

The background features a blue gradient with white chemical structures (molecules and rings) scattered across the top. In the lower half, there is a close-up of a glass dropper with a red liquid inside, positioned above several test tubes. The lighting is soft, creating a professional and scientific atmosphere.

O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 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-Não-Derivativos 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 Exatas e da Terra e Engenharias**

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

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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 Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
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
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
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



O papel fundamental da química entre as ciências naturais 2

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P214 O papel fundamental da química entre as ciências naturais
2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua.
- Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0027-1

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.271220604>

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

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

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 papel fundamental da química entre as ciências naturais 2” é composto por onze capítulos que apresentam trabalhos nas diferentes áreas da química: *i)* teoria e prática no ensino de química; *ii)* química dos produtos naturais; *iii)* química dos materiais; e *iv)* aplicação de novos materiais e biotecnologia para remediação ambiental.

O primeiro capítulo apresenta um trabalho resultante da observação, experiência e desafios enfrentados por discentes do curso de licenciatura em química, frente ao desafio do processo de ensino-aprendizagem de alunos do ensino médio.

O segundo capítulo apresenta um estudo que trata da importância de compostos fenólicos com propriedades antioxidantes, provenientes de frutos que compõem a dieta alimentar de milhares de famílias. Já os capítulos três e quatro apresentam estudos que avaliaram as propriedades físico-químicas de biodiesel provenientes da espécie Ouricuri e das sementes de *Glycine Max* e *Ricinus Communis L.*

Os capítulos de cinco a nove apresentam trabalhos que objetivaram sintetizar, caracterizar e elucidar as inúmeras propriedades de materiais provenientes de fibra de carbono, aminas quirais, fibras de TiO_2 e de bambu funcionalizadas com óxido de ferro; a fim de se avaliar inúmeras propriedades: *i)* catalíticas; *ii)* semicondutoras e luminescentes; *iii)* novas nanoestruturas pela combinação de duas ou mais substâncias químicas; *iv)* preparo de filmes finos biodegradáveis entre outras propriedades que visem a sua aplicação em larga escala, que leve a proporcionar inúmeros benefícios em forma de tecnologia para a sociedade.

O capítulo 10 apresenta um trabalho de revisão no qual se avaliou a eficiência de Ag_2WO_4 como fotocatalisador para a remoção de corantes em matrizes aquosas. Por fim, o capítulo 11 apresenta uma revisão da aplicação da propriedade de bioluminescência da bactéria *Vibrio fischeri* frente à exposição da toxicidade provenientes de inúmeras classes de Contaminantes de Interesse Emergente e seus produtos de transformação provenientes da aplicação de diferentes processos oxidativos avançados em matrizes aquosas.

Diante desta diversidade de trabalhos que abordaram a aplicação de diferentes áreas da química e afins, esta área da ciência demonstra a sua fundamental importância para aperfeiçoar, desenvolver e remediar novos produtos que chegam até o consumo da sociedade e que objetiva melhorar e aumentar a qualidade de vida das pessoas.


Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

EXPERIÊNCIAS DE INSERÇÃO PROFISSIONAL NO ENSINO DE QUÍMICA: TEORIA E PRÁTICA


Alan Stampini Benhame de Castro
Hauster Maximiler Campos de Paula

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206041>

CAPÍTULO 2..... 12

IMPORTÂNCIA DOS BIOATIVOS FENÓLICOS COMO ANTIOXIDANTES NATURAIS


Maria Celeste da Silva Sauthier
Ana Maria Pinto dos Santos
Walter Nei Lopes dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206042>

CAPÍTULO 3..... 23

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DAS MISTURAS DE BIODIESEL DE OURICURI E DIESEL DE PETRÓLEO


Rafaela Gabriel
João Inácio Soletti
Sandra Helena Vieira de Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206043>

CAPÍTULO 4..... 35

TRANSESTERIFICAÇÃO *IN SITU* MEDIADA POR MICRO-ONDAS PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE SEMENTES DE *Glycine max* E *Ricinus communis L.*


Sávio Eduardo Oliveira Miranda
Sandro Luiz Barbosa dos Santos
Stanlei Ivair Klein

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206044>

CAPÍTULO 5..... 45

A THERMODYNAMIC APPROACH FOR MICROSTRUCTURES WITHIN CARBON FIBERS PRECURSORY MESOPHASE PITCH BASED ON THE MÜLLER-LIU PROCEDURE


Caio Cesar Ferreira Florindo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206045>

CAPÍTULO 6..... 53

RESOLUÇÃO CINÉTICA DINÂMICA DE AMINAS QUIRAIS COM CATALISADOR HETEROGÊNEO DE PALÁDIO SUPORTADO EM DOLOMITA


Fernanda Amaral de Siqueira
Renata Costa Zimpeck
José Carlos Queiroz Arêas
Larissa Moisés da Silva
Lívia Yuriko Sawada

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206046>

CAPÍTULO 7..... 64

OBSERVAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE TUNGSTÊNIO PRESENTE EM FIBRAS DE TiO₂ UTILIZADAS COMO SEMICONDUTORES EM FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA


Luana Góes Soares da Silva
Annelise Kopp Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206047>

CAPÍTULO 8..... 75

SÍNTESE DE SEMICONDUTORES DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES E SUA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO NA REGIÃO UVA


Luana Góes Soares da Silva
Annelise Kopp Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206048>

CAPÍTULO 9..... 85

PREPARAÇÃO DE FILMES FINOS BIODEGRADÁVEIS A BASE DE BAMBU FUNCIONALIZADOS COM ÓXIDO DE FERRO


Viviane Alencar Marques Araújo do Nascimento
Marcelo Ramon da Silva Nunes
William Ferreira Alves
Anselmo Fortunato Ruiz Rodriguez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2712206049>

CAPÍTULO 10..... 94

UMA BREVE REVISÃO DO DESEMPENHO DO Ag₂WO₄ NA REMOÇÃO DE CORANTES EM SOLUÇÃO AQUOSA POR FOTOCATÁLISE


Francisco das Chagas Marques da Silva
Germano Pereira dos Santos
Francisco de Assis Araújo Barros
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.27122060410>

CAPÍTULO 11..... 104

UTILIZAÇÃO DA BACTÉRIA *Vibrio fischeri* NA INDICAÇÃO DE TOXICIDADE AGUDA PROVENIENTES DE CONTAMINANTES DE INTERESSE EMERGENTE E SEUS PRODUTOS DE DEGRADAÇÃO AVALIADOS EM DIFERENTES MATRIZES AQUOSAS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.27122060411>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 117

ÍNDICE REMISSIVO..... 118

IMPORTÂNCIA DOS BIOATIVOS FENÓLICOS COMO ANTIOXIDANTES NATURAIS

Data de aceite: 01/03/2022

Maria Celeste da Silva Sauthier

IFBAIANO Grupo de Pesquisa em Meio Ambiente e Sociedades
Bahia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2889802413220982>

Ana Maria Pinto dos Santos

Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química, Grupo de Pesquisa em Química e Quimiometria
Salvador, BA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4429112312402072>

Walter Nei Lopes dos Santos

Universidade do Estado da Bahia, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Grupo de Pesquisa e Desenvolvimento em Química Analítica
Salvador, BA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9064269830700066>

RESUMO: A Pandemia causada pelo Corona vírus enfatizou a preocupação com a saúde e ampliou a busca por fontes alternativas para a prevenção de doenças, com maior incentivo para uma alimentação saudável. Antioxidantes naturais, presentes particularmente em frutas, tem despertado interesse por suas comprovadas propriedades terapêuticas. Os fenólicos são substâncias bioativas que possuem vários núcleos aromáticos contendo substituintes hidroxilados e/ou seus derivados funcionais (ésteres, éteres, glicosídeos e outros). São mais de 8000 substâncias divididas em grupos

de acordo com sua estrutura. O objetivo desse trabalho é descrever os principais grupos de bioativos fenólicos e ressaltar a sua importância, além de incentivar o consumo das frutas, especialmente as regionais, e o aproveitamento dos resíduos do processamento dessas em diversos co-produtos, por seu alto valor nutritivo e funcional. Destaca-se também que entre as várias consequências da referida Pandemia que assola o mundo nos últimos dois anos, está o agravamento da crise econômica. A valorização de frutas e derivados pode ser uma alternativa viável e ecológica especialmente em comunidades que sobrevivem da agricultura familiar, como os povos tradicionais, contribuindo para a valorização de saberes ancestrais e manutenção da população em seus locais de origem, incentivando projetos de preservação ambiental e cultural.

PALAVRAS CHAVE: Antioxidantes; Fenólicos; Bioativos; Fruta.

IMPORTANCE OF PHENOLIC BIOACTIVES AS NATURAL ANTIOXIDANTS

ABSTRACT: The Pandemic known as COVID-19 emphasized health concerns and expanded the search for alternative sources for disease prevention, with greater incentive for healthy eating. Natural antioxidants, present particularly in fruits, have aroused interest due to their proven therapeutic properties. Phenolics are bioactive substances that have several aromatic nuclei containing hydroxylated substituents and/or their functional derivatives (esters, ethers, glycosides and others). There are more than

8000 substances divided into groups according to their structure. The objective of this work is to describe the main groups of phenolic bioactives and to emphasize their importance, in addition to encouraging the consumption of fruits, especially regional ones, and the use of residues from the processing of these in several co-products, due to their high nutritional value and functional. It is also noteworthy that among the various consequences of the aforementioned Pandemic that has been plaguing the world in the last two years, is the worsening of the economic crisis. The valorization of fruits and derivatives can be a viable and ecological alternative, especially in communities that survive from family farming, such as traditional peoples, contributing to the valorization of ancestral knowledge and maintenance of the population in their places of origin, encouraging environmental preservation and cultural projects.

KEYWORDS: Antioxidants; Phenolics; Bioactives; Fruits

De acordo com a World Health Organization (WHO), 80% da população que vive em países em desenvolvimento utilizam quase exclusivamente da medicina tradicional para os cuidados primários de saúde. Sendo assim, a pesquisa sobre os constituintes químicos das plantas e seus derivados, pode fornecer a base para o desenvolvimento de novos medicamentos. Entretanto, estima-se que do total de 250.000 - 400.000 espécies de plantas, somente 6% conseguiram ter seu potencial estudado para atividade biológica e 15% para atividade fitoquímica [PANDEY, N.; BARVE, D., 2011].

As doenças não transmissíveis (DNT) são responsáveis por quase 60% das mortes em todo o mundo e 45% da morbidade global. A alimentação inadequada, junto com a inatividade física e o fumo, está entre os principais fatores de risco de DNT. Um consumo diário suficiente de frutas e verduras pode ajudar a prevenir DNT como cardiopatias, diabetes tipo dois, obesidade, hipertensão e certos tipos de câncer. Estima-se que o baixo consumo de frutas e verduras cause cerca de 31% das isquemias cardíacas e 11% dos acidentes cardiovasculares em todo o mundo. Segundo a Agência Internacional de Pesquisa sobre Câncer (IARC), da Organização Mundial de Saúde (OMS) a proporção de câncer devido ao baixo consumo de frutas e verduras é de 5-12% para todos os casos de câncer e entre 20-30% nos casos de câncer gastrointestinais [WHO, 2016].

A ação benéfica das frutas e verduras para o organismo deve-se, em grande parte, às chamadas substâncias fenólicas. Os fenólicos são substâncias bioativas que possuem vários núcleos aromáticos contendo substituintes hidroxilados e/ou seus derivados funcionais (ésteres, éteres, glicosídeos e outros). São mais de 8000 substâncias divididas em grupos de acordo com sua estrutura. Os principais grupos são: ácidos fenólicos, flavanonas, flavonas, flavonóis, flavanóis, e antocianinas [YANG et al., 2011].¹

Segundo várias pesquisas com resultados já publicados, esses metabólitos reduzem o risco de doenças coronárias, distúrbios circulatórios, alguns tipos de tumores e doenças crônicas. Também possuem propriedades antiinflamatórias, anti-mutagênicas, antibacterianas, antifúngicas, antialérgicas e antitrombótica. Vários efeitos anti-agregantes

plaquetários foram documentados. Fibras alimentares e polifenóis de frutas melhoram o metabolismo lipídico e evitam a oxidação das lipoproteínas de baixa densidade do colesterol (LDL-C), o que impede o desenvolvimento da arteriosclerose [ELGARRAS,2009; FUKUJI et al., 2010; CAPOTE et al.,2007; GHAFLOOR et al.,2012].

Estudos epidemiológicos estabelecem uma ligação entre a ingestão de compostos fenólicos e a prevenção de doenças, o que foi atribuído ao poder antioxidante e propriedades anti-inflamatórias destes bioativos. A ingestão de alimentos que são ricos em polifenóis, como catequinas, flavonóis e flavonas, podem aliviar sintomas como tosse e falta de ar, por regular a função pulmonar. Outros estudos in vitro e in vivo demonstraram um impacto direto de fenólicos específicos nos processos inflamatórios (JARURUL et al., 2015; SAUTHIER et al.,2019). Também são indicados na prevenção de doenças cardiovasculares, diabetes tipo II, osteoporose e doenças crônicas, entre outras (dos SANTOS et al., 2017; SANTOS et al, 2020; SAUTHIER et al.,2021).

Embora o Brasil seja o terceiro produtor mundial de frutas, poucas espécies são disponíveis para o mercado externo, por vários motivos, como por exemplo, falhas na colheita e armazenagem. As frutas que se destacam para exportação são a manga e o melão, e o principal produto exportado à base de frutas, é o suco de laranja, muito vendido para a União Europeia. Também importamos frutas como a maçã, pera, uva e apricot [REETZ et al. 2017]. A existência de mais estudos sobre a ampla variedade de frutas nativas e exóticas consumidas no Brasil facilitaria a introdução dessas frutas na dieta, valorizando seu potencial como alimento funcional e aumentando seu valor econômico [CLERICI et al. 2019].

Considerando a crise sanitária, ambiental e econômica que vivemos, agravada pela Pandemia conhecida como COVID-19, e a contínua busca por formas alternativas de prevenção tratamento, o objetivo deste estudo é apresentar as principais classes de polifenóis encontrados em frutas, destacando a sua importância como antioxidantes naturais.

SUBSTÂNCIAS FENÓLICAS

A associação entre uma dieta rica em frutas e vegetais e o decréscimo do risco de doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer é baseada na evidência epidemiológica. Estes benefícios para a saúde são atribuídos principalmente aos compostos antioxidantes, em particular, vitamina C e fitoquímicos, como os polifenóis e carotenóides. O efeito antioxidante dos compostos fenólicos pode ser atribuído ao poder redutor dos grupos hidroxila aromáticos, que reduzem a atividade dos radicais livres e outras espécies muito reativas como ácido hipocloroso (HOCl) e peroxinitrito (ONOO⁻), além da sua capacidade como quelante de metais de transição [PEREIRA et al. 2013; DIVYA et al.,2012].

Com pessoas cada vez mais preocupadas com a saúde e o meio ambiente, novos

estilos de vida levam consumidores a cultivarem hábitos saudáveis. Como consequência investe-se no consumo de alimentos que contribuem para a prevenção de doenças, os chamados alimentos funcionais [ZAOUAYA et al.,2012]. Conforme resolução da Associação Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA/MS), alimento funcional é todo aquele alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais quando consumido como parte da dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica [ANVISA,2014]. Nutracêuticos são produtos isolados ou purificados de alimentos ou matérias biológicas, que têm comprovada ação na proteção fisiológica. Os nutracêuticos podem ser classificados em fibras dietéticas, ácidos graxos poli-insaturados, proteínas, peptídeos, aminoácidos ou cetoácidos, minerais, vitaminas antioxidantes e outros antioxidantes, como os bioativos fenólicos [BARCAROL et al.,2014].

Os polifenóis também contribuem para a qualidade dos frutos: o sabor, a cor (incluindo pigmentos amarelo, laranja, vermelho e azul) e propriedades nutricionais. Por exemplo, eles são responsáveis pela cor do vinho tinto, a sua adstringência e amargor. Além disso, cada variedade de uva tem uma peculiar composição de fenólicos, que também depende do terreno e clima onde foi plantada, o que permite que esta avaliação possa ser utilizada como ferramenta para autenticação e identificação de bebidas à base de uvas, como os vinhos [GRIS et al., 2013].

Os fenólicos são metabólitos secundários bem distribuídos no reino vegetal, sendo encontrados em plantas comestíveis e não comestíveis e em seus derivados. Servem como importantes reservatórios de oxigênio e são substratos para as reações de escurecimento. Estas substâncias também funcionam como agentes protetores das plantas contra as radiações ultra-violeta (UV) e outras agressões, contribuindo para seu crescimento e reprodução, sendo componentes de essências e pigmentos naturais [DEWICK ,2002].

Os fenólicos podem ser sintetizados pelas plantas a partir da rota do ácido chiquímico e metabolismo do fenilpropanóide. Este caminho é empregado por microorganismos e plantas, mas não por animais e seres humanos, que devem obter estas substâncias através da dieta. A principal enzima da rota do ácido chiquímico é a fenilalanina amônia-liase (PAL). Esta enzima retira uma amônia da fenilalanina formando o ácido cinâmico. A PAL é regulada por fatores ambientais como o nível nutricional, a luz (pelo efeito do fito cromo) e infecção por fungos. Entre as substâncias formadas após a ação da PAL estão o ácido benzoico, o qual dá origem ao ácido salicílico, um importante composto na defesa das plantas contra patógenos [DEWICK,2002; KARAM et al.,2013].

CLASSIFICAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS FENÓLICAS

Embora possam abranger um largo espectro de substâncias possíveis, as substâncias fenólicas tem uma estrutura básica comum: um anel aromático com uma ou mais hidroxilas

como substituintes. A via para classificar estes constituintes não é claramente estabelecida. Uma possível classificação pode ser baseada no número de anéis aromáticos contidos no esqueleto base da estrutura e dos ligantes destes anéis. Assim, distinções podem ser realizadas entre os fenóis simples que têm um só anel aromático como os ácidos fenólicos, e polifenóis com mais de um anel aromático, como os flavonoides [DEWICK,2002].

Outros grupos de polifenóis podem ser considerados como as lignanas formadas por duas unidades de fenilpropano, encontradas em pequenas concentrações em alimentos e os estilbenos, dos quais o mais conhecido por sua atividade anti - carcinogênica é o resveratrol, presente no vinho tinto [4].

Nas frutas em geral, as substâncias fenólicas que existem em maior concentração são os flavonoides, destacando-se: flavanóis, flavonóis, flavonas, flavanonas, antocianinas e os ácidos fenólicos cinâmicos principalmente: clorogênico, ferúlico, sinápico, p-cumárico e ácido caféico [15].

FLAVONOIDES

Existem mais de 6000 flavonoides distribuídos em plantas e alimentos à base de plantas, onde predominam na forma conjugada, como glicosídeos (heterosídeos), podendo também ser encontrados na forma livre (geninas ou agliconas). Estas substâncias são também empregadas como marcadores taxonômicos e pigmentos naturais, além de atuarem na defesa das plantas contra agressões e infecções. A ingestão recomendada é de 1- 2 gramas por dia []. O grupo dos flavonoides se destaca entre os polifenóis por contribuir para a diminuição das chamadas doenças não comunicáveis (NCDs) que são enfermidades de longa duração e geralmente baixa progressão. As principais NCDs são: câncer, doenças cardiovasculares, problemas respiratórios e diabetes. Estima-se que as NCDs são responsáveis por 63% das mortes no mundo [WHO, 2011].

Os flavonoides são formados pela combinação de derivados sintetizados a partir da fenilalanina (via metabólica do ácido chiquímico) e ácido acético. Primeiro, a fenilalanina é transformada em ácido cinâmico pela ação da fenilalanina amônia-liase (PAL), enzima que liga os metabolismos primário (via do ácido chiquímico) e secundário (fenilpropanoides). O ácido cinâmico é hidrolisado a ácido cumárico (C9) que é transformado em 4-cumaroil-CoA e este é condensado a 3 unidades de malonil-CoA (C2) formando uma chalcona (C15), a partir da qual todos os flavonoides são formados [WINKEL-SHIRLEY,2001].

De acordo com as características químicas e biosintéticas, os flavonoides são separados em diversas classes: flavonas, flavonóis, dihidroflavonoides (flavanonas e flavanonóis), antocianidinas, isoflavonoides, auronas, neoflavonoides, biflavonoides, catequinas e seus precursores metabólicos conhecidos como chalconas, podendo ocorrer como agliconas, glicosilados e como derivados metilados [HUBER et al.,2008].

Os flavonoides exibem imensa variação estrutural. Existem cerca de doze classes

que variam em grau de hidroxilação, metilação e glicosilação, sendo que outros substituintes como C-glicosil, furano, isoprenil e alcalóides são também conhecidos. Estão entre os mais estáveis constituintes químicos das plantas. Os Os constituintes das folhas mostram alguma variação quantitativa em relação a fatores ambientais, mas os flavonoides das pétalas são muito pouco afetados pelas condições fisiológicas [HARBORNE,1967].

Flavonas consistem, em sua maioria, de glicosídeos da luteolina e apigenina, tendo como fontes alimentares importantes: a salsa, o aipo e alguns cereais (milho, trigo). As isoflavonas são encontradas quase com exclusividade em plantas leguminosas, em especial nos grãos de soja, onde podem estar presentes como agliconas ou glicosídeos, dependendo da forma de preparação da soja. Flavanonas são encontradas em tomate, plantas aromáticas (hortelã) e em frutas cítricas. As principais agliconas são naringenina (em toranjas), hesperetina (em laranjas) e eriodictiol (em limões). As partes sólidas de frutas cítricas, como o albedo (parte branca esponjosa) e as membranas que separam os segmentos têm os maiores teores de flavanonas. Uma fruta inteira pode conter até cinco vezes mais do que um copo de suco de laranja. Flavanóis existem em duas formas: a monomérica, catequinas (cacau, chá verde, vinho tinto, damascos, maçãs...) e a polimérica, proantocianidinas (uvas) [EL GARRAS,2009].

FLAVONÓIS

Os flavonóis são a classe de flavonóides que mais é encontrada em alimentos. Suas cores variam do branco ao amarelo, sendo identificados em quase todo o reino vegetal. Os flavonóis naturais são com frequência oxigenados, substituídos com hidroxilas, metoxilas e outros radicais. A maioria dessas substâncias identificadas em plantas está sob a forma conjugada, com um ou mais açúcares ligados aos grupos hidroxilas por uma ligação hemiacetal que pode ser destruída por hidrólise ácida . Os açúcares conjugados mais comuns são glicose e ramnose. Flavonóis são encontrados em baixas concentrações (15 a 30 mg. Kg⁻¹ FW) [EL GARRAS,2009].

Os flavonóis mais comuns em vegetais são: kempferol ou 3, 5, 7, 4 - tetrahidroxiflavonol, quercetina ou 3,5,7,3, 4 - pentahidroxiflavonol e miricetina ou 3, 5, 7, 3, 4, 5 - he-haxidroxiflavonol . Dentre estes, destaca-se a quercetina, pela sua abundância e potencial antioxidante [EL GARRAS,2009].

As fontes mais ricas em quercetina são as cebolas, couve, alho-porró crespo, brócolis e mirtilos . Os compostos vitexina e quercetina foram relatados pela primeira vez em açáí em 2010. Quercetina e kempferol foram também identificados em acerola e quercetina em durian [DIVYA et al,2012].

ANTOCIANINAS

As antocianinas são formadas por anéis benzênicos unidos por uma molécula de três átomos de carbono. Sua estrutura geral é derivada do cátion flavílio .

Os pigmentos antociânicos são solúveis em água e a depender do pH do meio podem aparecer nas cores: vermelho, violeta, azul e suas variações, sendo encontrados nos vacúolos de vegetais superiores. Agem como atraentes de insetos e de pássaros, com o objetivo de polinizar e dispersar as sementes e são utilizados na indústria alimentícia, sendo instáveis em condições físicas de luz e pH. Os glicosídeos derivados de três antocianidinas não metiladas (pelargonidina –Pg, cianidina - Cy, delphinidina - Dp) são os mais comuns na natureza sendo encontrados nos pigmentos na seguinte proporção: 80% em folhas, 69% em frutas e 50% em flores [NJVELDT et al.,2001].

As antocianinas possuem interesse farmacológico, resultante de suas propriedades anti-inflamatórias e antiedematogênicas. Contribuem com cerca de 90% da capacidade antioxidante dos fenólicos em frutas, embora este valor possa ser influenciado pela presença de outras substâncias. São os grupos predominantes de flavonóides nas frutas vermelhas e roxas, como as “berries” [MANACH et al.,2004], sendo bastante presentes também em uvas e derivados como sucos e vinhos [NJVELDT et al. 2001]. Também foram determinadas antocianidinas em açaí e acerola [REETZ et al.,2017].

ÁCIDOS FENÓLICOS

Os ácidos fenólicos, que ocorrem de forma natural como metabólitos secundários, têm suas estruturas derivadas do ácido hidroxibenzóico ou do ácido hidroxicinâmico. A concentração dos ácidos hidroxibenzóicos (salicílico, gálico, p-cumárico, vanílico, ferúlico, protocatequínico) é muito baixa, exceto para algumas frutas vermelhas, rabanetes e cebolas. Já os derivados do ácido hidroxicinâmico (caféico, clorogênico, cumárico, ferúlico e sinápico) podem ser encontrados em todas as frações e com frequência na parte externa de frutas maduras . Estes ácidos fenólicos estão associados com vários benefícios para a saúde, como a prevenção de infecções do trato urinário e úlcera estomacal, bem como a melhora na saúde bucal [AZEVEDO et al., 2019].

Dentre estes se destaca o ácido cafeico, na forma livre ou esterificada, por representar a maior parte (cerca de 75 a 100%) do conteúdo total de ácidos hidroxicinâmicos da maioria das frutas. Os ácidos: gálico, protocatequínico e p-hidroxibenzóico são encontrados em morango, framboesa e amora e os ácidos: caféico, clorogênico, cumárico, ferúlico e sinápico são metabólitos presentes em cereja, kiwi, ameixa, maçã e uvas [EL GARRAS,2009]. Frutas cítricas são ricas em ácidos cinâmicos, como o ácido ferúlico, enquanto que peras e maçãs contém ácido clorogênico e outros [DEWICK,2002]. Em estudo realizado por Fukuji et al., vários ácidos fenólicos foram determinados em amora silvestre, abiu-roxo e tomate de árvore, como espécies livres e hidrolisadas [FUKUJI,2002].

A Tabela 1 mostra alguns grupos de fenólicos, seus principais componentes e algumas frutas onde podem ser encontrados [EL GARRAS,2009; ,IGNAT et al.,2011;HAMNIUK et al.,2012].

Grupos	Componentes	Frutas
Flavonóis	Miricetina	Apricot, mamão papaya
	Quercetina	Maçã, maracujá, jaca, goiaba
	Kempferol	Figo, cambuci, acerola
	Rutina	Uva vermelha, ameixa seca
Flavonas	Luteolina	Limão, abacaxi, melão
	Apigenina	Durian, manga
Flavanonas	Fisetina	Frutas cítricas
	Hesperetina	Grape fruit, laranja
	Narigenina	Limão, laranja
Flavan-3-ols	Catequina	Uva, cereja, banana
	Epicatequina	Abacate, araçá amarelo
Antocianinas	Cianidina	Cereja, acerola
	Delfinidina	Uva vermelha, mirtilo
	Malvinidina	Framboesa, ameixa
	Pelargonidina	Uva, mangustão, acerola
	Peonidina	Morango, mirtilo
	Petunidina	Maçã, mirtilo
Ácidos hidroxibenzóicos	Ácido procatequínico	Amora silvestre
	Ácido gálico	Banana, abacate, pitaya
	Ácido p-hidroxibenzóico	Morango, abacaxi
	Ácido vanílico	Abacate, morango
Ácidos hidrocínâmicos	Ácido caféico	Carambola, abacate, mamão

Ácido clorogênico	Pera, kiwi, maracujá
Ácido cumárico	Ameixa, laranja, abacaxi, manga
Ácido ferúlico	Manga, abacaxi, mamão
Ácido sinápico	Maçã, pera, abacaxi

Tabela 1 Principais fontes de substâncias fenólicas em frutas.

CONCLUSÃO

Atualmente, com o agravamento da crise mundial em função das consequências negativas das mudanças climáticas e da Pandemia provocada pelo Corona vírus, as pesquisas relacionadas a prevenção de doenças tem valorizado antioxidantes naturais como as substâncias fenólicas. Em especial os ácidos fenólicos e flavonoides, vem recebendo atenção especial pela comprovação de suas propriedades terapêuticas, atuando na prevenção de doenças como: vários tipos de câncer; arteriosclerose; diabetes; obesidade; doenças coronarianas e distúrbios gastrointestinais, entre outras enfermidades. As frutas, além da função nutricional, são excelentes fontes de bioativos fenólicos. Dentre estas, destacam-se as frutas tropicais, pela sua abundância em nosso território e pela disponibilidade de acesso, já que o clima favorece a produção durante todo o ano e o preço é relativamente baixo, se comparado a outras importadas. Apesar da sua importância econômica, muitas frutas, principalmente as regionais, ainda não foram suficientemente estudadas em relação ao perfil fenólico. A extração, isolamento e quantificação de polifenóis em frutas constituem-se um grande desafio e novas metodologias, mais simples, eficientes, rápidas e de menor custo são importantes para estabelecer e consolidar as bases de dados sobre fitoquímicos em alimentos, podendo assim contribuir para a criação de novos medicamentos e aditivos naturais, que causem menos efeitos colaterais nocivos a saúde e ao meio ambiente, além da valorização de uma alimentação mais saudável.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao CNPq; Grupo de Pesquisa em Meio Ambiente e Sociedades (GEMAS), do IFBAIANO de Governador Mangabeira.

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITARIA. Portaria n.398, de 30 de abril de 1999. (republicada em 10/12/1999). In: VIEIRA, A.C. et al. Alimentos funcionais: aspectos relevantes para o consumidor. Disponível em: . Acesso em: 7 dez. 2014.

AZEVEDO R.S.A. et al., Multivariate analysis of the composition of bioactive in tea of the species *Camellia sinensis*. *Food Chemistry* 273, 39–44, 2019

BARCAROL, L.N. et al. Alimentos funcionais e nutracêuticos. Disponível em: Acesso em 22 fev. 2017.

CAPOTE, F.P.; RODRIGUEZ, J.M.L.; DE CASTRO, M.D.L.C. Determination of phenolic compounds in grape skin by capillary electrophoresis with simultaneous dual fluorescence and diode array absorption detection after dynamic superheated liquid leaching. *Journal of Chromatography A*, v.1139, n.2, p.301-307, 2007.

CLERICI, M.T.P.S.; CARVALHO–SILVA, L.B. Nutritional bioactive compounds and technological aspects of minor fruits grown in Brazil. *Food Research International*, v.44, n.7, p.1658-1670, 2011. 160

DEWICK, P. M. Medicinal natural products: a biosynthetic approach. 2.ed. Hoboken, EUA: Wiley, 2002.

DIVYA, V.; PANNEERSELVAM, R.; GOBI, R. Studies on methanolic extract of *Rauvolfia* species from Southern Western Ghats of India – In vitro antioxidant properties, characterisation of nutrients and phytochemicals. *Industrial Crops and Products*, v.39, p.17-25, 2012.

EL GHARRAS, H. Polyphenols: food sources, properties and applications - a review. *International Journal of Food Science & Technology*, v.44, n.12, p.2512- 2518, 2009.

FUKUJI, T.S.; TONIN, F.G.; TAVARES, M.F.M. Optimization of a method for determination of phenolic acids in exotic fruits by capillary electrophoresis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, v.51, n.2, p.430-438, 2010.

GHAFOOR, K.; AL-JUHAIMI, F. Y.; CHOI, Y. H. Supercritical Fluid Extraction of Phenolic Compounds and Antioxidants from Grape (*Vitis labrusca* B.) Seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, v.67, n.4, p.407-14, 2012

GRIS, E.F. et al. Phenolic profile and effect of regular consumption of Brazilian red wines on in vivo antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.31, n.1, p.31-40, 2013.

HUBER, L.S.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Flavonóis e Flavonas: fontes brasileiras e aspectos que influenciam a composição em alimentos. *Alimentos e Nutrição*, v.19, n.1, p.97-108, 2008.

HARBORNE, J.B. Comparative biochemistry of the flavonoids. London: Academic Press, 1967.

KARAM, T.K. et al. Broom (*Baccharis trimera*): therapeutic use and biosynthesis *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.15, n.2, 2013.

LOPES, R.M. et al. Flavonóides. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, v.17, p.18-22, 2000

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. OMS e FAO anunciam estratégia integrada para promover um maior consumo de frutas e verduras. Disponível em: Acesso em: 21 dez. 2016

PANDEY, N.; BARVE, D. Phytochemical and Pharmacological Review on *Annona squamosa* Linn. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, v.2, n.4, p.1404-1412, 2011

PEREIRA, M.C. et al. Characterization, bioactive compounds and antioxidant potential of three Brazilian fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.29, n.1, p.19-24, 2013.

REETZ, E.R. et al. *Anuário brasileiro da fruticultura 2014*. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2015. 104p. Disponível em: Acesso em: 11 fev. 2017.

SANTOS, W. N. L. et. al, Mineral composition, nutritional properties, total phenolics and flavonoids compounds of the atemoya fruit (*Annona squamosa* L. × *Annona cherimola* Mill.) and evaluation using multivariate analysis techniques. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 88, 1243–1252, 2016.

SANTOS, W. N. L. et al. Simultaneous determination of 13 phenolic bioactive compounds in guava (*Psidium guajava* L.) by HPLC-PAD with evaluation using PCA and Neural Network Analysis (NNA). *Microchemical Journal*, v. 133, p. 583-592, 2017

SAUTHIER, M.C. S. et al. Screening of *Mangifera indica* L. functional content using PCA and neural networks (ANN). *Food Chemistry*, v. 273, p. 115-123, 2019.

YANG, H. et al. Identification and characterisation of low-molecular-weight phenolic compounds in bayberry (*Myrica rubra* Sieb. et Zucc.) leaves by HPLC-DAD and HPLC-UV-ESIMS. *Food Chemistry*, v.128, n.4, p.1128-1135, 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. 10 facts on non communicable diseases. Disponível em: . Acesso em: 15 nov. 2011. [20] WINKEL-SHIRLEY, B. Flavonoid biosynthesis: a colorful model for genetics, biochemistry, cell biology, and biotechnology. *Plant Physiology*, v.126, n.2, p.485- 493, 2001.

ZAOUAYA, F. et al. Antioxidant activity and physico-chemical properties of Tunisian grown pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars. *Industrial Crops and Products*,. Disponível em: . Acesso em: 7 dez. 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorção 73, 75, 76, 83, 92

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) 23

Alaranjado de metila 64, 65, 67, 70, 71, 73, 75, 77, 78, 79, 80, 83, 94, 96, 98, 99, 100

Aminas quirais 53, 63

Antioxidantes 12, 14, 15, 20, 25

Atividade fitoquímica 13

Azul de metileno 94, 96, 98, 100

B

Bambu 85, 86, 87, 89, 90, 91, 92

Band gap 65, 67, 72, 73, 77, 80, 83, 95

Bioativos 12, 14, 15, 20

Biodegradável 85, 87, 92

Biodiesel 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 62

C

Carboximetilcelulose (CMC) 85

Catalisador 24, 27, 35, 36, 39, 42, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 64, 68, 95

Catálise homogênea 36

Combustível 23, 24, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33

Conhecimento químico 1, 10

Corante 64, 65, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 97, 98, 99, 100

D

Densidade 14, 23, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 33

Dióxido de Titânio (TiO₂) 64

Dolomita 53, 56, 57, 61, 63

E

Electrospinning 64, 65, 66, 68, 71, 72, 74, 75, 77, 78, 82

Ensino aprendizagem 1

Ensino de química 1

Entropia 45

Estágio supervisionado 1, 2, 6, 11

F

Fenólicos 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20
Fibras de carbono 45
Filmes finos 85, 87, 89, 90, 91, 92
Formação de professores 1, 4
Fotoatividade 65, 72, 73, 74, 75, 80, 83, 84, 100
Fotocatálise heterogênea 64, 65, 72, 95
Fotodegradação 64, 94, 99, 100
Fotoestável 94, 98
Fotorreação 95

L

Luminescência 76, 77, 80, 81
Luz 15, 18, 67, 68, 71, 73, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 94, 95, 102, 103

M

Microestruturas 45
Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET) 53, 57
Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) 64, 69, 70, 75, 79, 92

N

Nanocompósitos 85, 86, 87, 89, 91
Nanomateriais 64, 65, 73, 85, 86, 92
Nanotecnologia 65

O

Óleo diesel 23, 24, 25
Óleo vegetal 33, 35, 36, 39, 43
Ouricuri 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34
Óxido de ferro 85, 86, 87, 89, 90, 91, 92

P

Paládio 53, 55, 56, 61, 63
Piche mesofásico 45
Polietilenoglicol (PEG) 85
Polímeros 85
Poluição ambiental 95

Propriedades ópticas 64, 72, 75

Propriedades terapêuticas 12, 20

R

Radiação eletromagnética 76

Reflectância 76

Remediação 95, 97, 98, 99, 117

Resolução cinética dinâmica (RCD) 53, 54

Rodamina B 98, 99

S

Semicondutor 95

T

Teoria mesoscópica 45

Termodinâmica 45

Transesterificação 24, 27, 35, 36, 37, 38, 39, 42, 43, 44

Transmissão 53, 57, 76


Tungstênio 64, 72, 73, 75, 80, 83


V


Viscosidade 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33


O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS 2

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br




Ano 2022

O papel fundamental da

QUÍMICA entre as CIÊNCIAS NATURAIS 2

🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

