH, Suhaib S.; MAHDI, Abdulbasit; KADHOM, Mohammed; GHOSH, Tushar K. Competitive adsorption of As(III) and As(V) onto chitosan/diatomaceous earth adsorbent. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, [S. l.], v. 7, n. 5, p. 103407, 2019. DOI: 10.1016/j.jece.2019.103407.

SARI, Ahmet; ULUOZLÜ, Özgür Doğan; TÜZEN, Mustafa. Equilibrium, thermodynamic and kinetic investigations on biosorption of arsenic from aqueous solution by algae (*Maugeotia genulflexa*) biomass. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v. 167, n. 1, p. 155–161, 2011. DOI: 10.1016/j.cej.2010.12.014.

SCHIEWER, Silke; BALARIA, Ankit. Biosorption of Pb<sup>2+</sup> by original and protonated citrus peels: Equilibrium, kinetics, and mechanism. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v. 146, n. 2, p. 211–219, 2009. DOI: 10.1016/j.cej.2008.05.034.

SEBRAE. **O cultivo e o mercado do maracujá**. 2016.

SESLIJA, Sanja; SPASOJEVIĆ, Pavle; PANIĆ, Vesna; DOBRZYŃSKA-MIZERA, Monika; IMMIRZI, Barbara; STEVANOVIĆ, Jasmina; POPOVIĆ, Ivanka. Physico-chemical evaluation of hydrophobically modified pectin derivatives: Step toward application. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 113, p. 924–932, 2018. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.03.006.

SHAKOOR, Muhammad Bilal et al. Exploring the arsenic removal potential of various biosorbents from water. **Environment International**, [S. l.], v. 123, p. 567–579, 2019. DOI: 10.1016/j.envint.2018.12.049.

SHERLALA, A. I. A.; RAMAN, A. A. A.; BELLO, M. M.; BUTHIYAPPAN, A. Adsorption of arsenic using chitosan magnetic graphene oxide nanocomposite. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 246, p. 547–556, 2019. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.05.117.

SIBI, G. Biosorption of Arsenic by Living and Dried Biomass of Fresh Water Microalgae - Potentials and Equilibrium Studies. **Journal of Bioremediation & Biodegradation**, [S. l.], v. 05, n. 06, 2014. DOI: 10.4172/2155-6199.1000249.

SIGDEL, Abinashi; PARK, Jeongwon; KWAK, Hyoeun; PARK, Pyung-Kyu. Arsenic removal from aqueous solutions by adsorption onto hydrous iron oxide-impregnated alginate beads. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, [S. l.], v. 35, p. 277–286, 2016. DOI: 10.1016/j.jiec.2016.01.005.

SINGH, Kiran; SINHA, T. J. M.; SRIVASTAVA, Shalini. Functionalized nanocrystalline cellulose: Smart biosorbent for decontamination of arsenic. **International Journal of Mineral Processing**, [S. l.], v. 139, p. 51–63, 2015. DOI: 10.1016/j.minpro.2015.04.014.

SUMI, Daigo. Biological effects of and responses to exposure to electrophilic environmental chemicals. **Journal of Health Science**, [S. l.], v. 54, n. 3, p. 267–272, 2008.

TEODORO, Filipe Simões et al. Synthesis and application of a new carboxylated cellulose derivative. Part I: Removal of Co<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> and Ni<sup>2+</sup> from monocomponent spiked aqueous solution. **Journal of Colloid and Interface Science**, [S. l.], v. 483, p. 185–200, 2016. DOI: 10.1016/j.jcis.2016.08.004.  
WHO. **Arsenic**. 2018.

WILLIAMS, Paul N.; LEI, Ming; SUN, Guoxin; HUANG, Qing; LU, Ying; DEACON, Claire; MEHARG, Andrew A.; ZHU, Yong-Guan. Occurrence and Partitioning of Cadmium, Arsenic and Lead in Mine Impacted Paddy Rice: Hunan, China. **Environmental Science & Technology**, [S. l.], v. 43, n. 3, p. 637–642, 2009. DOI: 10.1021/es802412r.

XU, Pei; CAPITO, Marissa; CATH, Tzahi Y. Selective removal of arsenic and monovalent ions from brackish water reverse osmosis concentrate. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 260, p. 885–891, 2013. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2013.06.038.

YAN, Lei; YIN, Huanhuan; ZHANG, Shuang; LENG, Feifan; NAN, Wenbin; LI, Hongyu. Biosorption of inorganic and organic arsenic from aqueous solution by *Acidithiobacillus ferrooxidans* BY-3. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 178, n. 1–3, p. 209–217, 2010. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2010.01.065.

ZHAO, F. J.; MA, J. F.; MEHARG, A. A.; MCGRATH, S. P. Arsenic uptake and metabolism in plants. **New Phytologist**, [S. l.], v. 181, n. 4, p. 777–794, 2009. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2008.02716.x.

ZHOU, Yinzhu; ZENG, Yanyan; ZHOU, Jinlong; GUO, Huaming; LI, Qiao; JIA, Ruiliang; CHEN, Yunfei; ZHAO, Jiangtao. Distribution of groundwater arsenic in Xinjiang, P.R. China. **Applied Geochemistry**, [S. l.], v. 77, p. 116–125, 2017. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2016.09.005.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA** - Técnico em química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Licenciado em Química pela Universidade de Uberaba (2011). Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Docência do Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012). Mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2015), com ênfase em desenvolvimento de bioadsorvente para remoção dos íons metálicos As(V), Sb (III) e Se (IV) em diferentes matrizes aquáticas. Doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2018), com ênfase em Processos Oxidativos Avançados [fotocatálise heterogênea ( $\text{TiO}_2/\text{UV-A}$  e  $\text{TiO}_2/\text{Solar}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-C}$ ) para remoção de contaminantes de interesse emergente (CIE) em diferentes matrizes aquáticas. Atualmente realiza Pós-doutorado (maio de 2020 a maio de 2022) na Universidade Federal de Uberlândia com ênfase em aplicação de novos agentes oxidantes empregando radiação solar para remoção de CIE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto. Possui 11 anos de experiência como técnico em química no Instituto Federal de Goiás, tendo atuado como responsável por análises de parâmetros físico-químicos e biológicos de águas e efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto. Atualmente, vem atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (i) Desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de resíduos químicos gerados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (ii) Estudos de monitoramento de CIE; (iii) Desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CIE em diferentes matrizes aquáticas; (iv) Aplicação de processos oxidativos avançados ( $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-C}$ ,  $\text{TiO}_2/\text{UV-A}$  e foto-Fenton e outros) para remoção de CIE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto para fins de reutilização; (v) Estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CIE em diferentes matrizes aquáticas e (vi) Educação Ambiental.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adsorvente 74, 75, 76, 78, 146, 148, 149, 150, 151, 152, 154

Alimentos 36, 107, 118, 120, 121, 123, 124, 137, 138, 139, 140

Aluno 2, 3, 4, 10, 12, 13, 19, 33, 34, 36, 37, 39, 69, 72, 76, 79, 92, 93, 94, 98, 110, 113, 120, 121, 125

Ambiente escolar 1, 2, 4, 13, 14, 65

Aprendizado significativo 63, 97

Aprendizagem 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 23, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 51, 52, 53, 54, 62, 64, 65, 67, 70, 71, 72, 74, 80, 82, 96, 98, 99, 110, 113, 119

Arsenic 156, 157, 158, 160, 161, 162, 164, 166, 167, 171, 172, 173, 174, 175

### B

Bioquímica 82, 83, 95, 128

Biosorbent 156, 170, 172, 174

### C

Carvão ativado 146, 148, 149, 152, 154, 155

Ciências 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 18, 20, 22, 29, 30, 31, 32, 41, 42, 43, 44, 46, 48, 49, 53, 54, 63, 67, 68, 69, 70, 81, 97, 107, 118, 119, 123, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 135, 155, 156

Ciências naturais 13, 20, 22, 29, 46, 48, 63, 97

Conhecimento científico 32, 41, 51, 52, 53, 63, 98, 135

Conhecimento escolar 32

Contaminação 146, 147, 154, 172

Contextualização 19, 43, 48, 71, 80

Coordenação e aperfeiçoamento de pessoal de nível superior – Capes 14, 64, 70, 119, 170

Corantes naturais 107, 108, 109, 119

Corpo hídrico 147

Cotidiano 17, 18, 19, 27, 33, 34, 36, 37, 40, 41, 44, 63, 64, 97, 98, 106, 110, 118

### D

Didática 31, 35, 41, 42, 53, 79, 98, 119

Discente 40, 98, 110, 133

Docente 3, 4, 19, 20, 30, 41, 46, 54, 62, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 73, 81, 133

## **E**

Educação básica 16, 28, 41, 44, 62, 64, 65, 67, 69, 70, 107, 118, 133

Embalagem 121, 122

Ensino-aprendizagem 1, 2, 3, 4, 5, 9, 11, 16, 18, 20, 23, 32, 33, 36, 39, 44, 45, 46, 51, 52, 53, 54, 62, 64, 67, 70, 113

Ensino médio 1, 8, 10, 12, 16, 20, 31, 32, 34, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, 64, 81, 82, 83, 95, 98, 108, 110, 118, 119

Ensino superior 62, 69, 80, 133, 176

Espectrofotometria 146, 151

Estocagem 121

Experimentação 31, 33, 34, 35, 37, 39, 41, 42, 43, 45, 51, 52, 63, 74, 97, 98, 110, 113

Extensão 32, 34, 40, 41, 43, 78, 127

Extrato 97, 98, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 113, 115, 116, 117, 118

## **F**

Fundo nacional de desenvolvimento da educação - FNDE 64

## **I**

Indicador natural ácido-base 97, 101, 105, 106, 109

Inorganic contaminants 156

Insalubridade 72

## **L**

Laboratório 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 116, 118, 146

Lei de diretrizes e bases da educação - LDB 64, 98

Linguagens 18, 32

## **M**

Magistério 62

Mapas de risco 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78

Material lignocelulósico 71, 75

Meio ambiente 108, 147

Meio aquoso 100, 106, 109, 114, 146, 150

Metais pesados 71, 73, 75, 80, 146, 147, 148, 154

Metodologia de ensino 33, 38

Metodologias ativas 44, 71, 74, 80

México 55, 56, 137

Modelos 18, 32, 119

## **P**

Paradigmas 6, 82

Parâmetros Curriculares Nacionais - PCNs 33, 98, 110, 118

Pesquisa 1, 7, 12, 20, 28, 31, 32, 40, 42, 44, 46, 47, 48, 65, 69, 70, 71, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 96, 121, 125, 126, 127, 129, 132, 135, 155, 176

Pibid 70

Pigmento 100, 110, 114

Poluição ambiental 147

Prática pedagógica contextualizada 82

Prática pedagógica inovadora - PPI 72

Preparation of passion fruit peel flour – PFPF 156, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170

Procedimentos operacionais padrão – POP's 76, 77

professor 2, 3, 4, 5, 9, 11, 12, 19, 22, 30, 33, 34, 42, 43, 45, 50, 52, 54, 64, 65, 75, 78, 79, 80, 82, 83, 87, 93, 94, 110, 119, 132

Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência - PIBID 42, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70

## **Q**

Química 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 48, 49, 50, 51, 53, 55, 56, 58, 62, 63, 64, 65, 67, 70, 71, 74, 77, 79, 80, 81, 97, 98, 99, 101, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 115, 118, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 144, 145, 156, 172, 176

Química sustentável 137

## **R**

Reaproveitamento 75

Receptor passivo 82

Recurso didático 31, 40

Resíduos químicos 72, 73, 74, 75, 80, 176

## **S**

Saúde humana 147

Sementes de feijão 16, 21, 24, 28

Sociedade tecnológica 32

Solo 16, 17, 21, 26, 27, 28, 29, 30, 56, 60, 122, 141

Solubilidade 31, 35, 37, 38

Subjetividade 27, 28, 29, 44, 45, 54

## **T**

Teor de umidade 121, 122, 123

Teoria 10, 14, 29, 32, 33, 34, 35, 40, 44, 45, 54, 63, 64, 69, 74, 98, 99, 107, 110, 113, 118, 134

## **U**

Universidade 1, 14, 16, 29, 30, 31, 32, 34, 41, 43, 44, 54, 62, 70, 71, 72, 74, 80, 81, 95, 97, 108, 109, 119, 123, 124, 125, 127, 129, 131, 132, 133, 134, 136, 155, 156, 172, 176

## **W**

Wastewater 155, 156, 157, 161, 174

O ensino e a pesquisa em

# QU MICA

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

 **Atena**  
Editora

Ano 2021

O ensino e a pesquisa em

# QU MICA

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

@atenaeditora 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 



 **Atena**  
Editora

Ano 2021