



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# Química:

Debate entre a Vida Moderna  
e o Meio Ambiente

**Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua**  
(Organizador)



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# Química:

Debate entre a Vida Moderna  
e o Meio Ambiente

**Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua**  
(Organizador)

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**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.



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

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. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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 Alfnas

### **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 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

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 Federaci 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 Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

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

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar



Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Liliansi Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



## Química: debate entre a vida moderna e o meio ambiente

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Kimberlly Elisandra Gonçalves Carneiro  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

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

Q6 Química: debate entre a vida moderna e o meio ambiente /  
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 978-65-5706-978-3  
DOI 10.22533/at.ed.783211204

1. Química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva  
(Organizador). II. Título.

CDD 540

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.

## APRESENTAÇÃO

O E-book: “Química: Discutindo a Vida Moderna e o Meio Ambiente” em seu volume I é composto por dezoito trabalhos científicos em forma de capítulos que buscam apresentar e promover a discussão em relação à busca por alternativas e soluções que visem ampliar o aproveitamento de matéria-prima de origem vegetal que são tratados como resíduos e até passivos ambientais. Neste sentido, a incorporação de materiais lignocelulósicos (rico em fibras, vitaminas e outros nutrientes) como matéria-prima na composição de outros alimentos vem sendo cada vez mais investigado e aplicado tanto na nutrição animal quanto na humana. Além disso, a biomassa vegetal vem sendo estudada para: (i) produção de materiais e utensílios com propriedades semelhantes às encontradas em matérias-primas virgens provenientes de fontes não renováveis e que causam grandes impactos ao ambiente tanto em sua extração quanto no descarte após sua utilização; (ii) produção de combustíveis oriundos de fontes renováveis e que causam menor impacto ao meio ambiente; (iii) materiais com alta capacidade de remoção de poluentes presentes em diferentes matrizes aquosas e com enorme potencial para serem utilizados tanto em substituição quanto na complementação de etapas convencionais de tratamento de água e esgoto.

Neste contexto a busca por novos materiais; tecnologias que proporcionam maior rapidez, menor consumo de reagentes, reaproveitamento de materiais, solventes menos tóxicos e produzidos a partir de fontes renováveis vêm ganhando cada vez mais espaço e se constituindo na chamada Química Verde.

No entanto, apesar de todos os esforços que vem sendo feitos nos diferentes setores da indústria, pesquisa e tecnologia na busca por processos ecologicamente mais corretos e sustentáveis, o estilo de vida da população fundamentado no consumo além da necessidade vem ocasionando inúmeros impactos ambientais tanto a biota aquática quanto aos diferentes ecossistemas do planeta Terra, tendo nos recursos hídricos o principal meio de propagação de substâncias provenientes de inúmeras fontes, em especial pelo sistema de saneamento básico e pela aplicação de pesticidas nas atividades agropecuárias.

Neste contexto, inúmeras técnicas de detecção e quantificação em escala traço (ng a  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) vem se destacando pela miniaturização ou capacidade de detectar e quantificar inúmeras classes de compostos (resíduos de fármacos, pesticidas, drogas ilícitas, hormônios, dentre outros) que se constituem em uma classe de substâncias na qual não se conhece os possíveis efeitos deletérios a médio e longo prazo para a saúde humana e do ambiente.

Com o intuito de colaborar tanto na divulgação quanto na disseminação de novos conhecimentos, a Atena Editora organiza e publica trabalhos de alta relevância, disponibilizando de forma gratuita em diferentes plataformas de busca e pesquisa.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **REAPROVEITAMENTO DAS CASCAS DE BANANA, LIMÃO E LARANJA NA PREPARAÇÃO DE PANQUECAS**

Flávia Morais da Silva

Eliane de Fátima Souza

Vitoria Marques Cesar Leite

**DOI 10.22533/at.ed.7832112041**

### **CAPÍTULO 2..... 7**

#### **DESENVOLVIMENTO DE BIOFILME A PARTIR DO BAGAÇO DA LARANJA**

Lucas Fernandes Domingues

**DOI 10.22533/at.ed.7832112042**

### **CAPÍTULO 3..... 16**

#### **ELABORAÇÃO DE UM IMPERMEABILIZANTE TÊXTIL À BASE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) COM PROPRIEDADES ANTIMICROBIANAS PROVENIENTES DO ÓLEO DA *MORINGA OLEIFERA***

Livia Mazuche Freire e Silva

Marcela Andrade Chagas

Maria Gabrielli Maciel Gonçalves

Mariana Ramos de Moraes

Ana Paula Ruas de Souza

Isabel Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.7832112044**

### **CAPÍTULO 4..... 29**

#### **PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO DE CASCA DE LARANJA ATIVADO COM CLORETO DE CÁLCIO E SUA APLICAÇÃO EM TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM NITRATO**

Lucas Fernandes Domingues

Greice Queli Nardes Cruz

Idel Perpetua Castro

Isadora Aparecida Archioli

Lorena Cristina Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.7832112045**

### **CAPÍTULO 5..... 37**

#### **QUALIDADE DO AR: MARCADORES DE PAPEL DE BIBLIOTECA**

Thairine Lima dos Santos

Celeste Yara dos Santos Siqueira

**DOI 10.22533/at.ed.7832112046**

### **CAPÍTULO 6..... 47**

#### **RESTRAINTS ANALYSIS FOR THE RENEWABLE ENERGY EXPANSION IN BRAZIL SENSITIVE BIOMES FROM THE IRP PERSPECTIVE**

Ivo Leandro Dorileo

Leonardo G. de Vasconcelos

Mauro Donizeti Berni

**DOI 10.22533/at.ed.7832112047**

**CAPÍTULO 7.....65**

**REAPROVEITAMENTO SUSTENTÁVEL DO POLIESTIRENO**

Miriam Lucia Chiquetto Machado

Lucas Barreto Santos

Nilson Casimiro Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.7832112048**

**CAPÍTULO 8.....77**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE ADEQUAÇÃO DA SÍNTESE DO CICLOEXENO AO CONTEXTO DA QUÍMICA VERDE**

Gabriely Golombieski

Marilei Casturina Mendes Sandri

Cássia Gonçalves Magalhães

**DOI 10.22533/at.ed.7832112049**

**CAPÍTULO 9.....85**

**PRESENÇA DE PESTICIDAS EM ALIMENTOS DE ORIGEM VEGETAL NO BRASIL: O “VENENO” LEGALIZADO E INGERIDO DE FORMA HOMEOPÁTICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

**DOI 10.22533/at.ed.78321120410**

**CAPÍTULO 10.....98**

**PRESENÇA DE COCAÍNA/CRACK, HORMÔNIOS E MICROPLÁSTICOS EM DIFERENTES MATRIZES AQUÁTICAS NO BRASIL E TOXICOLOGIA AOS ORGANISMOS EXPOSTOS**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

**DOI 10.22533/at.ed.78321120411**

**CAPÍTULO 11.....110**

**CAFEÍNA, UM MARCADOR ANTROPOGÊNICO DE POLUIÇÃO AMBIENTAL – REVISÃO**

Ismael Laurindo Costa Junior

Christiane Schineider Machado

Adelmo Lowe Plestch

Yohandra Reyes Torres

**DOI 10.22533/at.ed.78321120412**

**CAPÍTULO 12.....132**

**IDENTIFICAÇÃO DO COMPOSTO TRICLOSAN EM AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL POR MEIO DE ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO MOLECULAR**

Gabrielle Delfrate

Renato Itamar Duarte Fonseca

Elizabeth Weinhardt de Oliveira Scheffer

**DOI 10.22533/at.ed.78321120413**

**CAPÍTULO 13..... 138**

**APLICAÇÃO DE MICROCRISTAIS DE  $\beta$ -(Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>) NA DESCOLORAÇÃO DOS CORANTES ORGÂNICOS AZUL DE METILENO E RODAMINA B**

Francisco Henrique Pereira Lopes  
Luis Fernando Guimarães Noletto  
Vitória Eduardo Mendes Vieira  
Amanda Carolina Soares Jucá  
Keyla Raquel Batista da Silva Costa  
Marta Silva de Oliveira  
Priscila Brandão de Sousa  
Yáscara Lopes de Oliveira  
Gustavo Oliveira de Meira Gusmão

**DOI 10.22533/at.ed.78321120414**

**CAPÍTULO 14..... 153**

**MÉTODOS ANALÍTICOS APLICADOS A POLUENTES EM ÁGUAS NATURAIS**

Marciano Fabiano de Almeida  
Ewerton Ferreira Cruz

**DOI 10.22533/at.ed.78321120415**

**CAPÍTULO 15..... 167**

**ELECTROANALYTICAL DETECTION OF Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> AND Zn<sup>2+</sup> BY BORON DOPED DIAMOND ELECTRODE IN AMAZON BASIN**

Neila de Almeida Braga  
Lidiane Martins Moura Ferreira  
Maurício Ribeiro Baldan  
Neidenêi Gomes Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.78321120416**

**CAPÍTULO 16..... 181**

**A STATISTICAL MULTIVARIATE APPROACH TO EVALUATE FLUORINE CONTENT IN BRAZILIAN TOOTHPASTES**

Viviane Maria Schneider  
Bryan Brummelhaus de Menezes  
Lucas Mironuk Frescura  
Sérgio Alexandre Gehrke  
Marcelo Barcellos da Rosa

**DOI 10.22533/at.ed.78321120417**

**CAPÍTULO 17..... 196**

**TÉCNICA DE FOTOCATÁLISE COMO FORMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES: UM ESTUDO**

Jéssica Torres dos Santos  
Jéssica da Rocha Alencar Bezerra de Holanda  
Julia Kaiane Prates da Silva  
Louise Hoss  
Guilherme Pereira Schoeler



Luiza Beatriz Gamboa Araújo Morselli  
Josiane Pinheiro Farias  
Vitória Sousa Ferreira  
Maurizio Silveira Quadro  
Robson Andreazza  
Cicero Coelho de Escobar

**DOI 10.22533/at.ed.78321120418**

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>203</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>204</b>

# CAPÍTULO 14

## MÉTODOS ANALÍTICOS APLICADOS A POLUENTES EM ÁGUAS NATURAIS

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 21/02/2021

### Marciano Fabiano de Almeida

Universidade Federal de Minas Gerais  
Belo Horizonte/MG  
<http://lattes.cnpq.br/7759953342197045>

### Ewerton Ferreira Cruz

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais  
Belo Horizonte/MG  
<http://lattes.cnpq.br/2709089724771845>

**RESUMO:** Este capítulo apresenta uma breve descrição dos principais métodos que são aplicados à determinação e quantificação de poluentes em águas naturais. Sendo assim, foram ressaltadas as técnicas espectroscópicas, cromatográficas e eletroquímicas. Foram descritos os princípios básicos de cada método, suas aplicações e exemplos de poluentes a serem analisados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Poluentes, águas naturais, espectroscopia, cromatografia, eletroquímica.

### ANALYTICAL METHODS APPLIED TO POLLUTANTS IN NATURAL WATERS

**ABSTRACT:** This chapter presents a brief description of the main methods that are applied to the determination and quantification of pollutants in natural waters. Therefore, spectroscopic, chromatographic and electrochemical

techniques were focused. The basic principles of each method, its applications and examples of pollutants to be analyzed were exposed.

**KEYWORDS:** Pollutants, natural waters, spectroscopic, chromatography, electrochemical.

## 1 | INTRODUÇÃO

A água é uma das substâncias mais importantes do planeta Terra, abrangendo desde para o abastecimento humano, como também para atividades agrícolas e industriais. No entanto, os recursos hídricos estão se tornando cada vez mais escassos por causa do crescimento populacional exponencial, das mudanças climáticas e da poluição das águas (LI *et al.*, 2020). Aliado a isso, um número cada vez maior de substâncias vem sendo incorporadas nos ambientes aquáticos (águas superficiais e subterrâneas) devido a vários fatores, entre esses, a urbanização dos grandes centros e as práticas agrícolas intensivas (GAVRILESCU *et al.*, 2015).

É possível observar nas últimas décadas o estabelecimento de legislações para o monitoramento e limitação da quantidade de substâncias perigosas no meio ambiente (por exemplo, pesticidas, derivados de petróleo, metais e íons) e mais recentemente uma preocupação com o surgimento de poluentes emergentes (PEs). Desta forma, faz-se necessário o uso de mecanismos normativos

para categorizar os recursos hídricos de acordo com a seu tipo de uso, bem como padrões de qualidade. Segundo a legislação brasileira, a definição da qualidade da água faz referência ao tipo de uso ao qual se destina, e estipula os padrões de qualidade na resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 2005 e suas modificações (BRASIL, 2005). Assim, é de fundamental importância o enquadramento dos recursos hídricos em classes específicas para que haja um maior controle da poluição bem como destinação para usos específicos dos mesmos.

De acordo com von Sperling (2005) quando se vai avaliar o impacto da poluição no corpo d'água e a eficácia das medidas de controle, há a necessidade da quantificação das cargas poluidoras afluentes ao corpo hídrico. E para atender as exigências da legislação, se faz necessário o uso de certos métodos analíticos padronizados e equipamentos apropriados.

Este capítulo apresenta uma sucinta descrição de alguns métodos analíticos que podem ser aplicados para análise de poluentes em águas naturais. Técnicas espectroscópicas, técnicas cromatográficas, e técnicas eletroquímicas são empregadas com sucesso para análises aquosas em amostras ambientais.

Para atingir o objetivo desse capítulo, foi utilizada a pesquisa bibliográfica, onde foram selecionados os principais autores que trabalham os temas bem como artigos científicos para exemplificar a utilização dos métodos explicados.

## 2 | POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

Segundo von Sperling (2005), entende-se por poluição das águas a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alteram a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos. No entanto, esse conceito sobre poluição das águas cada vez mais vem se tornando mais abrangente em função de maiores exigências com relação ao uso racional e a conservação dos recursos hídricos (FALCÃO, 2011).

Os poluentes aquáticos são classificados baseados na sua natureza, conjuntamente com seus efeitos poluidores mais representativos. De acordo com von Sperling (2005), alguns tipos de poluentes podem ser classificados em: I) poluentes orgânicos biodegradáveis; II) poluentes orgânicos não-biodegradável; III) metais; e IV) nutrientes. Já os poluentes emergentes (PEs) abrangem uma ampla gama de produtos químicos sintéticos (como pesticidas, cosméticos, produtos de higiene pessoal e domésticos, produtos farmacêuticos, entre outros), que são utilizados em todo o mundo e indispensáveis para a sociedade moderna (GAVRILESCU *et al.*, 2015). Muitos desses poluentes são usados e liberados continuamente no meio ambiente, mesmo em quantidades muito baixas. Mesmo em pequenas quantidades alguns PEs podem causar toxicidade crônica, desregulação endócrina em humanos e animais selvagens aquáticos e desenvolvimento de resistência a

patógenos bacterianos (UNESCO, 2020).

### 3 | MÉTODOS ANALÍTICOS

O efeito de um certo composto no meio ambiente só é possível de se definir se métodos e técnicas analíticas são aplicadas, compreendendo, entre outros, a identificação do poluente, avaliação da exposição, caracterização do risco, quantidade/concentração e também dos aspectos da regulamentação legal (PIERZYNSKI, SIMS e VANCE, 2005). Deve-se destacar que “a terminologia adotada no Brasil estabelece que uma técnica refere-se ao instrumento utilizado e um método, ao procedimento adotado, o qual emprega uma determinada técnica instrumental” (SKOOG, HOLLER e CROUCH, 2009, p.775)

De acordo com a definição do objetivo analítico, o problema deve ser abordado de forma metódica (ROUESSAC e ROUESSAC, 2007). Sendo assim, considerando-se a natureza do analito a ser determinado, o ponto de partida consiste na escolha de um método de análise: o método espectroscópico, o método eletroquímico, o método de separação, *etc.* Em seguida, deve-se escolher uma técnica. Por exemplo, se a cromatografia for escolhida como método, qual seria a melhor técnica: a cromatografia em fase gasosa ou em fase líquida? É importante observar que na maioria das vezes, os métodos que são utilizados para a identificação de uma determinada substância, por exemplo, a orgânica, não são os mesmos utilizados para identificação de outra classe de contaminantes, por exemplo, inorgânicos (POOJA *et al.*, 2020).

#### 3.1 Métodos analíticos clássicos e instrumentais

Os métodos analíticos utilizados na quantificação de um analito podem ser divididas em duas classes: os métodos clássicos (tradicional ou via úmida) baseados na medição de massa, quantidade de matéria e carga - que fornecem valores absolutos - e os métodos instrumentais, que trabalham com valores expressos como  $\text{mg L}^{-1}$ ,  $\text{mg kg}^{-1}$ ,  $\mu\text{g m}^{-3}$  e assim por diante (VAZ JR., 2018).

Até o início do século XX, a maioria das análises que envolviam separação de compostos químicos eram realizadas por extração, destilação ou por reações de precipitação. Nas análises qualitativas, os analitos de interesse eram tratados com reagentes apropriados, produzindo compostos que pudessem ser identificados por suas propriedades, tais como solubilidade, cor, pontos de fusão e ebulição (VAZ JR., 2018). Por outro lado, na análise quantitativa os compostos eram quantificados por meio de métodos razoavelmente simples e de boa precisão, como a gravimetria (medição de massa) e a volumetria/titulação (medição de volume) - são exemplos típicos de métodos clássicos que são utilizados até hoje (HUSSAIN e KEÇILI, 2019; VAZ JR., 2018; SKOOG *et al.*, 2014).

De acordo com Skoog e colaboradores (2014), os métodos gravimétricos de análise baseiam-se em medidas de massa feitas com uma balança analítica, um instrumento que

fornece dados altamente exatos e precisos. Dessa forma, na análise gravimétrica, a massa de um determinado produto é usado para calcular a quantidade do analito presente na amostra original (HARRIS, 2011). Apesar de ainda ser utilizada atualmente, várias análises por gravimetria foram largamente substituídas por métodos instrumentais de análise, que são mais rápidos e menos trabalhosos (HARRIS, 2011).

Já os métodos volumétricos (ou titulométricos) incluem um amplo e poderoso grupo de procedimentos quantitativos baseados na medida da quantidade de um reagente de concentração conhecida que é consumida pelo analito (SKOOG et al., 2014). A partir dessa quantidade, a concentração do analito na amostra desconhecida pode ser determinada (HARRIS, 2011). Embora a análise volumétrica seja bastante antiga, existem diversas abordagens modernas, tais como o método potenciométrico para a identificação do ponto final de uma titulação (HUSSAIN e KEÇILI, 2019).

Algumas outras propriedades físico-químicas particulares de um determinado elemento ou composto que não são investigadas nos métodos clássicos começaram a ser avaliadas. Essas propriedades, geralmente associadas a fenômenos como a absorção e a emissão da radiação são os princípios dos métodos instrumentais que são utilizados nas técnicas espectroscópicas, por exemplo, na espectrometria molecular e espectrometria atômica (POOJA et al., 2020; VAZ JR., 2018). Outras propriedades físico-químicas como a corrente elétrica, potencial elétrico, razão massa/carga, resistência elétrica e refração da radiação também impulsionaram o desenvolvimento de uma grande diversidade de instrumentos analíticos (VAZ JR., 2018). Os métodos instrumentais são geralmente mais rápidas do que os métodos clássicos, e são empregadas na determinação de baixas concentrações de analito, no nível de traços ou abaixo dos valores de  $\text{ng L}^{-1}$  /  $\text{ng kg}^{-1}$  (VAZ JR., 2018).

### 3.2 Métodos Espectrométricos

Os métodos espectrométricos abrangem um conjunto de métodos analíticos baseados na espectroscopia atômica e molecular. De acordo com a região espectral do campo eletromagnético em função do comprimento de onda, temos diferentes interações da radiação incidente (refletida, transmitida ou absorvida) com a matéria e a partir daí diferentes técnicas podem ser desenvolvidas e aplicadas (SKOOG et al., 2014; VAZ JR., 2018).

A espectroscopia desempenha um papel importante na análise e quantificação de diversos poluentes em águas naturais (JIAO, SHANG e SCOTT, 2021; KUMAR et al., 2013; UGBEDE et al., 2020). De um modo geral, apresenta-se como uma ótima técnica para a análise em níveis de traço de muitos elementos da tabela periódica (HARVEY, 2000). A escolha da técnica espectroscópica apropriada e dos sistemas de detecção ampliou os recursos de aplicação dessas técnicas para a análise eficiente e sensível de poluentes, como de pesados metais, pesticidas, herbicidas e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos

(HPAs) (HUSSAIN e KEÇILI, 2019).

Entre os métodos espectrométricos para a identificação de elementos presentes em amostras aquosas e para a sua determinação de suas concentrações, temos a seguir a espectrometria óptica a qual engloba a técnica de espectrometria absorção molecular no ultravioleta/visível (UV/Vis), absorção atômica e emissão atômica.

### 3.2.1 *Espectrometria de Absorção Molecular UV/Vis*

A espectrometria de absorção molecular nas regiões espectrais do ultravioleta e do visível, na região de comprimento de onda entre 180 a 780 nm (SKOOG *et al.*, 2014). Essa técnica é largamente utilizada para a análises qualitativas e quantitativas de um grande número de espécies inorgânicas, orgânicas e biológicas. Dessa forma, sendo amplamente aplicada para a análise de poluentes ambientais tais como pesticidas, herbicidas, corantes, entre outros (GÜRKAN, KIR e ALTUNAY, 2015; LENG *et al.*, 2019; LEPOT *et al.*, 2017; WEN *et al.*, 2011).

A espectroscopia de absorção molecular no UV/Vis é uma das ferramentas mais úteis disponíveis ao químico para análise quantitativa (EWING, 2016). As suas principais características são: I) ampla aplicabilidade – um número enorme de espécies inorgânicas, orgânicas e bioquímicas; II) alta sensibilidade – limites típicos estão na faixa de  $10^{-4}$  a  $10^{-5}$  mol L<sup>-1</sup>, podendo chegar até mesmo a  $10^{-7}$  com certas modificações de procedimento; III) seletividade de moderada a alta – com frequência, pode-se descobrir um comprimento de onda no qual somente o analito absorve; IV) boa exatidão – os erros relativos na concentração observados estão na faixa de 1 a 5%; e V) facilidade e conveniência – as medidas espectrofotométricas são realizadas de forma rápida e fácil com instrumentos modernos, além disso, os métodos podem ser automatizados por si mesmos (SKOOG *et al.*, 2014; SKOOG, HOLLER e CROUCH, 2009).

### 3.2.2 *Espectrometria Atômica*

Na espectroscópica atômica a substância que está sendo analisada é decomposta em átomos (individuais ou íons elementares) por meio de uma chama, um forno ou um plasma (HARRIS, 2011). A determinação da espécie atômica somente é feita em meio gasoso no qual os átomos se encontram muito bem separados uns dos outros (SKOOG, HOLLER e CROUCH, 2009). A espectrometria atômica é uma ótima técnica para a análise dos níveis de traço de muitos elementos da tabela periódica. De modo geral, os métodos espectroscópicos atômicos são empregados na determinação qualitativa e quantitativa de mais de 70 elementos da tabela periódica (SKOOG *et al.*, 2014). Dentre as técnicas por espectroscopia atômica serão descritas a seguir as que se baseiam nos fenômenos de absorção e na de emissão da radiação eletromagnética.



### 3.2.2.1 Espectrometria de Absorção Atômica

O princípio fundamental da espectrometria de absorção atômica (AAS - do inglês *Atomic Absorption Spectroscopy*) envolve a medida da absorção da intensidade da radiação eletromagnética, proveniente de uma fonte de radiação primária (lâmpada de cátodo oco ou lâmpada de descarga sem eletrodos), por átomos gasosos no estado fundamental (SKOOG, HOLLER e CROUCH, 2009). AAS é uma técnica específica que pode ser aplicada na determinação quantitativa de metais, semi-metais e alguns não metais em amostras ambientais, biológicas, alimentos, *etc* (SKOOG *et al.*, 2014). Aliado a isso, fornece sensibilidades analíticas no nível de partes por milhão (ppm) até parte por bilhão (ppb) (SKOOG *et al.*, 2014).

A classificação dos métodos espectrométrico de absorção atômica é baseada na forma como a amostra é atomizada. Isto é, a amostra pode ser atomizada pelo método de chama (FAAS – do inglês *Flame Atomic Absorption Spectrometry*) ou pelo método eletrotérmico (EAAS – do inglês *Electrotherma Atomic Absorption Spectrometry*) (SKOOG, HOLLER e CROUCH, 2009). No início, a técnica ETAAS empregava apenas fornos de grafite para atomização eletrotérmica que é denominada de espectrometria de absorção atômica em forno de grafite – GFAAS (*Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry*), o que acabou se confundindo com o nome para a técnica (SKOOG, HOLLER e CROUCH, 2009). Outra forma de vaporização que pode ser combinada com AAS é a vapor a frio (CVAAS), utilizada quase exclusivamente para a determinação de mercúrio (HARRIS, 2011). A aplicação de cada um desses métodos depende principalmente do analito a ser determinado e do limite de detecção (LD) requerido (VAZ JR., 2018).

A técnica por FAAS apresenta rapidez de análise (apenas alguns segundos), custo relativamente baixo por análise, equipamento de fácil operação e manutenção, maior precisão, e apresenta um LD de aproximadamente entre 0,1 – 1,0 µg/mL, sendo que os valores podem variar de elemento para elemento (SKOOG *et al.*, 2014; SKOOG, HOLLER e CROUCH, 2009). Já a atomização eletrotérmica (ETAAS e, especialmente, GFAAS), necessita de pequenas quantidades de amostra (líquidas, sólidas, gases ou suspensões), permite um pré tratamento térmico *in situ* durante o programa de aquecimento, excelente sensibilidade – os limites de detecção são de 10 a 100 vezes menores do que na chama (SKOOG *et al.*, 2014; SKOOG, HOLLER e CROUCH, 2009).

A técnica por FAAS foi aplicado com sucesso na análise de metais pesados, Ni, Pb, Cu, Cr e Cd, em amostras de águas superficiais de rio (UGBEDE *et al.*, 2020). Enquanto GFAAS também foi utilizado com sucesso na detecção de metais, tais como Ti, Ag, Cu e Al em águas superficiais naturais (SOUSA e TEIXEIRA, 2020).

### 3.2.2.2 Espectrometria de Emissão Atômica

Devido às limitações na AAS, as técnicas que não exigem lâmpadas dedicadas para

cada um dos elementos foram sendo aprimoradas (SKOOG *et al.*, 2014). Essas técnicas, chamadas espectroscopia óptica de emissão atômica (OES – do inglês *Optical Emission Spectrometry* ou AES – do inglês *Atomic Emission Spectrometry*), baseiam-se na propriedade dos átomos neutros ou íons no estado gasoso de emitirem, quando termicamente ou eletricamente excitados, radiações em comprimentos de ondas característicos nas regiões UV/Vis (SKOOG *et al.*, 2014; VAZ JR., 2018). Este ambiente pode ser obtido por meio de chama, em forno de grafite, ou, mais recentemente, através de um plasma (mistura gasosa condutora contendo uma concentração significativa de íons e elétrons), entre outros. No entanto, a fonte de plasma acoplado indutivamente (ICP) é atualmente a fonte mais popular para a espectrometria de emissão (ICP-OES), sendo utilizado para a determinação da maioria dos elementos em inúmeros tipos de amostras (SKOOG *et al.*, 2014).

O ICP também pode ser acoplado a espectrometria de massas (MS - do inglês, *Mass Spectrometry*) que é uma ferramenta quantitativa que pode determinar quase todos os elementos da tabela periódica. No ICP-MS os íons gasosos gerados no plasma indutivo são introduzidos no espectrômetro de massas, os quais são separados em função da razão massa/carga ( $m/z$ ) através do transporte sob ação de campos elétricos e magnéticos que modificam as suas trajetórias (HARRIS, 2011). No caso do ICP-MS, o espectrômetro de massas atua apenas no estudo das massas atômicas isotópicas de átomos. Contudo, a MS também pode ser utilizado no estudo da massa atômica de moléculas ou fragmentos de moléculas, e neste caso pode estar acoplado como detector, por exemplo, na cromatografia (SKOOG *et al.*, 2014). Os limites de detecção para o ICP-MS (partes por trilhão) são suficientemente baixos para a certificação da pureza de reagentes, vidrarias e a confiabilidade de procedimentos de análise (HARRIS, 2011).

O ICP tem-se tornado a fonte espectroscópica de emissão mais utilizada, principalmente para as amostras ambientais, devido às vantagens como: alta estabilidade, baixo ruído, baixa intensidade de emissão e fundo e imunidade a muitos tipos de interferentes. Outra é a qualidade dos espectros de emissão para a maioria dos elementos em um único conjunto de condições de excitação, permitindo a análise simultânea de aproximadamente 70 elementos (HARRIS, 2011; SKOOG *et al.*, 2014).

Todos os metais ou não metais de interesse ambiental, determinados por AAS, podem ser determinados por OES - o último pode favorecer, para alguns elementos, a obtenção de valores mais baixos de limites de detecção e quantificação (VAZ JR., 2018). A técnica por ICP-OES foi aplicada com sucesso para a análise de traços de metais pesados, Cd, Co, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn em amostras águas naturais (WAQAR *et al.*, 2012). Em outro estudo importante utilizando a técnica por ICP-MS, Kumar e colaboradores (2013) analisaram com sucesso os íons U, V, Cu, Cr e Pb em águas naturais.

### 3.3 Métodos Cromatográficos

A cromatografia é, conceitualmente, um método largamente usado na separação

de componentes químicos de uma amostra de acordo com seu tempo de retenção, para posterior identificação e determinação/quantificação (SKOOG *et al.*, 2014). De modo geral, a cromatografia é um método físico-químico de separação de componentes de uma mistura, realizada através da distribuição desses componentes em duas fases, que estão em contato íntimo (COLLINS, BRAGA e BONATO, 2006). Assim, de acordo com o tempo necessário de cada análise, fase estacionária e móvel adequados, é possível isolar diferentes tipos de solutos.

Os métodos cromatográficos têm um papel crucial na detecção e quantificação de vários tipos de poluentes em águas naturais, tais como, trihalometanos e agrotóxicos (CARLOS *et al.*, 2011), estrogênio (LOPES *et al.*, 2010), poluentes emergentes, pesticidas, dentre outros (PORTOLÉS *et al.*, 2011). A escolha de um sistema de detecção adequado e dos tipos de colunas ampliaram as capacidades desta técnica para uma análise sensível de poluentes ambientais (HUSSAIN e KEÇILI, 2019). A melhora do LD nas análises de poluentes ambientais, foram causadas, principalmente, pelo desenvolvimento de sistemas cromatográficos com detectores mais sensíveis, o que levou a detecção das concentrações de  $\mu\text{g L}^{-1}$  para  $\text{ng L}^{-1}$  ou  $\text{pg L}^{-1}$  (HUSSAIN e KEÇILI, 2019). Existem várias formas de realizar o processo cromatográfico. Entre essas, temos a cromatografia gasosa (CG) e a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).

### 3.3.1 Cromatografia Gasosa

Na cromatografia gasosa, os componentes de uma amostra de gases ou substâncias volatilizáveis (termicamente estáveis) são separados em consequência da distribuição deles entre uma fase móvel gasosa e uma fase estacionária líquida ou sólida mantida em dentro de uma coluna (COLLINS, BRAGA e BONATO, 2006; SKOOG *et al.*, 2014). Contudo, quando a substância de interesse não atende a esses requisitos, há necessidade de derivação, onde as substâncias serão tornadas compatíveis com a técnica de CG (COLLINS, BRAGA e BONATO, 2006).

Diferentes tipos de detectores podem ser acoplados ao cromatógrafo gasoso, como o de captura de elétrons ou o espectrômetro de massas, entre outros. Dependendo do detector, um LD típico é apresentado, podendo se situar na faixa de  $10^{-8}$  a  $10^{-15}$   $\text{g s}^{-1}$  do soluto (SKOOG *et al.*, 2014).

A utilização da cromatografia gasosa, assim como sua importância, pode ser facilmente verificada no cumprimento das análises requeridas na legislação vigente CONAMA 357, Tabela III, classificação águas doces, onde se refere aos parâmetros orgânicos (BRASIL, 2005).

A avaliação da qualidade das águas relativa à presença de poluentes orgânicos empregando técnicas cromatográficas, especialmente a CG, já foi avaliada em diversos trabalhos científicos (CARLOS *et al.*, 2011; PORTOLÉS *et al.*, 2011; VERA *et al.*, 2018).

### 3.3.2 Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

A cromatografia líquida de alta eficiência é o tipo mais versátil e amplamente empregado de cromatografia por eluição. Essa técnica pode ser utilizada para separar e determinar espécies em uma variedade de materiais orgânicos, inorgânicos e biológicos. Na CLAE, a fase móvel é um solvente líquido, o qual contém a amostra na forma de uma mistura de solutos (SKOOG *et al.*, 2014).

A técnica por CLAE pode ser aplicável para separação e análise de misturas cujos constituintes sejam solúveis na fase móvel. Não há limitações de volatilidade ou de estabilidade térmica, como acontece na CG (HARRIS, 2011). Os detectores mais amplamente empregados em CLAE são baseados na absorção da radiação UV/Vis (SKOOG *et al.*, 2014). No entanto, a combinação da cromatografia líquida (CL) com um detector MS produz uma ferramenta muito poderosa, com alta seletividade, denominada CL-MS. Para se obter ainda uma melhor resolução, é possível encontrar equipamentos com o acoplamento de dois (CL-MS/MS) ou mais analisadores de massas em conjunto, em uma técnica conhecida como espectrometria de massas tandem (SKOOG *et al.*, 2014). Geralmente, os espectrômetros de massas também são sistemas do tipo quadrupolo ou espectrômetros de armadilha de íons, que podem ser acoplados a outras técnicas, como CG e ICP.

A aplicação da cromatografia líquida para análise de águas é utilizada em alguns dos compostos que fazem parte dos parâmetros orgânicos apresentados no CONAMA 357, como por exemplo, o agrotóxico glifosato, mas aplica-se, principalmente, na determinação de parâmetros inorgânicos da referida legislação (BRASIL, 2005). Entre as análises mais comuns realizadas pela cromatografia líquida, em específico pela cromatografia iônica, estão: análise de nitrito e nitrato, cloreto, fosfato, flúor e sulfato e também alguns cátions como íon amônio para análise de amônia. Uma das vantagens do uso da CLAE é que normalmente as amostras em meio aquoso não precisam passar por uma etapa prévia de extração ou concentração, como acontece na técnica por CG (COLLINS, BRAGA e BONATO, 2006).

A técnica por CLAE foi aplicada com sucesso para a análise de poluentes em amostras aquosas. Por exemplo, Tolosana-Moranchel e colaboradores (2020) analisaram com sucesso poluentes fenólicos em amostra de águas naturais.

## 3.4 Métodos Eletroquímicos

A eletroquímica ou química eletroanalítica compreende um grupo de métodos analíticos qualitativos e quantitativos baseados nas propriedades elétricas de um analito em solução quando este faz parte de uma célula eletroquímica (SKOOG, HOLLER e CROUCH, 2009).

Os métodos eletroquímicos oferecem certas vantagens sobre outros tipos de

métodos relatados anteriormente: I) as medidas são com frequência específicas para um estado particular de oxidação de um elemento; II) oferecem informações sobre a atividade de uma espécie química em vez de sua concentração; III) portabilidade - capazes de realizar estudos *in situ* e em tempo real e IV) rotas eficazes e custo relativamente baixo de sua instrumentação para lidar com poluentes ambientais comuns, como metais pesados, compostos de corantes têxteis, pesticidas, entre outros.(SKOOG, HOLLER e CROUCH, 2009; VAZ JR., 2018).

As técnicas eletroquímicas encontraram aplicações em várias áreas, inclusive na detecção de poluentes ambientais, tais como os metais pesados como Cu, As, Pb, entre outros, em águas naturais (CHOW *et al.*, 1996; SANTOS *et al.*, 2017; WARDAK; 2016; ZHANG *et al.*, 2017).

A seguir, será apresentado uma visão geral de duas das técnicas eletroquímicas, potenciometria e voltametria, que podem ser utilizadas em análise de poluentes em águas superficiais.

#### 3.4.1 Potenciometria

O uso de eletrodos para medir potenciais elétricos que fornecem informações químicas é chamado potenciometria (HARRIS, 2011). Existem eletrodos que respondem seletivamente a analitos específicos presentes em solução ou em fase gasosa. De modo geral, os métodos potenciométricos de análise baseiam-se na medida do potencial de células eletroquímicas, sem o consumo apreciável de corrente (SKOOG *et al.*, 2014).

O equipamento empregado para as análises potenciométricas são simples e de baixo custo, e inclui um eletrodo de referência (meia-célula, que produz um potencial de referência constante), um eletrodo indicador (responde às variações na atividade do analito) e um dispositivo de medida de potencial (HARRIS, 2011; SKOOG *et al.*, 2014). Eletrodos de referência mais comum são os de calomelano e prata-cloreto de prata, enquanto que os eletros indicadores mais usados incluem o eletrodo inerte de platina, e o eletrodos íons-seletivos (HARRIS, 2011).

O método potenciométrico de medida do potencial hidrogeniônico (pH) é possivelmente o método analítico mais comum já criado, o qual utiliza um eletrodo de íons-seletivo (VAZ JR., 2018). Diversos tipos de medidas potenciométricas já foram aplicadas com sucesso na análise de poluentes em amostras de águas naturais (CHOW *et al.*, 1996; CLEVEN e FOKKERT, 1994; WARDAK e GRABARCZYK, 2016)

#### 3.4.2 Voltametria

A voltametria compreende um conjunto de técnicas onde as informações a respeito do analito são obtidas através da medida da corrente em função do potencial aplicado durante um processo eletroquímico (HARRIS, 2011; SKOOG *et al.*, 2014). Já a polarografia

é um conjunto de técnicas de voltametria que utilizam o eletrodo gotejante de mercúrio (HARRIS, 2011).

A voltametria é usada na determinação quantitativa de uma ampla variedade de espécies orgânicas e inorgânicas, incluindo moléculas de interesse biológico (SKOOG *et al.*, 2014). O procedimento voltamétrico envolve o uso de uma célula com três eletrodos: I) um eletrodo de trabalho, no qual ocorre a eletrólise que se está investigando; II) um eletrodo de referência e III) um eletrodo auxiliar (SKOOG *et al.*, 2014).

Na polarografia, os LD alcançam aproximadamente  $10^{-5}$  mol L<sup>-1</sup>, superando em muitos casos a absorção atômica, com as vantagens adicionais de permitir a especificação de elementos e quantificar múltiplos elementos em um único experimento (SKOOG, HOLLER e CROUCH, 2009). Dependendo do tipo de voltametria utilizada, por exemplo, na voltametria de pulso diferencial, geralmente são duas a três ordens de grandeza menor o LD do que na voltametria clássica, localizando-se assim na faixa entre  $10^{-7}$  a  $10^{-8}$  mol L<sup>-1</sup> (SKOOG, 2014).

Os processos analíticos de pré-concentração têm sido usados para análise de traços a fim de aumentar a corrente faradaica. Uma das técnicas utilizadas é a voltametria de redissolução anódicas ou catódica, que pode ser utilizada na determinação de metais tóxicos em solo e na água (VAZ JR., 2018). A análise de soluções na faixa de  $10^{-6}$  a  $10^{-9}$  mol L<sup>-1</sup> torna-se factível pelos métodos de redissolução que são simples e rápidos (SKOOG *et al.*, 2014). É possível verificar o uso das técnicas voltamétricas para a análise de poluentes em águas naturais em diversos trabalhos (FEENEY e KOUNAVES, 2002; MIRANDA *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2017)

## 4 | CONCLUSÕES

Este capítulo fornece uma descrição básica de alguns métodos analíticos, sendo elas gravimetria, volumetria, espectrometria de absorção molecular UV/Vis, espectrometria de absorção e emissão atômica, cromatografia gasosa, cromatografia líquida de alta eficiência, potenciometria e voltametria, que podem ser aplicados a diversos tipos de poluentes em águas naturais.

A escolha do método a ser utilizado vai depender de diversos fatores relacionados ao poluente a ser analisado, sendo eles: o tipo, a fonte, o estado físico, *etc.* Além dos fatores relacionados ao elemento, deve-se levar em consideração: o recurso disponível a ser aplicado (custo), o método indicado pelas instruções normativas, a disponibilidade de insumos para a aplicação do método, a capacitação/habilitação do profissional que está fazendo a análise.

Como pôde-se perceber através deste capítulo, a utilização de métodos químicos para a análise de poluentes em águas naturais é algo complexo que necessita de, além de capacidade do profissional da análise, vasta pesquisa bibliográfica e legislativa referente ao poluente que vai ser quantificado.



## REFERÊNCIAS

**BRASIL.** Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente; Resolução N° 357, 18 de março de 2005. 2005. .

CARLOS, ELENICE A.; NEVES, ANTÔNIO A.; REIS, CÉSAR; DE QUEIROZ, MARIA ELIANA L.R. Determinação simultânea de trihalometanos e agrotóxicos em água por cromatografia gasosa. **Química Nova**, vol. 34, no. 2, p. 272–278, 2011.

CHOW, CHRISTOPHER W.K.; KOLEV, SPAS D.; DAVEY, DAVID E.; MULCAHY, DENNIS E. Determination of copper in natural waters by batch and oscillating flow injection stripping potentiometry. **Analytica Chimica Acta**, vol. 330, no. 1,

CLEVEN, ROB; FOKKERT, LUUK. Potentiometric stripping analysis of thallium in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, vol. 289, no. 2, p. 215–221, 1994.

COLLINS, CAROL H.; BRAGA, GILBERTO L.; BONATO, PIERINA S. **Fundamentos de cromatografia**. 4th ed. Campinas: Unicamp, 2006.

EWING, GALEN W. **Métodos instrumentais de análise química**. 15th ed. São Paulo: Blucher, 2016.

FALCÃO, JAKELINY COSTA. **Avaliação da autodepuração do Rio Tambay na cidade de Bayeux - Paraíba/Brasil**. 2011. 101 f. Universidade Federal da Paraíba, 2011.

FEENEY, ROSEMARY; KOUNAVES, SAMUEL P. Voltammetric measurement of arsenic in natural waters. **Talanta**, vol. 58, no. 1, p. 23–31, 2002.

GAVRILESCU, MARIA; DEMNEROVÁ, KATEŘINA; AAMAND, JENS; AGATHOS, SPIROS; FAVA, FABIO. Emerging pollutants in the environment: present and future challenges in biomonitoring, ecological risks and bioremediation. **New Biotechnology**, vol. 32, no. 1, p. 147–156, 2015.

GÜRKAN, RAMAZAN; KIR, UFUK; ALTUNAY, NAIL. Development of a simple, sensitive and inexpensive ion-pairing cloud point extraction approach for the determination of trace inorganic arsenic species in spring water, beverage and rice samples by UV-Vis spectrophotometry. **Food Chemistry**, vol. 180, p. 32–41, 2015.

HARRIS, DANIEL C. **Explorando a Química Analítica**. 4th ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2011.

HARVEY, DAVID. **Modern analytical chemistry**. 1st ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

HUSSAIN, CHAUDHERY MUSTANSAR; KEÇILI, RÜSTEM. **Modern environmental analysis techniques for pollutants**. 1st ed. [S. l.]: Elsevier Inc., 2019.

JIAO, YONGMEI; SHANG, HELEN; SCOTT, JOHN A. A UVC based advanced photooxidation reactor design for remote households and communities not connected to a municipal drinking water system. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, 2021. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136342>.

KUMAR, SANJUKTA A.; PANDEY, SHAILAJA P.; THAKUR, NEHA; PARAB, HARSHALA; SHINDE, RAKESH N.; PANDEY, ASHOK K.; WAGH, DILIP N.; KUMAR, SANGITA D.; REDDY, A. V.R. Synthesis and application of a unified sorbent for simultaneous preconcentration and determination of trace metal pollutants in natural waters. **Journal of Hazardous Materials**, vol. 262, p. 265–273, 2013.

LENG, GENG; HU, QIONG; HE, WEN FENG; LIU, ZHE; CHEN, WEN JIN; XU, WEN BO; YANG, QIU HONG; SUN, JING. A simple field method for the determination of sulfite in natural waters: Based on automated dispersive liquid-liquid microextraction coupled with ultraviolet-visible spectrophotometry. **Journal of Chromatography A**, vol. 1584, p. 72–79, 2019.

LEPOT, MATHIEU; AUBIN, JEAN BAPTISTE; CLEMENS, FRANÇOIS H.L.R.; MAŠIĆ, ALMA. Outlier detection in UV/Vis spectrophotometric data. **Urban Water Journal**, vol. 14, no. 9, p. 908–921, 2017.

LI, JUAN; WANG, HOU; YUAN, XINGZHONG; ZHANG, JINGJING; CHEW, JIA WEI. Metal-organic framework membranes for wastewater treatment and water regeneration. **Coordination Chemistry Reviews**, vol. 404, p. 213116, 2020.

LOPES, LAUDICÉIA G; MARCHI, MARY R. R.; SOUZA, JOÃO B. G.; MOURA, JOSÉ A.; LORENZON, CINTIA S.; CRUZ, CLAUDINEI; AMARAL, LUIZ A. Estrogênio em águas naturais e tratadas da região de Jaboticabal - São Paulo. **Química Nova**, vol. 33, no. 3, p. 639–643, 2010.

MIRANDA, LUCIANE; FELSNER, MARIA L.; TORRES, YOHANDRA R.; HOSS, IVONETE; GALLI, ANDRESSA; QUINÁIA, SUELI P. Validação interlaboratorial da determinação de metiltestosterona em águas naturais por voltametria usando eletrodo de gota pendente de mercúrio. **Química Nova**, vol. 38, no. 3, p. 419–426, 2015.

PIERZYNSKI, GARY M.; J. THOMAS SIMS; VANCE, GEORGE F. **Soil and environmental quality**. 3rd ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2005.

POOJA, D.; SINGH, PARDEEP; KUMAR, PRAVEEN; PATIL. **Sensor in water pollutants monitoring: role of material**. 1st ed. Singapore: Springer Nature Singapore, 2020.

PORTOLÉS, TANIA; PITARCH, ELENA; LÓPEZ, FRANCISCO J.; HERNÁNDEZ, FÉLIX. Development and validation of a rapid and wide-scope qualitative screening method for detection and identification of organic pollutants in natural water and wastewater by gas chromatography time-of-flight mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, vol. 1218, no. 2, p. 303–315, 2011.

ROUESSAC, FRANCIS; ROUESSAC, ANNICK. **Chemical analysis: modern instrumentation methods and technique**. 2nd ed. Chichester: Wiley, 2007.

SANTOS, JORGE LUÍS O.; LEITE, OLDAIR D.; JANONI, CLAYTON RICARDO; JESUS, DJANE S. DE; SANTOS, ANA MARIA P. DOS. Desempenho do eletrodo de filme de paládio na determinação de tálio e chumbo em amostras de águas naturais por voltametria de redissolução anódica com pulso diferencial. **Química Nova**, vol. 40, no. 9, p. 989–997, 2017.

SKOOG, DOUGLAS A.; HOLLER, F. JAMES; CROUCH, STANLEY R. **Princípios de análise instrumental**. 6th ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

SKOOG, DOUGLAS A.; WEST, DONALD M.; HOLLER, F. JAMES; CROUCH, STANLEY R. **Fundamentos de Química Analítica**. 9th ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SOUSA, VÂNIA SERRÃO; RIBAU TEIXEIRA, MARGARIDA. Removal of a mixture of metal nanoparticles from natural surface waters using traditional coagulation process. **Journal of Water Process Engineering**, vol. 36, no. April, p. 101285, 2020.

SPERLING, MARCOS VON. **Introducao à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

TOLOSANA-MORANCHEL, A.; CANLE, M.; FARALDOS, M.; BAHAMONDE, A. Photo-mechanism of phenolic pollutants in natural water: effect of salts. **Separation and Purification Technology**, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116868>.

UGBEDE, FREDRICK OGHENEORIE; ADUO, BRUNO CHUDY; OGBONNA, ONYINYECHI NNENNA; EKO, OGECHI CHINELO. Natural radionuclides, heavy metals and health risk assessment in surface water of Nkalagu river dam with statistical analysis. **Scientific African**, vol. 8, p. e00439, 2020.

UNESCO - UNITED NATIONS EDUCATIONAL, Scientific and Cultural Organization. Emerging pollutants in water and wastewater. 2020. Available at: <https://en.unesco.org/emergingpollutants>. Accessed on: 5 Jan. 2020.

VAZ JR., Silvio. **Analytical chemistry applied to emerging pollutants**. Switzerland: Springer International Publishing, 2018.

VERA, RUBEN; INSA, SARA; FONTÀS, CLÀUDIA; ANTICÓ, ENRIQUETA. A new extraction phase based on a polymer inclusion membrane for the detection of chlorpyrifos, diazinon and cyprodinil in natural water samples. **Talanta**, vol. 185, no. March, p. 291–298, 2018.

WAQAR, FARHAT; JAN, SAIDA; HAKIM, MUHAMMAD; MOHAMMAD, BASHIR; GHAFAR, ABDUL; YAWAR, WASIM. Solid-phase extraction and pre-concentration of trace metals in natural waters using indigenously synthesized chelating resin and their subsequent determination by ICP-OES. **Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering**, vol. 7, p. 389–395, 2012.

WARDAK, CECYLIA; GRABARCZYK, MALGORZATA. Analytical application of solid contact ion-selective electrodes for determination of copper and nitrate in various food products and drinking water. **Journal of Environmental Science and Health - Part B**, vol. 51, no. 8, p. 519–524, 2016.

WEN, XIAODONG; DENG, QINGWEN; GUO, JIE; YANG, SHENGCHUN. Ultra-sensitive determination of cadmium in rice and water by UV-vis spectrophotometry after single drop microextraction. **Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, vol. 79, no. 3, p. 508–512, 2011.

ZHANG, WEN; XU, YIWEI; ZOU, XIAOBO; TAHIR, HAROON E. Hybrid-power wireless electrochemical platform coupled to screen-printed electrode module for natural water monitoring. **Sensors and Actuators, B: Chemical**, vol. 242, p. 63–70, 2017.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Agrotóxicos 99, 100, 102, 108, 109, 172, 176

Água 2, 7, 11, 16, 18, 21, 22, 29, 30, 31, 32, 33, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 79, 80, 97, 101, 102, 103, 109, 111, 113, 114, 115, 121, 125, 127, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 144, 145, 146, 147, 148, 152, 153, 154, 161, 165, 166, 175, 176, 180, 209, 211, 212, 213

Águas superficiais 43, 113, 114, 115, 118, 122, 132, 133, 134, 135, 137, 144, 165, 170, 174, 212

Amostras ambientais 166, 170, 171

Analito 133, 147, 167, 168, 169, 170, 173, 174

Antimicrobiana 28, 29, 30, 31, 33, 38, 39, 144

Atividades antrópicas 110

### B

Bactérias 9, 31, 32, 35, 37, 50, 118, 119, 124, 131, 152

Bioacumulação 145

Biodegradabilidade 131, 209

Biofilme 7, 8, 11, 12, 13, 14, 119

Biomarcadores 124, 128, 134, 136

Biomassa 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 48, 213

Biota aquática 111, 114, 118, 119

### C

Carvão 18, 23, 24, 27, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 80

Catalisadores 150, 159

Celulose 8, 16, 18, 20, 21, 22, 40, 44, 49, 50, 53, 54

Compartimentos aquáticos 101, 102, 110, 112, 117

Compostos orgânicos 1, 40, 49, 51, 52, 56, 88, 124, 152, 213

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 166

Contaminantes de Interesse Emergente (CIE) 110, 111, 215

Corantes 80, 81, 111, 124, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 169, 174, 211

Cromatografia Gasosa (GC) 49, 136, 172, 175, 176

Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) 136, 173, 175

## **D**

Degradação 49, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 92, 105, 115, 118, 122, 127, 130, 131, 132, 137, 152, 153, 161, 162, 163, 164, 210, 211, 212, 213

Desregulação endócrina 110, 117, 166

Drogas ilícitas 110, 113, 114, 119

## **E**

Ecosistemas 97, 110, 111, 114, 116, 117, 118, 119, 122, 123, 125, 128, 130, 131, 132, 136, 212

Ecotoxicidade 212

Efeitos deletérios 110, 115, 117

Efluentes industriais 150, 152, 208, 209, 211, 213

Energia renovável 17, 23, 25

Esgoto 115, 116, 122, 124, 126, 127, 128, 132, 133, 135, 136, 137, 144, 145, 212, 215

Estação de tratamento de esgoto 116, 144, 215

## **F**

Fármacos 111, 122, 124, 128, 130, 133, 135, 136, 137, 213

Fotoativação 161, 162

Fotocatalisador 211, 212

Fotocatálise heterogênea 150, 162, 208, 210

Fungos 31, 32, 37, 50, 213

## **H**

Hemicelulose 16, 18, 20, 21, 22, 44

Hormônios 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117

## **I**

Impacto ambiental 31, 77, 91, 212

## **L**

Lignina 16, 18, 19, 20, 21, 49, 50, 53, 54, 55

Limite de detecção 134, 170

luz solar 212

luz ultravioleta 212

## **M**

Meio ambiente 6, 8, 32, 38, 47, 77, 79, 87, 90, 99, 100, 105, 119, 122, 123, 125, 128, 131,

132, 145, 149, 165, 166, 167, 176, 209, 212

Metais 42, 80, 111, 165, 166, 168, 170, 171, 174, 175, 179, 180, 212, 213, 215

Métodos analíticos 165, 166, 167, 168, 173, 175

Métodos eletroquímicos 173

Micro-organismos 40

Microplásticos 110, 112, 113, 117, 118, 119

Micropoluentes 122, 127, 128, 130, 133, 135, 136, 144

## O

Óxidos metálicos 150, 153

## P

Pesticidas 42, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 111, 165, 166, 168, 169, 172, 174

Poliestireno 28, 30, 32, 39, 40, 77, 78, 118, 119

Polímero 7, 10, 32, 77, 79

Poluentes 22, 43, 48, 49, 50, 51, 52, 110, 117, 118, 119, 122, 124, 128, 144, 152, 159, 162, 163, 165, 166, 168, 169, 172, 173, 174, 175, 210

Processos convencionais de tratamento 115, 210

Processos oxidativos avançados 150, 152, 208, 209, 213, 215

## Q

Química 7, 14, 16, 17, 18, 21, 25, 26, 28, 32, 33, 36, 38, 39, 40, 46, 48, 49, 57, 80, 89, 90, 91, 92, 95, 96, 97, 110, 113, 118, 123, 125, 126, 145, 149, 162, 163, 164, 173, 174, 176, 177, 179, 208, 210, 212, 213, 215

Química orgânica 90, 96

Química verde 7, 89, 90, 91, 92, 96

## R

Radical hidroxila 153

Reaproveitamento 1, 2, 5, 7, 41, 44, 77

Reciclagem 32, 36, 37, 77, 79, 87, 88

Recursos hídricos 102, 103, 121, 163, 165, 166, 208, 209

Resíduos 1, 3, 4, 7, 8, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 42, 43, 44, 47, 77, 78, 79, 81, 88, 90, 92, 105, 106, 117, 118, 123, 152, 212, 213

Reutilização 7, 32, 39, 79, 215



## **S**

Sistema endócrino 99, 112, 113, 115, 116

Sistemas aquáticos 118

Substâncias tóxicas 90

## **T**

Toxicidade aguda 110, 114

Toxicidade crônica 166

Tratamento biológico 178





Tratamento de água 33, 41, 43, 44, 47, 48, 115, 144

Tratamento de efluentes 47, 150, 208, 209, 210, 211, 213



# Química:

Debate entre a Vida Moderna  
e o Meio Ambiente

-  [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)



# Química:

Debate entre a Vida Moderna  
e o Meio Ambiente

🌐 [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)