

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Sustentabilidade:

Abordagem científica e
de inovação tecnológica



Atena
Editora
Ano 2022

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Sustentabilidade:

Abordagem científica e
de inovação tecnológica



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

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 Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^o Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^o Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^o Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^o Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^o Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



Sustentabilidade: abordagem científica e de inovação tecnológica

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S964 Sustentabilidade: abordagem científica e de inovação tecnológica / 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 978-65-258-0436-1

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.361220208>

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

CDD 333.7

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



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 intitulado: “Sustentabilidade: Abordagem Científica e de Inovação Tecnológica” é constituído por oito capítulos que procuraram investigar a relação do homem com a natureza em seus variados aspectos, bem como a influência das ações antrópicas em detrimento tanto dos recursos naturais utilizados, quanto da preservação dos ambientes que passaram por modificações em função da construção de cidades.

O primeiro capítulo apresenta uma analogia didática a ser desenvolvida para o desenvolvimento de uma consciência ambiental e uma maior gestão ambiental dos recursos hídricos destinados ao abastecimento público. Já o capítulo 2 se atentou a apresentar o desenvolvimento tecnológico, bem como a redução dos impactos ambientais a partir do uso de Lâmpadas de Emissor de Diodo (LED). O terceiro capítulo aborda a importância do desenvolvimento de uma matriz pedagógica que se empenhe no desenvolvimento de práticas mais sustentáveis no âmbito de instituições de ensino superior. O capítulo 4 apresenta a ideia de aproveitamento máximo da matéria-prima, bem como a incorporação de materiais recicláveis na composição de peças desenvolvidas no Ateliê do Joca localizado no Rio de Janeiro.

O quinto capítulo se constitui em um relatório anual do Plano de Logística Sustentável (PLS) desenvolvido pelo 19º Tribunal Regional do Trabalho (TRT) que apresentou uma redução de gastos de 39% em relação ao ano de 2020. O capítulo 6 procurou investigar a capacidade de percepção das pessoas em relação a lugares de memória localizados na região central da capital do estado de Santa Catarina. O sétimo capítulo apresenta uma investigação que estabeleceu a importância do marketing e da psicologia social, com o intuito de aperfeiçoar e aumentar o engajamento da sociedade. Por fim, o capítulo 8 apresenta um estudo em que se busca a valorização tecnológica de frutas exóticas (Lichia, Longan e Rambutã) e suas inúmeras propriedades biológicas.

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.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

FORNECIMENTO DISTRIBUÍDO DE ÁGUA: UMA ANALOGIA DIDÁTICA

Zedequias Machado Alves

Lilian de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3612202081>

CAPÍTULO 2..... 6

ASPECTOS TECNOLÓGICOS, AMBIENTAIS E LEGAIS DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA


Lirio Closs

Eduardo Luan Pilonetto

Maristela Heinen Gehelen

Jacir Favretto

Mari Aurora Favero Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3612202082>

CAPÍTULO 3..... 15

CAMPUS UNIVERSITÁRIO COMO MATRIZ PEDAGÓGICA PARA PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE


Beatriz Martins Arruda

Gislaine Aparecida Moreira

Paula Verônica Antunes Garanito

Kely Carolina Soares


Emília Wanda Rutkowski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3612202083>

CAPÍTULO 4..... 17

DESIGN E APROVEITAMENTO MÁXIMO

Joyce Santos Rêgo de Albuquerque

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3612202084>

CAPÍTULO 5..... 19

RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL DO PLANO DE LOGÍSTICA SUSTENTÁVEL DO TRT19 ANO BASE 2021

Emanoel Ferdinando da Rocha Júnior


Flávia Caroline Fonseca Amorim

Thiago Camelo Fonseca

Victor Rezende Dorea

Marcus Paulo Veríssimo de Souza

Flávio Luiz da Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3612202085>

CAPÍTULO 6..... 32


PERCEPÇÃO DE LUGARES DA MEMÓRIA URBANA NA REGIÃO CENTRAL DE

FLORIANÓPOLIS: UM RECORTE DE PESQUISA

Denise Ouriques Medeiros

Richard Perassi Luiz de Sousa

Tarcísio Vanzin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3612202086>

CAPÍTULO 7..... 46

SMART CITIES – FATORES CRÍTICOS PARA O ENGAJAMENTO CÍVICO

Carlos A. P. Franchi

Leonardo Moreira Oliveira

Rogério Leitão Nogueira

Carlos Alberto Figueiredo da Silva

André Luis Azevedo Guedes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3612202087>


CAPÍTULO 8..... 61

VALORIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE SUB-PRODUTOS DE FRUTAS EXÓTICAS: NOVO INGREDIENTE FUNCIONAL

Ana Cristina Mendes Ferreira da Vinha

Carla Alexandra Lopes de Andrade de Sousa e Silva

Clémence Maryline Jeannine Ferchal

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3612202088>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 83

ÍNDICE REMISSIVO..... 84

VALORIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE SUB-PRODUTOS DE FRUTAS EXÓTICAS: NOVO INGREDIENTE FUNCIONAL

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 10/05/2022

Ana Cristina Mendes Ferreira da Vinha

I3ID-Instituto de Investigação, Inovação e Desenvolvimento Fernando Pessoa, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal; LAQV/REQUIMTE – Departamento de Ciências Químicas, Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto Porto, Portugal
<https://orcid.org/0000-0002-6116-9593>

Carla Alexandra Lopes de Andrade de Sousa e Silva

I3ID-Instituto de Investigação, Inovação e Desenvolvimento Fernando Pessoa, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal; LAQV/REQUIMTE – Departamento de Ciências Químicas, Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto Porto, Portugal
<https://orcid.org/0000-0001-6467-4766>

Clémence Maryline Jeannine Ferchal

Universidade Fernando Pessoa, Faculdade de Ciências da Saúde
Porto, Portugal

RESUMO: Lichia (*Litchi chinensis*), longan (*Dimocarpus longan*) e rambutã (*Nephelium lappaceum*) são frutas exóticas provenientes da Ásia, consumidas mundialmente. Com o aumento da produção destes frutos, muitos sub-produtos são desperdiçados durante o processamento industrial, incluindo-se as cascas. Para além

do aporte nutricional reconhecido, pensa-se que os compostos bioativos presentes nestes subprodutos sejam os responsáveis pelas atividades biológicas, tais como, antioxidante, anti-inflamatória, antineoplásica, anti-glicémica, antimicrobiana, entre outras. O objetivo deste estudo visou determinar e comparar o aporte nutricional e conteúdo de compostos bioativos, nomeadamente, fenólicos e flavonoides totais, no sentido de valorizar as cascas destes frutos para futuras aplicações na indústria alimentar, farmacêutica e cosmética. O teor proteico variou entre 2.0 e 9.1 g/ 100 g sendo as cascas de longan a amostra com teor mais elevado. O teor de gordura total nunca excedeu os 1.8 g/ 100 g e o teor de minerais de longan mostraram-se os mais elevados (9.1 g/ 100 g). Os hidratos de carbono, os quais incluem a fibra dietética, variaram entre 76.8 e 83.3 g/ 100 g, não tendo afetado, de forma significativa, o valor energético total das cascas estudadas. No que toca aos compostos bioativos verificou-se que as cascas da lichia apresentam teores superiores de fenólicos e de flavonoides totais (1578.08 mg EAG/ g e 55.10 mg EC/ g, respetivamente), observando-se diferenças significativas ($p < 0.05$) entre todas as amostras, ou seja, cascas de lichia, rambutã e longan. O teor de fenólicos totais foram sempre superiores ao teor de flavonoides totais em todas as amostras, observando-se uma concordância com outros estudos idênticos e já publicados. Este estudo mostrou o elevado potencial das cascas não edíveis de frutos cujo consumo tem vindo a aumentar, como ingredientes ativos para diferentes produtos, como alimentos, produtos farmacêuticos ou cosméticos. No entanto,

estudos mais detalhados serão necessários para tornar a utilização dos mesmos mais sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: *Litchi chinensis*, *Dimocarpus longan*, *Nephelium lappaceum*, subprodutos, nutrição, fitoquímicos.

TECHNOLOGICAL VALUATION OF EXOTIC FRUIT BY-PRODUCTS: NEW FUNCTIONAL INGREDIENT

ABSTRACT: Lychee (*Litchi chinensis*), Longan (*Dimocarpus longan*) e Rambutan (*Nephelium lappaceum*) are exotic fruits from Asia, being recently introduced in Europe. Although the world production of these fruits tends to increase, many by-products are wasted during industrial processing, including their non-edible peels. In addition to the recognized nutritional support, it is thought that phenolic compounds present in these byproducts are responsible for several activities, including antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, anti-glycemic, antimicrobial activities, among others. The aim of this study was to determine and compare the nutritional composition and total content of bioactive compounds, namely, phenolics and total flavonoids, in order to value the non-edible fruit peels for possible applications in the food, pharmaceutical and cosmetic industries. Protein contents varied between 2.0 and 9.1 g/ 100 g, with longan peels with the highest content. The total fat content never exceeded 1.8 g/ 100 g and the mineral content of the longan peels was the highest (9.1 g/ 100 g). The carbohydrates obtained in the three samples, which include dietary fiber, varied between 76.8 and 83.3 g/ 100 g, having no effect in the total energy value of all studied peels. Regarding bioactive compounds, it was found that lychee peels present higher contents of total phenolics and flavonoids (1578.08 mg GAE/ g and 55.10 mg CE/ g, respectively), with significant differences ($p < 0.05$) among all samples. The content of total phenolics was always higher than the content of total flavonoids in all samples, agreeing with other identical and published studies. This study showed the high potential of non-edible peel fruits whose consumption has increased as active ingredients for different products, such as foods, pharmaceuticals or cosmetics. Nevertheless, more detailed studies are needed to make the use of this plant more sustainable.

KEYWORDS: *Litchi chinensis*, *Dimocarpus longan*, *Nephelium lappaceum*, by-products, nutrition, phytochemicals.

1 | INTRODUÇÃO

O setor agro-alimentar estabelece uma ligação vital e sinérgica entre os dois pilares da economia: indústria e agricultura (Joglekar et al., 2019). Atualmente, a nível mundial, aproximadamente 1/3 dos produtos alimentares para consumo humano são desperdiçados (resíduos de processamento, perda na cadeia ou subprodutos não edíveis), correspondendo a uma produção mundial de resíduos alimentares de ~1,3 bilhões de toneladas/ano (Iriondo-Dehond et al., 2018). Assim, e face ao exposto, a valorização de resíduos e subprodutos alimentares tem-se tornado um tema merecedor de estudos científicos para melhorar a sustentabilidade da cadeia alimentar. Nesse sentido, a valorização de resíduos e subprodutos agroalimentares apresenta-se, atualmente, não só como uma necessidade,

mas como uma oportunidade para obtenção de novos produtos de valor acrescentado. A mais-valia para as indústrias, em concreto para a indústria alimentar, advém tanto da diminuição de custos de eliminação ou tratamento dos resíduos, como do ganho de transformação dos subprodutos em produtos de valor, entre os quais se podem incluir novos ingredientes que podem vir a incorporar diversos tipos de produtos, incluindo-se alimentares, farmacêuticos e/ou cosmeceuticos. Nesse sentido, um dos grandes desafios atuais foca-se no processamento de subprodutos agro-alimentares para a recuperação de compostos de elevado valor e produção de metabolitos relevantes, através de processos químicos e biotecnológicos (Ben-Othman *et al.*, 2020). Desta forma, a valorização dos mesmos pode e poderá contribuir para a produção mínima de resíduos ou até vir a cumprir o aclamado conceito de “desperdício zero”, garantindo as necessidades e exigências atuais do consumidor e da sociedade em geral.

Hoje em dia, o consumo e o processamento de frutas exóticas está a aumentar em todo o mundo, devido ao melhoramento das técnicas de preservação, transporte, sistemas de marketing e consciencialização do consumidor sobre os seus benefícios para a saúde. É do conhecimento geral que as frutas exóticas tropicais são ricas em compostos bioativos e nutrientes, como constituintes fenólicos, carotenoides, vitaminas e fibras alimentares. Porém, a indústria de processamento de frutas lida com o grande percentual de subprodutos e resíduos, como cascas, sementes e polpa, não aproveitados e acumulados no decurso das diferentes etapas das cadeias de processamento. Muitos autores reportaram que, na maioria dos casos, os subprodutos desperdiçados e não edíveis (e.g. cascas) podem apresentar teores de compostos bioativos semelhantes ou até superiores ao produto edível (Majerska *et al.*, 2019). Por exemplo, a casca de banana (*Musa*, Musaceae) compreende ~30-40% da massa total do fruto, cuja composição inclui proteína bruta (~8%), açúcares solúveis (~13,8%) e compostos fenólicos totais (~4,8%). A celulose, hemicelulose, clorofila, pectina e outros compostos de baixo peso molecular também estão descritos na casca da banana (Silva *et al.*, 2013). A laranja (*Citrus sinensis*, Rutaceae), quando processada, produz elevadas quantidades de casca (~40-50% da massa total), rica em celulose, hemicelulose, lignina, pectina (ácido galacturónico), pigmentos de clorofila e outros pigmentos de baixo peso (limoneno) (Singh *et al.*, 2020). Atualmente, a casca de laranja é tratada industrialmente para obtenção de óleos essenciais (frações de compostos voláteis e não voláteis e compostos aromatizantes). A riqueza em ácidos fenólicos (e.g. cafeico, *p*-cumárico, ferúlico e sinápico), flavonoides (e.g. naringina e hesperidina), flavonas polimetoxiladas (e.g. nobiletina e tangeretina) permite que este subproduto apresente propriedades biológicas, tais como antimicrobianas, antioxidantes e antineoplásicas (Gao *et al.*, 2018). O limão (*Citrus limon*, Rutaceae) contém na sua casca elevados teores de terpenos e terpenoides, cujo óleo essencial tem sido amplamente usado como aromatizante e na cosmética (Aguilar-Hernandez *et al.*, 2020). As cascas de limão são ainda utilizadas para a produção de pectina e extração de flavonoides (principalmente narirutina) (El-Ghfar

et al., 2016). Sobre 59% da casca externa da amora (*Rubus* sp., Rosaceae) estão descritos elevados teores de fibra, pectina e cálcio (Foo e Hameed, 2012).

Face ao supracitado e tendo em consideração a importância do reaproveitamento das cascas não edíveis de frutas tropicais, realizou-se o estudo de três frutas em expansão mundial, lichia (*Litchi chinensis*), longan (*Dimocarpus longan*) e rambutã (*Nephelium lappaceum*), enfatizando a caracterização nutricional e química dos seus subprodutos (cascas), numa perspectiva de futuras aplicações, nas indústrias alimentar, farmacêutica e cosmética.

1.1 Lichia (*Litchi chinensis*)

Lichia (*Litchi chinensis*) é uma fruta tropical nativa da China, pertencendo à família Sapindaceae (Renu e Shachi, 2017). No que toca à produção deste fruto, sabe-se que o considerável retorno económico obtido pela comercialização de lichias é relevante para determinados países. Os principais produtores são China, Israel, Austrália, Tailândia, Taiwan, Índia, Vietnam, México, Madagáscar, África do Sul e Ilhas Maurícias (Jahiel *et al.*, 2014; Olesen *et al.*, 2013). A produção global de frutas tropicais tem vindo a aumentar nas últimas décadas, predominantemente em resposta ao aumento da procura e consequente consumo mundial. A produção média global de lichias é de ~3,3 milhões de toneladas, sendo a China o maior produtor (Altendorf, 2018). Contudo, nas últimas três décadas, a Índia teve um aumento significativo na área e produção deste fruto, impulsionando o mercado de exportação para outros países, incluindo-se países da União Europeia (EU) (Sahni *et al.*, 2020). Segundo Gosh (2017), atualmente a Índia exporta 80% da produção anual, devido à excelente qualidade dos frutos, cujas variedades incluem: *Shahi*, *China*, *Elaichi*, *Bedana* e *Bombai*. Por isso, o cultivo de lichias fornece alimento, emprego, melhora as condições sócio-económicas dos diferentes estados da Índia e, indiretamente, aumenta a produção industrial a nível mundial, estimulando o fabrico de produtos processados à base deste fruto, como conservas, sumos, entre outros (Sahni *et al.*, 2020). Os frutos inteiros de lichia têm sido usados, não apenas como fonte de alimento, mas também para fins medicinais. Além disso, este fruto, incluindo o pericarpo, a polpa e as sementes, também é usado no tratamento de algumas doenças, em particular na medicina tradicional chinesa devido às suas atividades biológicas. Por exemplo, o pericarpo da lichia tem sido usado para o controlo da disenteria e hemostasia (Zeng *et al.*, 2019). A polpa da lichia tem sido usada para a regulação do bom funcionamento de certos órgãos, como fígado, cérebro, baço e coração (Bhoopat *et al.*, 2011). A semente de lichia tem sido utilizada no tratamento de neoplasias urológicas, como cancro da próstata, bexiga e carcinoma renal (Guo *et al.*, 2017). As propriedades nutricionais da lichia variam em função das condições edáficas e climatéricas, incluindo-se humidade, exposição à radiação solar, condições do solo, pluviosidade, entre outras (Vinha *et al.*, 2013). A polpa da lichia contém um elevado teor de humidade (~82%), e os açúcares são o grupo de nutrientes mais representativo na polpa,

com teores compreendidos entre 10 e 19% (Hajare *et al.*, 2010). De entre os principais açúcares destacam-se a sacarose, frutose e glicose, sendo os teores de frutose e sacarose equitativos (Qingbin *et al.*, 2020). Além dos monossacáridos e oligossacáridos, a polpa da lichia também contém polissacáridos bioativos importantes, que, por hidrólise, originam arabinose, galactose e glicose, manose, ramnose e xilose (Huang *et al.*, 2018).

Na polpa concentra-se ácido málico, responsável por ~80% do total de ácidos orgânicos, junto com os ácidos tartárico, cítrico e ascórbico, em menores concentrações (Sarkar *et al.*, 2018). O ácido ascórbico é um dos micronutrientes mais descritos neste fruto, contudo o seu teor depende das variedades existentes no mercado (Srivastava *et al.*, 2018; Anjum *et al.*, 2017; Emanuele *et al.*, 2017; Cabral *et al.*, 2014; UE, 2011). No que toca aos teores de proteína e de lípidos, este fruto apresenta valores significativamente baixos, contudo, os micronutrientes são descritos por diversos autores, principalmente vitaminas C e do complexo B, e minerais como manganês, magnésio, cobre, ferro, fósforo, potássio, selênio e cálcio (Prakash *et al.*, 2017; Reyes *et al.*, 2016; Sivakumar *et al.*, 2008). De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), uma dose de 100 gramas de lichia equivale a 66 kcal (USDA, 2019). Entre muitos compostos, o oligonol (polifenol) extraído deste fruto exibe efeitos antioxidantes, diuréticos e antiobesidade (Bahijri *et al.*, 2018). Não obstante à sua composição nutricional, este fruto também é reconhecido pelo seu elevado teor de compostos nutracêuticos (não-nutrientes), tais como ácidos fenólicos, flavonoides, taninos e carotenoides (Shirahigue e Ceccato-Antonini, 2020; Reyes *et al.*, 2016). O pericarpo contém flavonoides e antocianinas, incluindo-se proantocianidina B2, proantocianidina B4, quercetina-3-rutinósido, quercetina-3-glucósido, epicatequina, e cianidina-3-rutinósido, cianidina-3-glucósido e malvidina-3-glucósido, respetivamente (Zhu *et al.*, 2019; Emanuele *et al.*, 2017; Upadhyaya e Upadhyaya, 2017). Também o b-caroteno e o licopeno estão descritos apenas na casca deste fruto (Queiroz *et al.*, 2015). Sabe-se que o b-caroteno é a principal fonte de vitamina A, portanto a sua presença na casca valida a importância da valorização deste sub-produto, tanto na indústria alimentar, como na farmacêutica e cosmética. As propriedades anti-inflamatórias são ativadas pelas antocianinas e flavanois, bem como pela rutina (quercetina-3-rutinósido) (Li e Jiang, 2007). As antocianinas descritas no pericarpo da lichia (cianidina-3-rutinósido, cianidina-3-glucósido e malvidina-3-glucósido) inibem a peroxidação do ácido linoleico, ligando-se aos íons ferro, radicais hidroxilo e aniões superóxido (Lyu *et al.*, 2019; Gong *et al.*, 2018; Kilari e Putta, 2016; Taak e Koul, 2016). As propriedades antineoplásicas são descritas pela presença da epicatequina, proantocianidina B2, proantocianidina B4, rutina e antocianidinas que apresentam uma forte atividade de prevenção do cancro da mama, bem como uma atividade inibitória da proliferação de células carcinogénicas *in vitro* e inibição do recetor estrogénico (Zhu *et al.*, 2019; Varjani e Patel, 2017; Kilari e Putta, 2016; Ibrahim e Mohamed, 2015).

As propriedades imunomoduladoras estão presentes na casca e na polpa do

fruto, sob a forma de flavonoides e polissacáridos. Crê-se que a imunomodulação seja possibilitada pela proliferação de células imunitárias do baço (esplenócitos) e pela melhoria da citotoxicidade das células “exterminadoras” (NK), produzindo mais fator de necrose tumoral alfa (TNF- α) e aumentando a atividade fagocitária dos macrófagos. A ação dos flavonoides, presentes na casca deste fruto, também aumenta a proliferação de esplenócitos (Zhao *et al.*, 2020; Emanuele *et al.*, 2017). As propriedades hepatoprotetoras estão relacionadas com os polifenóis, especialmente aos elevados teores de procianidina A2 encontrados na casca e cujo efeito é mais relevante (Zhu *et al.*, 2019). Segundo diversos autores, a atividade hepatoprotetora é amplificada pela atividade antioxidante dos compostos bioativos (Srivastava *et al.*, 2018; Kilari e Putta, 2016). As propriedades anti-ateroscleróticas estão relacionadas as proantocianidinas presentes na casca do fruto (Zhao *et al.*, 2020). No que toca à atividade antimicrobiana, alguns estudos reportam esta atividade devido à presença de compostos fenólicos não-flavonoides presentes no epicarpo. Kilari e Putta (2016) descreveram atividade antimicrobiana dos extratos aquosos da casca do fruto contra *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae*, *Shigella dysenteriae*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, e *Candida albicans*.

As propriedades antienvhecimento também foram descritas no epicarpo do fruto, observando-se atividade protetora contra os raios ultravioleta (UV), sugerindo o uso deste subproduto em tratamentos contra a hiperpigmentação cutânea (Lourith *et al.*, 2017). Segundo Kanlayavattanukul *et al.* (2012), os compostos fenólicos presentes na casca da lichia apresentam um efeito inibidor sobre a elastase e a colagenase, enzimas que degradam os componentes cutâneos (elastina e colagénio). Os extratos de cascas de lichia também aumentaram a proliferação de fibroblastos, importantes para a renovação celular (Lourith *et al.*, 2017; Kanlayavattanukul *et al.*, 2012).

1.2 Longan (*Dimocarpus longan*)

O longan (*Dimocarpus longan*) é uma espécie botânica conhecida na Ásia. O longan, também conhecido como “olho de dragão”, insere-se na família Sapindaceae, possuindo cerca de 200 géneros e mais de 2000 espécies. O género *Dimocarpus* possui seis espécies encontradas na Ásia (*Dimocarpus longan*, *Dimocarpus dentatus*, *Dimocarpus gardneri*, *Dimocarpus foveolatus* e *Dimocarpus fumatus*) e uma na Austrália (*Dimocarpus australianus*) (Rakariyatham *et al.*, 2020; Shahrajabian *et al.*, 2019). As frutas longan são geralmente consumidas frescas, contudo, também podem sofrer processamento industrial, sendo possível adquiri-las congeladas, em conserva ou desidratadas. Tal com as lichias, os longan também são utilizados na medicina tradicional chinesa, no tratamento de distúrbios gástricos e perturbações do sono (Mishra *et al.*, 2018). A presença de diversos nutrientes e compostos bioativos na polpa e casca deste fruto, referenciam-no com propriedades anti hiperglicémicas, imunomoduladoras, antiinflamatórias, antioxidantes e antineoplásicas (Khan *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2015). As sementes, enquanto sub-produto, são utilizadas

na indústria cosmética, no fabrico de champôs devido ao elevado teor de saponinas que as mesmas contêm (Park *et al.*, 2010). O teor proteico e lipídico é extremamente baixo, sendo o seu valor energético médio total de 60 Kcal/100 g (USDA, 2019). No que toca ao teor em micronutrientes, este fruto contém vitaminas do complexo B (B1, B2, B3) e vitamina C (Zhang *et al.*, 2020; Bai *et al.*, 2019; Shahrajabian, *et al.*, 2019; Yang *et al.*, 2011) e minerais (ferro, potássio e cálcio) (Zhang *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2011). Alguns autores reportam este fruto como fonte exógena de seis aminoácidos essenciais (leucina, lisina, fenilalanina, valina, metionina, isoleucina) (Zhang *et al.*, 2020; Khan *et al.*, 2018). Zhang *et al.* (2018) descreveram o 4-meticatecol, ácido clorogénico, ácido vanílico e ácido gálgico como os principais polifenóis encontrados na polpa de 24 variedades de longan. O pericarpo do fruto, também estudado, contém ácido cumárico, ácido vanílico, ácido gálgico juntamente com os seus ésteres, ácido protocatecuico, taninos (corilagina), cumarinas (escopoletina) (Bai *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2015). Entre os flavonoides, a rutina, quercetina, epicatequina e canferol são os predominantes (Bai *et al.*, 2019; Khan *et al.*, 2018; Fu *et al.*, 2015; Sun *et al.*, 2007). Segundo Tang *et al.* (2019) e Liu *et al.* (2014), o teor de flavonoides presentes na casca do fruto é significativamente superior aos valores encontrados na polpa e semente do mesmo. Rakariyatham *et al.* (2020) afirmam que os polissacáridos ativos presentes na casca do longan inibem a tirosinase, enzima que participa na produção de melanina, valorizando-se estas cascas como ingrediente funcional nos tratamentos dermatológicos, como a hiperpigmentação da pele, ou em cosméticos para prevenir o cancro da pele.

1.3 Rambutã (*Nephelium lappaceum*)

O rambutã (*Nephelium lappaceum* L.) é uma fruta tropical nativa da Malásia e Indonésia, pertencente à família Sapindaceae, com cerca de 37 géneros e 72 espécies identificadas (Bhat, 2019). A maioria dos frutos são cultivados na Malásia, Tailândia e Indonésia e, em menor escala, na Índia, Austrália, África do Sul, Madagáscar, Colômbia, México, Costa Rica e Panamá (Monroy *et al.*, 2020; Hernández-Hernández *et al.*, 2019; Mahmood *et al.*, 2018). A fruta é geralmente consumida fresca, ou sob a forma de conservas, sumos, geleias e compotas (Bhat, 2019; Mahmood *et al.*, 2018). No entanto, a indústria alimentar produz uma quantidade significativa de subprodutos (casca e semente), que geralmente são descartados como resíduos. O rambutã oferece muitos benefícios nutricionais, uma vez que é um fruto de baixo teor calórico (~83 kcal/100 g), rico em açúcares (glicose e sacarose), fibras (~50%) proteínas, vitaminas, minerais e compostos antioxidantes (Hernández-Hernández *et al.*, 2019).

Para além dos seus teores consideráveis de vitamina C, também contém outras vitaminas como a vitamina B1 (tiamina), B2 (riboflavina) e B3 (niacina) (Bhat, 2019), minerais (cobre, manganês, ferro, zinco, magnésio, potássio, sódio e cálcio) (Shahrajabian *et al.*, 2020) e compostos fenólicos e aromáticos como ácido cinâmico, vanilina, ácido

fenilacético, β -damascenona que são os compostos mais perfumados e responsáveis pelas características organoléticas marcantes deste fruto (Bhat, 2019; Rohman, 2017). De entre os compostos bioativos, destacam-se os carotenoides (xantofilas e b-caroteno), tocoferóis (vitamina E), taninos (ácido elágico, corilagina, geraniina), ácidos fenólicos derivados do ácido hidroxibenzóico (ácido gálico, ácido vanílico) e derivados do ácido hidroxicinâmico (ácido *p*-cumárico). Os flavonoides são uma classe muito representativa no reino vegetal e o rambutã não é exceção. Para além da rutina, quercetina e apigenina, as antocianinas (pelargonidinas) também foram identificadas (Rakariyatham *et al.*, 2020; Hernández-Hernández *et al.*, 2019; Rohman, 2017; Rohman *et al.*, 2016; Sekar *et al.*, 2014).

Nas últimas décadas, a investigação tem vindo a enfatizar a importância dos compostos bioativos presentes em subprodutos e materiais vegetais não edíveis, numa tentativa de reaproveitamento desses recursos em diversas aplicações na área da saúde. O rambutã é utilizado na medicina tradicional no tratamento da diabetes e regulação da tensão arterial (Bhat, 2019). Alguns autores reportam a sua utilização no tratamento de estados febris, disenteria e diarreia, dispepsia, e antiobesidade (Bhat, 2019; Mahmood *et al.*, 2018; Sekar *et al.*, 2014). Na verdade, a casca do rambutã apresenta muitas propriedades biológicas, tais como antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória, anti-hiperglicémica e antidiabética, e antineoplásica (Rakariyatham *et al.*, 2020). As antocianinas são responsáveis pelo escurecimento da casca após a colheita, mas são também compostos antioxidante. A atividade antibacteriana também foi descrita, através do uso de extratos da casca (Bhat, 2019). Os extratos metanólicos exerceram inibição contra *Vibrio cholera*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus smutans* (Rakariyatham *et al.*, 2020; Shahrajabian *et al.*, 2020; Hernández-Hernández *et al.*, 2019; Wan Ishak *et al.*, 2018; Sekar *et al.*, 2014). A atividade preventiva contra neoplasias deve-se, principalmente, à presença de geraniina. De facto, este composto apresenta atividade contra células malignas do osteossarcoma, da mama e do colo do útero (Rakariyatham *et al.*, 2020; Hernández-Hernández *et al.*, 2019; Wan Ishak *et al.*, 2018). Tendo em conta estes efeitos, dever-se-á considerar futuras explorações clínicas para utilizar a geraniina como tratamento preventivo e de tratamento de certos carcinomas (Cheng *et al.*, 2016).

A atividade anti-inflamatória está intimamente relacionada com a atividade antioxidante dos compostos fenólicos, tendo sido descrito que os extratos da casca deste fruto apresentam efeito inibidor sobre a TNF- α , um fator que estimula a libertação de citocinas pró-inflamatórias que levam à amplificação da reação inflamatória (Rakariyatham *et al.*, 2020; Hernández-Hernández *et al.*, 2019). A atividade anti-hiperglicémica e antidiabética deve-se à presença da geraniina, a qual inibe a α -amilase e α -glucosidase mas também a aldose redutase permitindo assim uma redução dos níveis de glicose sérica (Rakariyatham *et al.*, 2020; Shahrajabian *et al.*, 2020; Hernández-Hernández *et al.*, 2019; Wan Ishak *et al.*, 2018). Alguns autores referiram ainda atividade antiviral exercida pela

geraniina, sobre o vírus do dengue tipo 2 (DENV-2), inibindo a ligação do vírus às células (Hernández-Hernández *et al.*, 2019).

Assim, este trabalho teve como fundamento principal valorizar as cascas das três frutas exóticas, lichia (*Litchi chinensis*), longan (*Dimocarpus longan*) e rambutã (*Nephelium lappaceum*), realizando-se ensaios *in vitro* no estudo da caracterização nutricional e química, para valorizar e fomentar maior interesse pela comunidade científica e industrial na aplicação destes sub-produtos alimentares.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostras

As três variedades de frutos, lichia, longan e rambutã foram adquiridos num mercado local (Porto), em 2020. Após receção dos frutos, efetuou-se a remoção da casca não edível de cada espécie em estudo, obtendo-se 3 amostras distintas. Após secagem das cascas (em estufa) e de forma a garantir uma amostra homogénea, triturou-se cada amostra em moinho, até à obtenção de um pó fino. Todas as amostras foram devidamente acondicionadas em frascos de amostragem e conservadas ao abrigo da luz.

2.2 Análise centesimal

As amostras foram analisadas quanto à composição nutricional, nomeadamente, humidade, cinzas, proteínas, lípidos e hidratos de carbono, de acordo com os procedimentos oficiais de análises da AOAC (2012).

2.3 Compostos bioativos

2.3.1 Preparação dos extratos

A avaliação dos compostos bioativos (fenólicos totais e flavonoides totais) foi determinada em extratos hidroalcoólicos. Para estes extratos utilizou-se como solvente uma solução de 50:50 (água:etanol, v/v), procedendo-se a uma extração sólido/líquido (0,5 g/ 50 mL), em placa de aquecimento com agitação constante, durante 60 minutos, a 40 °C, de acordo com o procedimento descrito por Costa *et al.* (2014). Os extratos obtidos foram filtrados com papel de filtro Whatman N.º 1 e congelados a -25 °C para posterior análise. Os extratos foram realizados em triplicado.

2.3.2 Determinação do teor de fenólicos totais

O teor de fenólicos totais (FT) dos extratos hidroalcoólicos foi determinado espectrofotometricamente, utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu (RFC). Resumidamente, foram colocados 500 µL de extrato, branco ou padrão (solução de ácido gálico, 1000

ppm), aos quais foram adicionados adicionaram 2,5 mL de RFC diluído (1:10), deixando em repouso durante 5 min. Posteriormente, adicionaram-se 2,5 mL de solução de carbonato de sódio (7,5 %). Os extratos de cada amostra foram colocados num banho a 45 °C durante 15 minutos, seguido de 30 minutos de repouso, à temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Foi determinada a absorvência a 765 nm, utilizando um leitor de microplacas Synergy HT (BioTek Instruments, Synergy HT GENS5, EUA). A correlação entre a absorvência da amostra e a concentração do padrão (ácido gálico) foi obtida através de uma reta de calibração (gama de linearidade: 0 - 100 mg/ L, $R^2= 0,9992$) efetuada aquando das determinações. O teor de FT foi expresso em mg de equivalentes de ácido gálico (EAG)/ g de amostra.

2.3.3 Determinação do teor de flavonoides totais

A determinação do teor de flavonoides totais dos extratos hidroalcoólicos seguiu uma metodologia colorimétrica baseada na formação de um complexo flavonoide-alumínio, descrita por Vinha *et al.* (2016). O fundamento experimental consistiu em misturar 1 mL de amostra, 4 mL de água destilada e 300 μ L de solução de nitrito de sódio (NaNO_2 , 5%). Após 5 min adicionaram-se 300 μ L de cloreto de alumínio (AgCl_3 , 10%), deixando reagir durante 1 min. Por fim, adicionaram-se 2 mL de uma solução de hidróxido de sódio (NaOH , 1M) e 2,4 mL de água destilada. As soluções foram homogeneizadas e as leituras foram efetuadas a 510 nm, utilizando um leitor de microplacas Synergy HT (BioTek Instruments, Synergy HT GENS5, EUA). A correlação entre a absorvência da amostra e a concentração do padrão (catequina) foi obtida através de uma reta de calibração (gama de linearidade: 0 - 450 mg/ L, $R^2= 0,9986$) efetuada aquando das determinações experimentais. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de catequina (EC)/ g de amostra.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estima-se que, em 2050, a população mundial atinja cerca de 9 biliões, tornando-se necessário melhorar e desenvolver o sistema alimentar atual. Assim, impõe-se aumentar o consumo de alimentos atualmente não edíveis, muitas vezes desperdiçados pelas indústrias alimentares, de maneira a que estas novas alternativas consigam dar resposta à tendencial escassez de alimentos (Ocicka e Raźniewska, 2018). Por este motivo, torna-se urgente garantir que toda a população tenha acesso a alimentos seguros e nutritivos, produzidos de maneira sustentável e a custos reduzidos (Ben-Othman *et al.*, 2020), utilizando-se os subprodutos alimentares, como cascas e sementes de frutas (Coman *et al.*, 2019). Por outro lado, devido ao elevado volume de produção destas frutas, a quantidade de subprodutos também aumenta. Assim, estes últimos podem ser reaproveitados, quer pela indústria alimentar, quer pela farmacêutica e cosmética, como ingredientes funcionais ou produtos nutracêuticos. A determinação do perfil nutricional das cascas dos três frutos

estudados tornou-se, assim, essencial para a valorização do seu consumo e possíveis aplicações a nível industrial. A composição nutricional das amostras (cascas não edíveis das frutas lichia, longan e rambutã) encontra-se representada na Tabela 1.

Composição nutricional	Lichia	Longan	Rambutã
Cinzas	2,5 ± 0,9	7,2 ± 0,2	4,50 ± 0,9
Gordura	1,8 ± 0,6	1,0 ± 0,2	1,20 ± 0,4
Proteína	2,0 ± 0,7	9,1 ± 0,8	7,41 ± 0,07
Hidratos de carbono	76,8 ± 1,0	80,2 ± 0,6	83,3 ± 0,3
Valor energético	331,4 Kcal/ 100 g 1386,6 KJ	366,2 Kcal/ 100 g 1532,2 KJ	373,6 Kcal/ 100 g 1563,1 KJ

Os valores são apresentados como média ± desvio padrão (n=3) em g/ 100 g de peso seco de amostra.

Tabela 1. Nutrientes obtidos nas cascas dos três frutos em estudo (lichia, longan e rambutã), expressos em g/ 100 g de peso seco.

Pela análise dos resultados obtidos (Tabela 1) verificaram-se diferenças significativas em alguns dos parâmetros avaliados. A casca de longan apresentou teores mais elevados de proteína (9,1 g/ 100 g) e de cinzas (7,2 g/ 100 g). No entanto, os teores de gordura obtidos nas cascas das três frutas foram idênticos, apresentando-se sempre baixos (< 2%). As cascas da lichia foram a amostra que obteve menor teor proteico e menor teor de matéria inorgânica. Em relação à composição em cinzas, os teores foram diminuindo, pela ordem: longan > rambutã > lichia, exibindo-se diferenças significativas entre eles. Quanto maior o teor de cinzas, menor a quantidade de matéria orgânica, sendo este parâmetro também um bom indicador do teor mineral presente na matriz em estudo (Sharifi *et al.*, 2017). O teor de cinzas encontrados nas cascas dos três frutos estudados mostra-se concordante com os reportados noutros estudos. Por exemplo Rakariyatham *et al.* (2020) reportaram teores de cinzas de 5,7 e 3,1% nas cascas de longan e rambutã, respetivamente, enquanto Queiroz *et al.* (2018) descreveram 3,3% de cinzas nas cascas de lichias. O teor lipídico encontrado nas cascas das frutas estudadas foi bastante baixo, variando entre 1 e 1,8%. Estes teores são idênticos aos valores descritos nas cascas de outros frutos, como bolota (Vinha *et al.*, 2016), maracujá (Da Silva Filho *et al.*, 2019) e manga (Lebaka *et al.*, 2021). Pela análise dos resultados, verificou-se uma variação significativa entre as três amostras, sendo a casca de longan o sub-produto com maiores teores de proteína total (9,1%). Embora estes valores sejam concordantes com os descritos por outros autores (Rakariyatham *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2020), destaca-se o aporte proteico, valorizando-se assim estes sub-produtos para futuras utilizações, sugerindo-se mais estudos, nomeadamente, na composição em aminoácidos. Sabe-se, por exemplo, que a elaboração e a caracterização de farinhas, a

partir de subprodutos de cascas de frutas, têm sido alvo de inúmeros estudos face às reconhecidas características nutricionais e potencialidades para aplicações futuras como ingredientes alimentares.

No que toca aos teores de hidratos de carbono, não se pode deixar de ter em conta o valor de fibras dietéticas totais, as quais não foram quantificadas neste trabalho. Assim, e embora os valores obtidos experimentalmente sejam elevados, variando entre 76,8 e 83,3%, não se pode descorar a hipótese de que o teor de fibras seja relevante nestes valores obtidos. De facto, inicialmente efetuou-se o cálculo das fibras das cascas de lichia (~20%), mas não foram realizados os ensaios dos outros dois frutos. Contudo, segundo Rakariyatham *et al.* (2020) o teor de fibras presentes nas cascas de longan e de rambutã rondam os 33% e 53%, respetivamente, enfatizando o que foi referido anteriormente.

Tendo já discutido os nutrientes que podem fornecer energia (lípidos, proteínas e hidratos de carbono), poder-se-á abordar os valores energéticos das três amostras estudadas. A casca de lichia apresentou o teor calórico mais baixo (331,4 Kcal/ 100 g), valor expectável face às reduzidas concentrações de gordura e de proteína. As cascas de longan e rambutã apresentaram valores ligeiramente superiores, proporcionais ao aumento de hidratos de carbono quantificados. Comparando o valor calórico das amostras estudadas com o de outros subprodutos de frutas, verificou-se que todas elas apresentaram valores calóricos idênticos aos descritos para a maçã, ananás, banana, manga e melancia (Romelle *et al.*, 2016).

Mediante o aporte nutricional obtido nas 3 espécies de cascas estudadas, afirma-se que todas elas são fontes naturais ricas em macronutrientes, tornando-se direcionáveis para aplicações industriais diversificadas, incluindo-se as áreas alimentar, farmacêutica e cosmética. Além dos nutrientes essenciais, a maioria dos frutos possuem consideráveis quantidades de micronutrientes, tais como minerais, vitaminas e metabolitos secundários (fitoquímicos). Alguns estudos descreveram a presença desses constituintes, principalmente metabolitos secundários, como proantocianidinas e flavonoides na casca de lichia, sugerindo que este subproduto fosse usado como antioxidante natural, ingrediente funcional ou conservante natural (Silva *et al.*, 2016). No que toca às cascas de longan e rambutã, Rakariyatham e colaboradores (2020) afirmam serem subprodutos subvalorizados, ricos em macro e micronutrientes. Os mesmos autores também valorizam o elevado teor de compostos bioativos presentes nas cascas, manifestamente superiores aos presentes nas partes edíveis dos mesmos frutos. De facto, como estes materiais vegetais contêm um número significativo de compostos fenólicos, estes tornam-se relacionados com ampla gama de atividades biológicas. Em relação às informações atualizadas e disponíveis, a maioria dos estudos utilizaram extratos vegetais de cascas de lichia, longan e rambutã para demonstrar os efeitos sinérgicos dos fitoquímicos nas atividades biológicas, tais como atividades antioxidante, antimicrobiana, antitirosinase, antineoplásica, anti-inflamatória, anti-hiperglicémica e antidiabética (Rakariyatham *et al.*, 2020; Zhao *et al.*, 2020; Emanuele

et al., 2017). Assim, foram quantificados os teores de fenólicos e de flavonoides totais, a partir de extratos hidroalcoólicos das cascas das frutas em estudo. Os valores obtidos de fenólicos e flavonoides totais estão apresentados na Tabela 2.

	Fenólicos totais (mg EAG/ g)	Flavonoides totais (mg EC/ g)
Lichia	1578 ± 4	55,1 ± 0,9
Longan	109,5 ± 0,1	27,6 ± 1,6
Rambutã	649 ± 1	49,6 ± 3

Os valores são expressos através da média ± desvio padrão (n=3)

Tabela 2. Teor de fenólicos e de flavonoides totais obtidos nos extratos hidroalcoólicos das três frutas em estudo.

Pela análise dos resultados apresentados na Tabela 2, verifica-se que as cascas de lichia contêm maiores teores de compostos bioativos, seguidas das de rambutã, observando-se uma diferença significativa entre as duas. Também foi observado em todas as amostras uma superioridade no teor de fenólicos, em detrimento dos flavonoides. O teor de fenólicos totais presentes nas cascas de lichia (1578,08 mg EAG/ g) mostrou-se significativamente superior aos valores descritos por outros autores (Silva *et al.*, 2020; Reyes *et al.*, 2016; Shukla *et al.*, 2012). As diferenças podem estar relacionadas com diversos fatores, incluindo método e solvente usado na extração, condições edafoclimáticas, grau de maturação do fruto, entre outras. Também o erro do método analítico pode influenciar as diferenças observadas pelos diferentes autores. Por exemplo, o tempo de extração pode interferir na ação das enzimas polifenoloxidasas, as quais produzem produtos de oxidação dos fenóis promovendo o aumento da intensidade da cor da solução e, conseqüentemente, um sinal analítico superior. A casca de rambutã apresentou teores consideráveis de fenólicos totais, significativamente inferiores aos obtidos na casca de lichia, mas superiores aos teores encontrados nas cascas de longan. Yunusa *et al.* (2018) reportaram teores de fenólicos totais de 244 mg GAE/ g e 49, 92 mg GAE/ g em extratos etanólicos e aquosos de cascas de rambutã, respetivamente. Uma vez mais, e pela discordância dos resultados, verifica-se que a natureza do solvente interfere na extração e quantificação dos compostos bioativos. Nhat Minh Phuong e colaboradores (2020) mostraram que o teor de fenólicos totais das cascas de rambutã varia mediante a natureza do solvente extrator, apresentando variações significativas (200-500 mg GAE/ g. A comparação dos teores de fenólicos totais presentes nas cascas de rambutã por diferentes métodos de extração também já foi realizada. Yoswathana e Eshtiagi (2013), através da comparação dos métodos de extração, mais concretamente, por maceração durante 6 h, Soxhlet durante 4 h e extração subcrítica com água durante 20 minutos, obtiveram teores de 26,42; 70,29 e 172,47 mg EAG/ g, respetivamente. No que toca às cascas de longan, o teor de fenólicos totais foi o mais baixo quando comparado com os outros frutos estudados

(109,53 mg EAG/g). Contudo, os valores mostram-se concordantes com outros estudos similares (Begam *et al.*, 2020; Rakariyatham *et al.*, 2020).

Relativamente ao teor de flavonoides totais, a ordem quantitativa mostrou-se coerente com os valores obtidos para os fenólicos totais (lichia > rambutã > longan). Verificou-se que os teores de flavonoides totais foram sempre inferiores aos teores de fenólicos totais, observando-se uma concordância com outros estudos realizados, incluindo-se noutras cascas de frutas (Begam *et al.*, 2020; Rakariyatham *et al.*, 2020; Suleria *et al.*, 2020). Tal como já foi referido anteriormente, existem diversos fatores que interferem na quantificação dos compostos bioativos, incluindo a espécie, as condições edafo-climáticas, a natureza do solvente e condições de extração. Para além disso, alguns investigadores têm observado uma diminuição dos teores de fenólicos e de flavonoides durante o processo de maturação das espécies vegetais (Hervalejo *et al.*, 2021; Habibi *et al.*, 2020). Estas alterações podem ser, sobretudo, devido ao rápido crescimento dos tecidos vegetais no início da época, que conduz a um efeito de diluição e conseqüente perda dos compostos bioativos. Tal como o observado nos fenólicos totais, muitos autores relataram teores de flavonoides inferiores aos obtidos neste trabalho. Cita-se como exemplo, o trabalho publicado por Lal *et al.* (2018), os quais relataram teores de flavonoides totais compreendidos entre 0,75 e 96,37 mg EC/g, em extratos hidroalcoólicos de cascas de 30 genótipos de lichias. Ghosh *et al.* (2018) reportaram um teor de 2,86 mg EC/g em extratos metanólicos (80%) de cascas de lichia. As cascas edíveis e não edíveis das frutas são reconhecidas por apresentarem maiores teores de compostos bioativos dos que as polpas das mesmas. Na verdade, quando comparados os teores de compostos bioativos entre as partes comestíveis e as componentes não edíveis (sementes e cascas), a maioria dos estudos são unânimes em confirmar que estes compostos se concentram mais nas partes não comestíveis (subprodutos). Por exemplo, o teor de flavonoides totais obtidos nas sementes, cascas e polpa de doze variedades de longan, variaram entre 30,9-63,0; 21,6-55,6 e 1,7 - 6,5 mg EC/g, respetivamente (He *et al.*, 2009). Soong e Barlow (2004) também demonstraram maior conteúdo fenólico em extratos hidroalcoólicos da semente e da polpa de longan (62,6 mg EAG /g e 1,6 mg EAG /g, respetivamente). Um estudo semelhante realizado em duas cultivares de rambutã mostrou que a casca da fruta continha quantidades muito superiores de fenólicos e flavonoides totais às das sementes e polpas (Thitilertdecha, 2010). Na verdade, os subprodutos das frutas longan e do rambutã são ricos em fitoquímicos cujas concentrações variam de acordo com a cultivar e, em particular, com os seus índices de maturação (Mistriyani *et al.*, 2017).

4 | CONCLUSÃO

Em suma, os compostos bioativos presentes nos subprodutos destes frutos têm atraído grande atenção devido às suas propriedades biológicas. Como estes materiais vegetais contêm teores significativos de compostos fenólicos, os estudos realizados até

à data têm vindo a demonstrar os efeitos sinérgicos de promoção da saúde a partir da combinação de fenólicos essenciais presentes nas cascas de lichia, longan e rambutã. Estas propriedades impulsionam futuras aplicações em alimentos e produtos relacionados com a saúde.

O trabalho realizado teve como fundamento a valorização das cascas de frutas exóticas em franca expansão no mercado mundial (lichia, longan e rambutã), visando uma possível reutilização das mesmas. O valor nutricional destas matrizes alimentares, evidenciou baixos teores de proteínas e lípidos nas cascas, sendo, no entanto, estas ricas em hidratos de carbono, maioritariamente em fibra dietética. Por este motivo, é difícil compreender a falta de desenvolvimento na produção e utilização destes subprodutos como ingredientes funcionais, nutracêuticos e/ou cosmeceuticos. Os teores de compostos bioativos também enfatizaram a importância da valorização futura destes subprodutos alimentares. Dos três frutos estudados, as cascas de lichia foram as que mais se destacaram pelo menor valor energético total e menor teor proteico, sugerindo que estes subprodutos sejam utilizados como futuros ingredientes para alimentos específicos (por exemplo, isentos de glúten). Os teores elevados de compostos bioativos também sugerem que estes produtos possam vir a ser usados para o desenvolvimento de novos produtos, não só na indústria alimentar, como farmacêutica e cosmética, tendo sempre como foco principal o conceito de sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

AGUILAR-HERNANDÉZ, M. G.; SANCHÉZ-BRAVO, P.; HERNANDEZ, F.; CARBONELL-BARRACHINA, A. A.; PASTRO-PÉREZ, J. J.; LEGUA, P. **Determination of the volatile profile of lemon peel oils as affected by rootstock.** Foods, v. 9, n. 2, p. 1-9, Feb. 2020.

ALTENDORF, S. Minor tropical fruits : **Mainstreaming a niche market** In: Food Outlook - Biannual report on global food markets FAO. pp.67-75, 2018.

ANJUM, J.; LONE, R.; WANI, K. A. **Lychee (*Litchi chinensis*): Biochemistry, Panacea, and Nutritional Value.** In: Kumar, M., Kumar, V., Bhalla-Sarin, N. and Varma, A. *Lychee Disease Management* India. p.237-256, 2017.

AOAC International, Official Methods of Analysis, (19th ed.) 2012.

BAHIJRI, S. M.; AJABNOOR, G.; HEGAZY, G. A.; ALSHEIKH, L.; MOUMENA, M. Z., Bashanfar, B. M.; ALZAHIRANI, A. H. **Supplementation with oligonol, prevents weight gain and improves lipid profile in overweight and obese saudi females.** Current Nutrition and Food Science, v. 14, n. 2, p. 164-170, Apr. 2018.

BAI, X.; PAN, R.; LI, M.; LI, X.; ZHANG, H. **HPLC profile of longan (cv. Shixia) pericarp-sourced phenolics and their antioxidant and cytotoxic effects.** Molecules, v. 24, n. 3, p. 1-9, Feb. 2019.

BEGAM, A.; JOHN, S.; MONICA, S.; PRIYADARSHINI, S.; SIVARAJ, C.; ARUMUGAM, P. **In vitro antioxidant activity and GC-MS analysis of peel and pulp extracts of *Dimocarpus Longan*.** International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences, v. 9, p. 1269-1283, Jun. 2020.

BEN-OTHTMAN, S.; JOUDU, I.; BHAT, R. (2020). **Bioactives from agri-food wastes: Present insights and future challenges**. *Molecules*, v. 25, n. 3, p. 1-34, Jan. 2020.

BHAT, R. **Bioactive compounds of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.)**. In: *Bioactive Compounds in Underutilized Fruits and Nuts*, p. 1-12, 2019.

BHOOPAT, L.; SRICHAIRATANAKOOL, S.; KANJANAPOTHI, D.; TAESOTIKUL, T.; THANANCHAI, H.; BHOOPAT, T. **Hepatoprotective effects of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.): a combination of antioxidant and anti-apoptotic activities**. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 136, p.55-66, Jun. 2011.

CABRAL, T. A.; CARDOSO, L. D. M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. **Chemical composition, vitamins and minerals of a new cultivar of lychee (*Litchi chinensis* cv. Tailandes) grown in Brazil**. *Fruits*, v. 69, p.425-434, Mar. 2014.

Chakraborty, B., Mishra, D. S., Hazarika, B. N., Hazarika, T. K. and Ghosh, S. N. (2018). *Rambutan (*Nephelium lappaceum*)*. In: *Breeding of Underutilized Fruit Crops*, pp.425-439.

CHENG, H. S.; TON, S. H.; KADIR, A. K. **Ellagitannin geraniin: a review of the natural sources, biosynthesis, pharmacokinetics and biological effects**. *Phytochemistry Reviews*, v. 16, p.159-193, Apr. 2016.

COMAN, V.; TELEKY, B. E.; MITREA, L.; MARTAU, G. A.; SZABO, K.; CALINOIU, L. F.; VODNAR, D. C. **Bioactive potential of fruit and vegetable wastes**. *Advances in Food and Nutrition Research*, v. 91, p. 157-225, Aug. 2019.

COSTA, A. S. G.; ALVES, R. C.; VINHA, A. F.; BARREIRA, S. V. P.; NUNES, M. A.; CUNHA, L. M.; OLIVEIRA, M. B. P. P. **Optimization of antioxidants extraction from coffee silverskin, a roasting by-product, having in view a sustainable process**. *Industrial Crops and Products*, v. 53, p. 350-357, Feb. 2014.

DA SILVA FILHO, D. F.; BATISTA, M. R. A.; AGUIAR, J. P. L.; MACHADO, F. M.; FIGUEIREDO, J. N. R.; TICONA-BENAVENTE, C. A. **Passiflora foetida yielding and nutritional composition**. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 41, p. 1-6, Feb. 2019.

EL-GHFAR, M. H. A. A.; IBRAHIM, H. M.; HASSAN, I. M.; ABDEL, A. A.; MAHMOUD, M. H. **Peels of lemon and orange as value-added ingredients: chemical and antioxidant properties**. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 5, n. 12, p. 777-794, 2016.

EMANUELE, S.; LAURICELLA, M.; CALVARUSO, G.; D'ANNEO, A.; GIULIANO, M. ***Litchi chinensis* as a functional food and a source of antitumor compounds: An overview and a description of biochemical pathways**. *Nutrients*, 9, n. 9, p.1-15, Sep. 2017.

FOO, K. Y.; HAMEED, B. H. **Potential of jackfruit peel as precursor for activated carbon prepared by microwave induced NaOH activation**. *Bioresource Technology*, v. 112, p. 143-150, May 2012.

FU, C.; YANG, X.; LAI, S.; LIU, C.; HUANG, S.; YANG, H. **Structure, antioxidant and α -amylase inhibitory activities of longan pericarp proanthocyanidins**. *Journal of Functional Foods*, v. 14, p. 23-32, Apr. 2015.

GAO, Z.; GAO, W.; ZENG, S. L.; LI, P.; LIU, E. H. **Chemical structures, bioactivities and molecular mechanisms of citrus polymethoxyflavones**. *Journal of Functional Foods*, v. 40, p. 498-509, Jan. 2018.

GHOSH, S.; KUNDU, P.; SAHA, M.; SAHU, N. C.; CHATTERJEE, J. K. **Comparative analysis of phenolic contents in litchi and pomelo fruit peel**. Journal of Krishi Vigyan, v. 7, p.18-23, 2018.

GONG, Y.; FANG, F.; ZHANG, X.; LIU, B.; LUO, H.; LI, Z.; ZHANG, X.; ZHANG, Z.; PANG, X. **B type and complex A/B type epicatechin trimers isolated from litchi pericarp aqueous extract show high antioxidant and anticancer activity**. International Journal of Molecular Sciences, v. 19, n. 1, p. 1-19, Jan. 2018.

GUO, H.; LUO, H.; YUAN, H.; XIA, Y.; SHU, P.; HUANG, X.; LU, Y.; LIU, X.; KELLER, E. T.; SUN, D.; DENG, J.; ZHANG, J. **Litchi seed extracts diminish prostate cancer progression via induction of apoptosis and attenuation of EMT through Akt/GSK-3beta signaling**. Scientific Reports, v.7, p.1-13, Jan. 2017.

HABIBI, F.; RAMEZANIAN, A.; GUILLEN, F.; CASTILLO, S.; SERRANO, M.; VALERO, D. **Changes in bioactive compounds, antioxidant activity, and nutritional quality of blood orange cultivars at different storage temperatures**. Antioxidants, v. 9, n. 10, p. 1-15, Oct. 2020.

HAJARE, S. N.; SAXENA, S.; KUMAR, S.; WADHAWAN, S.; MORE, V.; MISHRA, B. B.; NARAYAN, M.; GAUTAM, S.; SHARMA, A. **Quality profile of litchi (*Litchi chinensis*) cultivars from India and effect of radiation processing**. Radiation Physics and Chemistry, v. 79, n. 2, p.994-1004, Sep. 2010.

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, C.; AGUILAR, C. N.; RODRÍGUEZ-HERRERA, R.; FLORES-GALLEGOS, A. C.; MORLETT-CHÁVEZ, J.; GOVEA-SALAS, M.; ASCACIO-VALDÉS, J. A. **Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.): Nutritional and functional properties**. Trends in Food Science & Technology, v. 85, p. 201-210, Jan. 2019.

HERVALEJO, A.; ARJONA-LÓPEZ, J. M.; ORDÓÑEZ-DÍAS, J. L.; ROMERO-RODRÍGUEZ, E.; CALERO-VELÁZQUEZ, R.; MORENO-ROJAS, J. M.; ARENAS-ARENAS, F. J. **Influence of harvesting season on morphological and sensory quality, bioactive compounds and antioxidant activity of three late-season orange cultivars 'Barberina', 'Valencia Midknight' and 'Valencia Delta Seedless'**. Agronomy, v. 11, p. 1-13, Sep. 2021.

HUANG, F.; LIU, Y.; ZHANG, R.; DONG, L.; YI, Y.; DENG, Y.; WEI, Z.; WANG, G.; ZHANG, M. **Chemical and rheological properties of polysaccharides from litchi pulp**. International Journal of Biological Macromolecules, v. 112, p. 968-975, Jun. 2018.

IBRAHIM, S. R.; MOHAMED, G. A. **Litchi chinensis: medicinal uses, phytochemistry, and pharmacology**. Journal of Ethnopharmacology, v. 174, p. 492-513, Sep. 2015.

IRIONDO-DEHOND, M.; MIGUEL, E.; DEL CASTILLO, M. D. **Food byproducts as sustainable ingredients for innovative and healthy dairy foods**. Nutrients, v.10, n. 10, p. 1-24, Sep. 2018.

JAHIEL, M.; ANDREAS, C.; PENOT, E. **Experience from fifteen years of Malagasy lychee export campaigns**. Fruits, v. 69, n. 1, p.1-18, Jan. 2014.

JOGLEKAR, S. N.; PATHAK, P. D.; MANDAVGANE, S. A.; KULKARNI, B. D. **Process of fruit peel waste biorefinery: a case study of citrus waste biorefinery, its environmental impacts and recommendations**. Environmental Science and Pollution Research, v. 26, n. 34, p. 34713-34722, Dec. 2019.

KANLAYAVATTANAKUL, M.; OSPONDANT, D.; RUKTANONCHAI, U.; LOURITH, N. **Biological activity assessment and phenolic compounds characterization from the fruit pericarp of Litchi chinensis for cosmetic applications**. Pharmaceutical Biology, v. 50, n. 11, p. 1384-1390, Nov. 2012.

- KHAN, S. A.; LIU, L.; LAI, T.; ZHANG, R.; WEI, Z.; XIAO, J.; DENG, Y.; ZHANG, M. **Phenolic profile, free amino acids composition and antioxidant potential of dried longan fermented by lactic acid bacteria.** Journal of Food Science and Technology, v. 55, p. 4782-4791, Sep. 2018.
- KILARI, E. K.; PUTTA, S. **Biological and phytopharmacological descriptions of *Litchi chinensis*.** Pharmacognosy Reviews, v. 10, n. 19, p. 60-65, Jan. 2016.
- LAL, N.; PANDEY, S.; NATH, V.; AGRAWAL, V.; GONTIA, A.; SHARMA, H. **Total phenol and flavonoids in by-product of Indian litchi: Difference among genotypes.** Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, v. 7, p. 2891-2894, Apr. 2018.
- LEBAKA, V. R.; WEE, Y. J.; YE, W.; KORIVI, M. **Nutritional composition and bioactive compounds in three different parts of mango fruit.** International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 18, n. 2, p. 1-20, Jan. 2021.
- LI, J.; JIANG, Y. **Litchi flavonoids: Isolation, identification and biological activity.** Molecules, v. 12, n.4, p. 745-758, Apr. 2007.
- LI, L.; XU, J.; MU, Y.; HAN, L.; LIU, R.; CAI, Y.; HUANG, X. **Chemical characterization and anti-hyperglycaemic effects of polyphenol enriched longan (*Dimocarpus longan* Lour.) pericarp extracts.** Journal of Functional Foods, v. 13, p. 314-322, Mar. 2015.
- LIU, C.; YAN, X.; YANG, Z.; CHEN, Y.; LU, F.; GUAN, X.; HUANG, D. Y. **Antioxidant capacity and contents of polyphenols in pericarps and stones of *Dimocarpus longan*.** Food Science & Technology, v. 39, p. 203-211, 2014.
- LOURITH, N.; KANLAYAVATTANAKUL, M.; CHAIKUL, P.; CHANSRINIYOM, C.; BUNWATCHARAPHANSAKUN, P. **In vitro and cellular activities of the selected fruits residues for skin aging treatment.** Anais da Academia Brasileira de Ciência, v. 89, p. 577-589, May 2017.
- LYU, Q.; KUO, T. H.; SUN, C.; CHEN, K.; HSU, C. C.; LI, X. **Comprehensive structural characterization of phenolics in litchi pulp using tandem mass spectral molecular networking.** Food Chemistry, v. 282, p. 9-17, Jun. 2019.
- MAHMOOD, K.; FAZILAH, A.; YANG, T. A.; SULAIMAN, S.; KAMILAH, H. **Valorization of rambutan (*Nephelium lappaceum*) by-products: Food and non-food perspectives.** International Food Research Journal, v. 25, n. 3, p. 890-902, Apr. 2018.
- MAJERSKA, J.; MICHALSKA, A.; FIGUEL, A. **A review of new directions in managing fruit and vegetable processing by-products.** Trends in Food Science & Technology, v. 88, p. 207-219, Jun. 2019.
- MISHRA, D. S.; CHAKRABORTY, B.; RYMBAL, H.; DESHMUKH, N. **Longan (*Dimocarpus longan* Lour).** In: Breeding of underutilized fruit crops part II. Arya Publishing House. Delhi, India. p. 255-272, 2018.
- MISTRIYANI, S.; ROHMAN, A. **Antioxidant activities of rambutan (*Nephelium lappaceum* L) peel in vitro.** Food Research, v. 2, p. 119-123, Sep. 2017.
- MONRROY, M.; ARAÚZ, O.; GARCÍA, J. R. **Active compound identification in extracts of *N. lappaceum* peel and evaluation of antioxidant capacity.** Journal of Chemistry, v. 2020, p. 1-14, Jan. 2020.

NHAT MINH PHUONG, N.; TRUNG LE, T.; QUAN DANG, M.; VAN CAMP, J.; RAES, K. (2020).

Selection of extraction conditions of phenolic compounds from rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) peel. Food and Bioproducts Processing, v. 122, p. 222-229, Jul. 2020.

OCICKA, B.; RAZNIEWSKA, M. **Food waste reduction as a challenge in supply chains management.** Logforum, v. 14, p. 549-561, Sep. 2018.

OLESEN, T.; MENZEL, C. M.; MCCONCHIE, C. A.; WILTSHIRE, N. **Experience from fifteen years of Malagasy lychee export campaigns.** Scientia Horticulturae, v. 156, p.93-98, Jan. 2013.

PARK, S. J.; PARK, D. H.; KIM, D. H.; LEE, S.; YOON, B. H.; JUNG, W. Y.; LEE, K. T.; CHEONG, J. H.; RYU, J. H. **The memory-enhancing effects of Euphoria longan fruit extract in mice.** Journal of Ethnopharmacology, v. 128, n. 1, p. 160-165, Mar. 2010.

PRAKASH, K.; BASHIR, K.; MISHRA, V. **Development of synbiotic litchi juice drink and its physicochemical, viability and sensory analysis.** Journal of Food Processing & Technology, v. 8, p. 1-6, Dec. 2017.

QINGBIN, G.; NIFEI, W.; HUANHUAN, L.; ZHENJING, L.; LAIFENG, L.; CHANGLU, W. **The bioactive compounds and biological functions of *Asparagus officinalis* L. A review.** Journal of Functional Foods, 65, p.1-12, Feb. 2020

QUEIROZ, E.; ABREU, C. M. P.; OLIVEIRA, K. S.; RAMOS, V.; FRÁGUAS, R. M. **Bioactive phytochemicals and antioxidant activity in fresh and dried lychee fractions.** Revista Ciência Agronômica, v. 46, n. 1, p.163-169, 2015.

QUEIROZ, E.; ABREU, C. M. P. ROCHA, D. A.; SOUSA, R. V.; FRÁGUAS, R. M. BRAGA, M. A.; CESAR, P. H. S. **Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) peel flour: effects on hepatoprotection and dyslipidemia induced by a hypercholesterolemic diet.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 90, n. 1, p. 267-281, Dec. 2018.

RAKARIYATHAM, K.; ZHOU, D.; RAKARIYATHAM, N.; SHAHIDI, F. **Sapindaceae (*Dimocarpus longan* and *Nephelium lappaceum*) seed and peel by-products: Potential sources for phenolic compounds and use as functional ingredients in food and health applications.** Journal of Functional Foods, v. 67, p. 1-21, Apr. 2020.

RENU, S.; SHACHI, A. **Litchi chinensis: Taxonomy, Botany and Its Cultivars.** In: Kumar, M., Kumar, V., Bhalla-Sarin, N. and Varma, A. **Lychee Disease Management Delhi, India.** p. 191-210, 2017.

REYES, A.; CASTILLO, J. F.; MONTIEL, R. G. C.; CARRILLO, M. L. **Phenolic content and antioxidant activity in litchi fruit (Sonn.) pericarp.** Jökull Journal, v. 66, p. 63-73, May 2016.

ROHMAN, A. **Physico-chemical properties and biological activities of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) fruit.** Research Journal of Phytochemistry, v. 11, n. 2, p. 66-73, 2017.

ROHMAN, A.; RIYANTO, S.; MISTRIYANI, S.; NUGR, A. **Antiradical activities of rambutan peel: Study from two cultivars.** Research Journal of Phytochemistry, v. 11, p. 42-47, Dec. 2016.

ROMELLE, F. D.; RANI, A. P.; MANOHAR, R. S. **Chemical composition of some selected fruit peels.** European Journal of Food Science and Technology, v. 4, n. 4, p. 12-21, Sep. 2016

SAHNI, R. K.; KUMARI, S.; KUMAR, M.; KUMAR, M.; KUMAR, A. **Status of litchi cultivation in India.** International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, v. 9, n. 4, p.1827-1840, Apr. 2020.

SARKAR, T.; NAYAK, P.; CHAKRABORTY, R. **Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) products and processing technologies: an Update.** Ambient Science, v. 5, p.11-16, Jul. 2018.

SEKAR, M.; JAFFAR, F.; ZAHARI, N.; MOKHTAR, N.; ZULKIFLI, N.; KAMARUZAMAN, R.; ABDULLAH, S. **Comparative evaluation of antimicrobial properties of red and yellow rambutan fruit peel extracts.** Annual Research and Review in Biology, v.4, p.3869-3874, Jul. 2014.

SHARHRAJABIAN, M. H.; SUN, W.; CHENG, Q. **Modern pharmacological actions of Longan fruits and their usages in traditional herbal remedies.** Journal of Medicinal Plants Studies, v. 7, n. 4, p. 179-185, Jun. 2019

SHARHRAJABIAN, M. H.; SUN, W.; KHOSHKHARAM, M.; CHENG, Q. **Rambutan, a tropical plant with ethno-pharmaceutical properties.** Agrocienca, v. 54, n. 1, p. 121-128, 2020.

SHARIFI, M.; BASHTANI, M.; NASERIAN, A.; FARHANGFAR, H. **Determination of chemical composition, mineral content, antioxidant capacity and rumen degradability in various varieties of wasted date palm.** Italian Journal of Animal Science, v. 16, n. 3, p. 507-514, Feb. 2017.

SHIRAHIGUE, L. D.; CECCATO-ANTONINI, S. R. **Agro-industrial wastes as sources of bioactive compounds for food and fermentation industries.** Ciência Rural, v. 20, n. 4, p. 1-17, 2020.

SILVA, C. R.; GOMES, T. F.; ANDRADE, G. C.; MONTEIRO, S. H.; DIAS, A. C.; ZAGATTO, E. A.; TORNISIELO, V. L. **Banana peel as an adsorbent for removing atrazine and ametryne from waters.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.61, n. 10, p. 2358-2363, Jan. 2013.

SILVA, J. S.; ORTIZ, D. W.; GARCIA, L. G. C.; ASQUIERI, E. R.; BECKER, F. S.; DAMIANI, C. **Effect of drying on nutritional composition, antioxidant capacity and bioactive compounds of fruits co-products.** Food Science and Technology, v. 40, n. 4, p. 810-816, Dec. 2020.

SINGH, B.; SINGH, J. P.; KAUR, A.; SINGH, N. **Phenolic composition, antioxidant potential and health benefits of citrus peel.** Food Research International, v. 132, p. 1-87, Jun. 2020.

SIVAKUMAR, D.; ARREBOLA, E.; KORSTEN, L. **Postharvest decay control and quality retention in litchi (cv. McLean's Red) by combined application of modified atmosphere packaging and antimicrobial agents.** Crop Protection, v. 27, p. 1208-1214, Mar. 2008.

SRIVASTAVA, V.; VISWAKARMA, B.; DEEP, P.; AWASTHI, H.; VERMA, S.; VISHNOI, R. K. V., S. **A phytopharmacological review of *Litchi chinensis*.** International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research, v. 51, n. 1, p. 58-65, Aug. 2018.

SULERIA, H. A. R.; BARROW, C. J.; DUNSHEA, F. R. **Screening and characterization of phenolic compounds and their antioxidant capacity in different fruit peels.** Foods, v. 9, n. 9, p. 1-26, Sep. 2020.

SUN, J.; SHI, J.; JIANG, Y.; JUN X. S.; WEI, X. **Identification of two polyphenolic compounds with antioxidant activities in longan pericarp tissues.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 55, p. 5864-5868, Jun. 2007.

TAAK, P.; KOUL, B. **Phytochemistry and pharmacological properties of lychee (*Litchi chinensis* Sonn).** Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, v. 8, n. 10, p. 35-48, 2016.

TANG, Y. Y.; HE, X. M.; SUN, J.; LI, C. B.; LI, L.; SHENG, J. F.; XIN, M.; LI, Z. C.; ZHENG, F. J.; LIU, G. M.; LI, J. M.; LING, D. N. **Polyphenols and alkaloids in byproducts of longan fruits (*Dimocarpus longan* Lour.) and their bioactivities.** Molecules, v. 24, p. 1-16, Mar. 2019.

UE (2011). The provision of food information to consumers. Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council.

UPADHYAYA, D. C.; UPADHYAYA, C. P. **Bioactive compounds and medicinal importance of *Litchi chinensis*.** In: The Lychee Biotechnology, pp. 333-361, 2017.

USDA (2019). Litchis, raw. [Em linha]. Disponível em <<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169086/nutrients>>. [Consultado em 20.12.2021]

USDA (2019). Longans, raw. [Em linha]. Disponível em <<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169089/nutrients>>. [Consultado em 07.12.2021]

VARJANI, S. J.; PATEL, P. **Isolation, identification, and pharmacological activity of phytochemicals present in *Litchi chinensis*.** In: The Lychee Biotechnology, p. 395-403, 2017.

VINHA, A. F.; BARREIRA, J. C. M.; COSTA, A. S. G.; OLIVEIRA, M. B. P. P. **A New age for *Quercus* spp. fruits: review on nutritional and phytochemical composition and related biological activities of acorns.** Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, v. 15, p. 947-981, Aug. 2016.

VINHA, A. F.; MOREIRA, J.; BARREIRA, S. V. P. **Physicochemical parameters, phytochemical composition and antioxidant activity of the algarvian avocado (*Persea americana* Mill.).** Journal of Agricultural Science, v. 5, n.12, p.100-109, Nov. 2013.

WAN ISHAK, W. R.; HAMZAH, N.; RAHMANahman, A. N. **Nutritional and pharmacological properties of agro-industrial by-products from commonly consumed fruits.** Journal of Food Science & Technology, v. 3, p.396-416, 2018.

WANG, J.; GUO, D.; HAN, D.; PAN, X.; LI, J. **A comprehensive insight into the metabolic landscape of fruit pulp, peel, and seed in two longan (*Dimocarpus longan* Lour.) varieties.** International Journal of Food Properties, v. 23, n. 1, p. 1527-1539, Sep. 2020.

YANG, B.; JIANG, Y.; SHI, J.; CHEN, F.; ASHRAF, M. **Extraction and pharmacological properties of bioactive compounds from longan (*Dimocarpus longan* Lour.) fruit - A review.** Food Research International, v. 44, n. 7, p. 1837-1842, Aug. 2011.

YOSWATHANA, N.; ESHTIAGHI, M. N. **Optimization for subcritical water extraction of phenolic compounds from rambutan peels.** International Journal of Chemical and Molecular Engineering, v. 6, p. 323-327, 2013.

YUNUSA, A.; ABDULLAHI, N.; RILWAN, A.; ABDULKADIR, A.; DANDAGO, M. **DPPH radical scavenging activity and total phenolic content of rambutan (*Nephelium lappaceum*) peel and seed.** Food Science and Technology, v. 19, p. 774-779, Nov. 2018.

ZENG, Q.; XU, Z.; DAI, M.; CAO, X.; XIONG, X.; HE, S.; YUAN, Y.; ZHANG, M.; DONG, L.; ZHANG, R.; SU, D. **Effects of simulated digestion on the phenolic composition and antioxidant activity of different cultivars of lychee pericarp.** BMC Chemistry, v. 13, n. 27, p.1-10, Mar. 2019.

ZHANG, R.; KHAN, S. A.; LIN, Y.; GUO, D.; PAN, X.; LIU, L.; WEI, Z.; ZHANG, Y.; DENG, Y.; ZHANG, M. (2018). **Phenolic profiles and cellular antioxidant activity of longan pulp of 24 representative Chinese cultivars.** International Journal of Food Properties, v. 21, n. 1, p. 746-759, Jul. 2018.

ZHANG, X.; GUO, S.; HO, C. T.; BAI, N. **Phytochemical constituents and biological activities of longan (*Dimocarpus longan* Lour.) fruit: a review.** Food Science and Human Wellness, v. 9, n. 2, p. 95-102, Jun. 2020.

ZHAO, L.; WANG, K.; WANG, K.; ZHU, J.; HU, Z. **Nutrient components, health benefits, and safety of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.): A review.** Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, v. 19, n. 4, p. 2139-2163, Jun. 2020.

ZHU, X. R.; WANG, H.; SUN, J.; YANG, B.; DUAN, X. W.; JIANG, Y. M. **Pericarp and seed of litchi and longan fruits: constituent, extraction, bioactive activity, and potential utilization.** Journal of Zhejiang University Science-B (Biomedecine & Biotechnology), v. 20, p.503-512, May 2019.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA - Técnico em química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), bacharel em química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), licenciado em Química pela Universidade de Uberaba (2011), em ciências Biológicas (2021) e em física (2022) pela Faculdade Única. Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Docência do Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012), Especialista em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2021). Mestre (2015), Doutor (2018) e estágio pós-doutoral (2020-2022) pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Atualmente, vem atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (i) desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de resíduos químicos gerados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (ii) estudos de monitoramento de Contaminantes de Preocupação Emergente (CPE); (iii) desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (iv) aplicação de processos oxidativos avançados ($H_2O_2/UV-C$, $TiO_2/UV-A$ e foto-Fenton entre outros) para remoção de CPE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto para fins de reutilização; (v) estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CIE em diferentes matrizes aquáticas; (vi) educação ambiental e (vii) processos de alfabetização e letramento científico no ensino de ciências, química e biologia.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ações socioambientais 25, 28

Água 1, 2, 3, 4, 10, 11, 20, 21, 27, 28, 53, 69, 70, 73

Aproveitamento otimizado 17

Ateliê 17

Atividades biológicas 61, 64, 72

C

Campus sustentável 16

Coleta seletiva 25, 28

Copos descartáveis 20

D

Descarte 6, 7, 8, 9, 11, 12, 17, 29, 30

Desenvolvimento sustentável 6, 9, 11, 13, 15, 16, 30

Design 17, 18

Diodo Emissor de Luz (LED) 6, 7

Distribuidora de Recursos Hídricos (DRH) 1

E

Eficiência energética 6, 7, 8, 11, 12, 13

Energia elétrica 12, 21, 27

Engajamento 35, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 56, 57, 58

Extensão universitária 16

F

Fitoquímicos 62, 72, 74

Florianópolis 32, 33, 35, 37, 38, 39, 40, 42, 44

Frutas exóticas 61, 63, 69, 75

G

Garrafas 17

Gerenciamento de resíduos 6, 10, 14

Gestão ambiental 14, 15, 16

Gestão de programas 46

H

História pessoal 32

Holística 17

I

Iluminação pública 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 37

Inovação tecnológica 7

L

Lençol freático 1

Lichia (*Litchi chinensis*) 61, 64

Logística reversa 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 21

Longan (*Dimocarpus longan*) 62, 66

Lúdico 5

M

Marketing 16, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 57, 58, 59, 60, 63

Memória urbana 32, 33, 34, 35, 44

Mudanças climáticas 6, 8, 11, 12, 13

P

Plano de logística sustentável (PLS) 19

Poço artesiano 1, 2

Psicologia social 46, 49, 51, 57

R

Rambutã (*Nephelium lappaceum*) 67

Reaproveitamento 17, 21, 64, 68

Recursos energéticos 1

Recursos hídricos 1, 2, 4

Recursos naturais 1

Resíduos recicláveis 17

S

Saberes ambientais 16

Sustentabilidade 1, 6, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 18, 25, 30, 31, 49, 62, 75

Sustentável 6, 9, 11, 13, 15, 16, 17, 19, 30, 31, 56, 62, 70

T

Teoria da complexidade 47

U

Universidades 15

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Sustentabilidade:

Abordagem científica e
de inovação tecnológica



 **Atena**
Editora
Ano 2022

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Sustentabilidade:

Abordagem científica e
de inovação tecnológica



 **Atena**
Editora
Ano 2022