



LINHAÇA:

Perspectiva de Produção e Usos na
Alimentação Humana e Animal

João Pedro Velho
Alessandro Dal'Col Lúcio
(Organizadores)



LINHAÇA:

Perspectiva de Produção e Usos na
Alimentação Humana e Animal

João Pedro Velho
Alessandro Dal'Col Lúcio
(Organizadores)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

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

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

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa

Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Perspectiva de produção e usos na alimentação humana e animal

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: João Pedro Velho
Alessandro Dal'Col Lúcio

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P467 Perspectiva de produção e usos na alimentação humana e animal / Organizadores João Pedro Velho, Alessandro Dal'Col Lúcio. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-205-7

DOI 10.22533/at.ed.057212106

1. Alimentação. 2. Linho. 3. Linhaça. 4. Saúde I. Velho, João Pedro (Organizador). II. Lúcio, Alessandro Dal'Col (Organizador). III. Título.

CDD 613.2

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.

APRESENTAÇÃO

A linhaça (*Linum usitatissimum* L.) é um alimento de origem vegetal rico em ácidos graxos do tipo ômega-3, com quantidades elevadas de fibras, proteínas e compostos fenólicos. A maior parte da produção de linhaça é destinada às indústrias de óleo, além de ser de uso alimentar humano e animal, medicinal, cosmético ou como fibra, principalmente em indústrias têxteis. Considerando as vantagens da utilização do grão de linhaça na alimentação humana, bem como na dieta dos animais domésticos de modo a aumentar a quantidade de alimentos ofertados para alimentação humana com propriedades biofuncionais relatadas nos artigos científicos, e a disponibilidade de recursos físicos no Brasil (áreas agricultáveis), pesquisadores das regiões Sul e Sudeste do Brasil constituíram o grupo de pesquisa denominado “Cadeia Produtiva da Linhaça” <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/592086> em 2020, com três linhas de pesquisa, objetivando estudar a cadeia produtiva da linhaça, estimular a produção e utilizá-la na alimentação humana e animal, de modo que a população humana (sociedade) possa usufruir dos benefícios nutricionais, além da geração de divisas. Este Grupo de Pesquisa é integrado por docentes vinculados à diversas instituições de ensino e pesquisa do Brasil, a saber: Universidade Federal de Santa Maria, Escola Estadual Técnica Celeste Gobbato, Universidade Estadual de Maringá, Universidade do Estado de Santa Catarina, Instituto Federal Farroupilha – Campus de São Vicente do Sul, Universidade Federal de Viçosa, Centro Universitário IDEAU, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Universidade Estadual de Ponta Grossa e Universidade Federal de Santa Catarina.

Durante o ano de 2020, foram realizadas reuniões periódicas por esse Grupo de Pesquisa, para tratar da possibilidade de promover um evento que congregasse especialistas no cultivo do linho e produção da linhaça, bem como na sua utilização na alimentação humana e animal.

Apoiado pelos Programas de Pós-Graduação em Agronomia, em Agronegócios, em Ciência e Tecnologia dos Alimentos e em Agronomia – Agricultura e Ambiente da Universidade Federal de Santa Maria, e pelas instituições de ensino/pesquisa/extensão Escola Estadual Técnica Celeste Gobbato, Conselho Regional de Desenvolvimento Rio da Várzea - COREDE Rio da Várzea, Universidade Estadual de Maringá, Instituto Federal Farroupilha – Campus de São Vicente do Sul, Universidade do Estado de Santa Catarina, Universidade Federal de Viçosa, Centro Universitário IDEAU – Campus de Getúlio Vargas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Universidade Estadual de Ponta Grossa e Universidade Federal de Santa Catarina, com financiamento pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS, foi realizado em março de 2021 o I Workshop Sobre a Cadeia Produtiva da Linhaça. Os objetivos do evento foram compreender e estimular o desenvolvimento da Cadeia Produtiva da Linhaça no Brasil;

discutir os benefícios dos compostos bioativos presentes na linhaça e possibilitar a troca de informações técnico-científicas entre acadêmicos de ensino profissionalizante, de graduação e pós-graduação nas áreas das Ciências Agrárias, Ciências da Saúde e Ciências Sociais Aplicadas, para os profissionais, produtores e aqueles que estão envolvidos com a cadeia produtiva da linhaça.

Assim, os temas apresentados pelos pesquisadores convidados para o evento técnico-científico, juntamente com suas respectivas equipes de pesquisa, foram compilados e organizados para comporem esta obra, que tem o propósito de divulgar as informações nela contidas, contribuindo para o avanço no setor do agronegócio no qual o cultivo e produção da linhaça está inserida.

Alessandro Dal'Col Lúcio
Diego Nicolau Follmann
Tatiana Emanuelli
Volmir Sergio Marchioro
João Pedro Velho

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

HISTÓRICO, USOS E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA LINHAÇA

Alessandro Dal'Col Lúcio

Diego Nicolau Follmann

Tatiana Emanuelli

Volmir Sergio Marchioro

João Pedro Velho

DOI 10.22533/at.ed.0572121061

CAPÍTULO 2..... 10

EXPERIÊNCIAS COM O CULTIVO DE LINHAÇA EM SANTA CATARINA: ASPECTOS EDAFOCLIMÁTICOS E GENÉTICOS

Leosane Cristina Bosco

Carla Eloize Carducci

Ana Carolina da Costa Lara Fioreze

Letícia Salvi Kohn

Dislaine Becker

Ana Caroline Basniak Konkol

DOI 10.22533/at.ed.0572121062

CAPÍTULO 3..... 38

LINHAÇA: COMPOSIÇÃO, COMPOSTOS BIOATIVOS E EFEITOS FISIOLÓGICOS NA SAÚDE HUMANA

Regiane Lopes de Sales

Alexandre Vinco Pimenta

Neuza Maria Brunoro Costa

DOI 10.22533/at.ed.0572121063

CAPÍTULO 4..... 63

PROPRIEDADES FUNCIONAIS E FISIOLÓGICAS DA LINHAÇA

Rafaela de Carvalho Baptista

Roberto de Paula do Nascimento

Lívia Mateus Reguengo

Cibele Priscila Busch Furlan

Mário Roberto Maróstica Junior

DOI 10.22533/at.ed.0572121064

CAPÍTULO 5..... 95

UTILIZAÇÃO DA LINHAÇA NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS: REFLEXOS NA QUALIDADE DO LEITE E NA REPRODUÇÃO

Geraldo Tadeu dos Santos

Karoline de Lima Guimarães Yamana

Rodolpho Martin do Prado

Fabio Seiji dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.0572121065

CAPÍTULO 6.....	122
EFEITO DA LINHAÇA SOBRE OS COMPOSTOS BIOATIVOS DO LEITE BOVINO	
Francilaine Eloise de Marchi	
Luciano Soares de Lima	
DOI 10.22533/at.ed.0572121066	
SOBRE OS ORGANIZADORES	140

LINHAÇA: COMPOSIÇÃO, COMPOSTOS BIOATIVOS E EFEITOS FISIOLÓGICOS NA SAÚDE HUMANA

Data de aceite: 18/05/2021

Data de submissão: 10/05/2021

Regiane Lopes de Sales

Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio
Paranaíba
Rio Paranaíba – MG
<http://lattes.cnpq.br/8498699023722562>

Alexandre Vinco Pimenta

Universidade Federal do Espírito Santo,
Campus de Alegre
Alegre – ES
<http://lattes.cnpq.br/8658179567763257>

Neuza Maria Brunoro Costa

Universidade Federal do Espírito Santo,
Departamento de Farmácia e Nutrição,
Campus de Alegre
Alegre – ES
<http://lattes.cnpq.br/9592871700382838>

1 | INTRODUÇÃO

A linhaça ou semente do linho “*Linum usitatissimum L.*”, cujo significado traduzido do latim é “muito útil”, apresenta várias características que fazem jus ao seu nome. A planta foi cultivada inicialmente como fibra para fabricação de tecido, cordas e papéis, as sementes utilizadas para extração do óleo, usado na ração animal, na produção de tintas e lubrificantes (GOYAL et al., 2014;

AYDEMIR et al., 2018). O consumo da linhaça como alimento também remonta ao homem paleolítico, entretanto apenas no último século intensificaram as pesquisas sobre seu valor nutricional (SONI et al., 2016). A semente apresenta versatilidade culinária podendo ser consumida inteira ou moída, crua, torrada, utilizada em bolos, pães, biscoitos, sucos etc. e frações isoladas da semente têm sido utilizadas como nutracêuticos (PARIKH et al., 2019).

2 | COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL

A linhaça é uma das principais fontes de ácidos graxos ômega 3 do reino vegetal. Apresenta de 30 a 40% de lipídios, dos quais cerca de 60% são compostos de ácido alfa-linolênico (ômega 3); 15% de proteína; e 40% de carboidratos totais, dos quais apenas 1% a 2% estão na forma disponível, estando a maioria dos carboidratos na forma de fibras alimentares (Tabela 1).

Nutriente/ composto bioativo	Quantidade/ 100g	Nutriente/composto bioativo	Quantidade/100g
Carboidratos totais (g) ^a	43,3	Riboflavina (mg)	Tr
Carboidratos disponíveis (g)	9,81	Niacina (mg)	Tr
Proteína (g)	14,1	Piridoxina (mg)	0,13
Lipídio total (g)	32,3	Alfa-tocoferol (mg) ^c	552,0
Ácidos graxos saturados (g)	4,2	Cálcio (mg)	211,0
Ácidos graxos monoinsaturados (g)	7,1	Cobre (mg)	1,09
Ácidos graxos polinsaturados (g)	25,3	Magnésio (mg)	347
Ácido alfa- linolênico (g)	19,81	Manganês (mg)	2,81
Ácido linoleico (g)	5,42	Fósforo (mg)	615
Fibra alimentar (g)	33,5	Potássio (mg)	869
Lignananas (mg) ^b	82 – 2.600	Sódio (mg)	9
Ácido ascórbico (mg)	Tr	Zinco (mg)	4,4
Tiamina (mg)	0,12	Ferro (mg)	4,7

^aValores incluem fibras

^bBassett *et al.* (2009)

^cValores em mg/kg de lipídio (Goyal *et al.*, 2014)

Tr = Traços

Tabela 1 – Composição química dos nutrientes e compostos fotoquímicos da linhaça

Fonte: TBCA (2020)

A linhaça contém 30% de fibras alimentares totais, das quais 75% são insolúveis e 25% solúveis, sendo as principais frações de fibra compostas de celulose, mucilagens e lignina (PARIKH *et al.*, 2018). É rica em vitamina E e vitaminas do complexo B. Potássio e fósforo são os minerais mais abundantes, que contém ainda ferro, zinco, manganês e carotenoides como luteína e violaxantina (DAUN *et al.*, 2003; TBCA, 2020).

É também uma das fontes alimentares mais ricas em lignanas, que são substâncias fenólicas, não calóricas, capazes de se ligar a receptores de estrógeno nas células, interferindo no metabolismo dele. A linhaça possui cerca de 80 vezes mais lignanas do que qualquer outro alimento (IMRAN *et al.*, 2015). O secoisolariciresinol diglicosídeo (SDG) é a principal substância presente e, em menor proporção, ácido glicosídeo cinâmico, ácido hidroximetilglutárico (HMGA), matairesinol e pinioresinol (TOURÉ & XUEMING, 2010, PARIKH *et al.*, 2018).

É encontrada em duas variedades, marrom e dourada, ambas com composição nutricional muito semelhante. Existe ainda uma terceira variedade, também dourada, conhecida como *linola*, que possui baixos níveis de ácidos graxos ômega 3. A linhaça dourada se adapta mais facilmente em climas frios, é cultivada em maior intensidade nos países europeus e América do Norte, a variedade marrom se adaptou em países de clima tropical, sendo cultivada na América do Sul, África e Ásia.

A linhaça apresenta ainda compostos com propriedades antinutricionais, como o tanino (80-82 EC/100 g), ácido fítico/fitato (1290-1440 mg/100 g) e o ácido oxálico/oxalato (290-310 mg/100 g) (PIMENTA et al., 2020). Entretanto, as quantidades presentes não representam risco para consumo humano. O consumo de 540 mg de SDG, equivalentes a 80 g de linhaça/dia por 6 meses também se mostrou segura para humanos (NOAEL) (DAUN et al., 2003; BILLINSKY et al. 2013). O tratamento térmico (MORAIS et al., 2011) e a germinação (PIMENTA et al., 2020) são sugeridos para inativar parte dos fatores antinutricionais.

Em virtude da sua composição nutricional, a linhaça é estudada como uma possível aliada na redução de risco de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). São reportados na literatura vários benefícios associados ao seu consumo regular, entre eles efeitos hipocolesterolemiantes (SAXENA & KATARE, 2014; KAWAKAMI et al., 2015; AKRAMI et al., 2018; PRASAD et al., 2020; HADI et al., 2020a), hipoglicemiante (HUTCHINS et al., 2013; ZHU et al., 2020; KUANG et al., 2020), anti-hipertensivo (URSONIU et al., 2016) anticancerígeno (DE SILVA & ALCORN, 2019; PAL et al., 2019; TANNOUS et al., 2020), antioxidante (BIAO et al., 2020), redutor da inflamação (BASHIR et al., 2019; ASKARPOUR et al., 2020; PALLA et al., 2020) e laxativo (PARIKH et al., 2019).

Os compostos bioativos responsáveis por todas essas ações são especialmente as lignanas, o ácido alfa-linolênico (ALA) e as fibras, que atuam por meio de diversos mecanismos, dos quais descreveremos a seguir:

2.1 Lignanas

As lignanas são conhecidas como fitoestrógenos, compostos conhecidos por exibir uma ampla gama de funções biológicas, incluindo atividades estrogênicas, cardioprotetoras, bem como antiestrogênicas, propriedades antioxidantes e anticarcinogênicas (BRITO & ZANG, 2019).

As lignanas vegetais SDG, matairesinol (MAT) e pinoresinol (PINO) são pobremente absorvidas diretamente, a maior parte é convertida por betaglicosidase bacteriana no cólon, em lignanas de mamíferos enterodiol (END) e enterolactona (ENL), que são, então, absorvidas e exercem ações estrogênicas, ou são excretadas (Figura 1). No fígado, sob ação de enzimas hepáticas, sofrem nova transformação metabólica, com atuação similar à dos estrogênios sintéticos (DE SILVA & ALCORN, 2019).

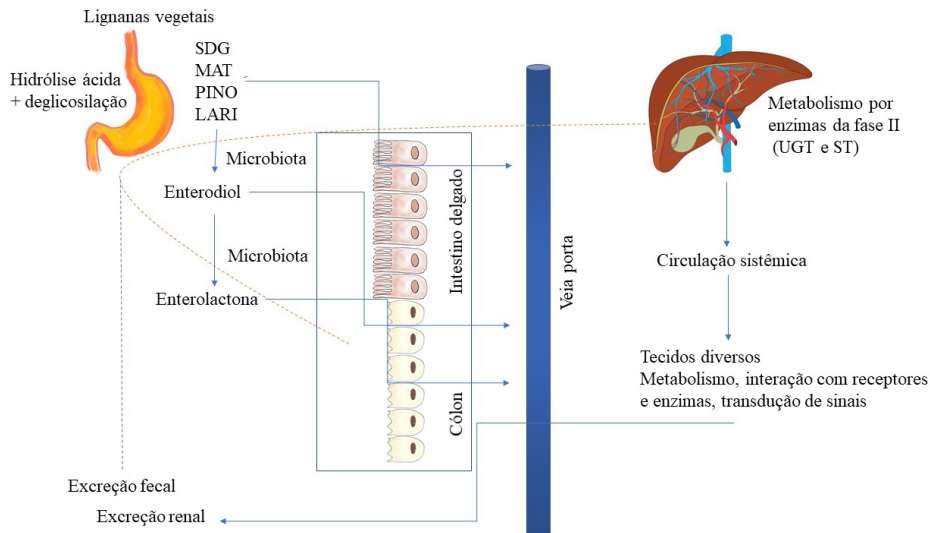


Figura 1. Metabolismo das lignanas vegetais. As lignanas vegetais SDG, MAT, PINO, LARI por seu conteúdo lipofílico podem ser absorvidas diretamente por absorção passiva, mas a maior parte sofre transformação pela microbiota, nas lignanas mamárias enterodiol e enterolactona, que são absorvidas no cólon. As lignanas caem na veia porta, sofrem metabolização pelas enzimas da fase II no fígado, uma parte é excretada via bile, caindo na circulação entero-hepática. Após entrarem na circulação sistêmica atingem tecidos diversos, interagindo com receptores, enzimas e transdução de sinais. Sofrem excreção renal ou fecal quando não absorvidas. Adaptado de KEPERMAN et al., (2010).

O enterodiol e enterolactona formados exercem então potentes efeitos antioxidantes nos tecidos onde se depositam, exercendo tanto ação antioxidante direta, estabilizando espécies reativas de oxigênio e radicais lipídicos, como ação indireta, por diferentes mecanismos que auxiliam o sistema antioxidante endógeno. Um desses mecanismos é a regulação da expressão de enzimas antioxidantes e enzimas da fase II de detoxificação. A enterolactona se mostrou capaz de ativar o fator nuclear eritróide 2 relacionado ao fator 2 (Nrf2), que é conhecido como regulador chave da resposta antioxidante do organismo (KIVELÄ et al., 2008). Por meio dessa ação antioxidante e anti-inflamatória, as lignanas atuam em diversos tecidos, reduzindo o risco de desenvolvimento de DCNT como câncer, diabetes, aterosclerose (RHEE & BRUNT, 2011; GOYAL et al., 2014; PARIKH et al., 2019). Estudos prévios mostram que a atividade antioxidante das enterolignanas é 4,5 a 5 vezes mais forte do que o da vitamina E (TOURÉ & XUEMING, 2010).

As lignanas podem ainda interferir no metabolismo hepático, intensificando a atividade de receptores de LDL, aumentando a remoção de LDL e VLDL (lipoproteína de muito baixa densidade) pelo hepatócito, modulando a ação da enzima acil-CoA colesterol transferase, o que pode contribuir para redução dos teores de LDL (PRASAD et al., 2020). Alguns estudos observaram que as lignanas podem exercer efeitos sobre a redução da trigliceridemia, na relação cintura-quadril (RCQ), na lipoproteína (a) [Lp(a)] e em alguns

marcadores inflamatórios como a proteína C reativa (PCR) (HALLUND et al., 2008; HADI et al., 2020b). As lignanas atuam ainda no metabolismo de ácidos biliares, aumentando a sua excreção e reduzindo a absorção de colesterol de origem alimentar (HADI et al., 2020a).

2.2 Ácido alfa-linolênico

A linhaça é a principal fonte dietética de ácido graxo alfa-linolênico (ALA), cuja concentração é de 60% dos lipídios totais (TBCA, 2020). O ALA é um ácido graxo essencial ao ser humano, precursor do ácido eicosapentaenoico (EPA) e do ácido docosaenoico (DHA), que são ácidos graxos da série ômega 3 de cadeia longa, encontrados em óleos de peixes de águas profundas e geladas. Esses ácidos graxos são precursores de eicosanoides anti-inflamatórios como prostaglandina E3 e F3 (PGE3 e PGF3), estão altamente associados à redução do risco de doenças cardiovasculares, pela prevenção de arritmias (ABDELHAMID et al., 2018; WATANABE & TATSUNO, 2020) diminuição da concentração de lipídios plasmáticos, da glicemia (O'MAHONEY et al., 2018), da pressão arterial (BERCEA et al., 2021), da agregação plaquetária e da inflamação (CALDER, 2001; OIKONOMOU et al., 2019). Cerca de 10% do ALA é metabolizado no nosso organismo em EPA e 1% em DHA (BACKER et al., 2018).

O consumo de óleo de linhaça, ou ALA, reduz a síntese de TXA2, TXB2 e PGE2 e aumenta a concentração de prostanóides não inflamatórios, como PGE3 (YADAV et al., 2018). O ALA pode alterar a produção de eicosanoides e as suas funções por vários mecanismos. SALE-GHADIMI et al. (2020) verificaram que o consumo de óleo de linhaça foi capaz de reduzir os metabólitos do ácido araquidônico nas membranas de eritrócitos de indivíduos com doença cardiovascular, alteração essa capaz de impactar a agregação plaquetária e trombose, pressão arterial, reduzindo os riscos cardiovasculares.

A maior parte do ALA é metabolizada em compostos di-hidroxiados que exercem atividades anti-inflamatórias e anti-agregatórias e podem ser responsáveis pela maioria dos efeitos do ALA (GUICHARDANT et al., 2019). O incremento da dieta com doses maiores de ALA também pode provocar redução de moléculas de adesão e proteínas da fase aguda da inflamação (RAHIMLOU et al., 2019). O ALA parece exercer efeitos anti-inflamatórios via ativação do receptor gama de proliferação ativada do peroxissomo (PPAR-gama). Diminui, ainda, a PCR sérica e as moléculas de adesão celular, incluindo molécula 1 de adesão celular, molécula 1 de adesão intercelular, selectina E, TNF- α e IL-6 (YADAV et al., 2018; ZHU et al., 2020).

2.3 Fibras

Dietas com baixo teor de fibras estão associadas a muitas doenças crônicas, incluindo a doença inflamatória intestinal, doença cardíaca, obesidade, diabetes e câncer colorretal. O incremento de fibras alimentares na dieta, oriundas de alimentos integrais, frutas e verduras é capaz de reduzir consideravelmente o risco dessas doenças crônicas.

TREAPLETON et al. (2013) concluíram em meta-análise, que o aumento de 7g de fibras na dieta é capaz de reduzir 9% de risco de doença cardiovascular e doença coronariana.

A linhaça é rica em fibras, 100g da semente contém cerca de 20g de fibras solúveis e 9g de fibras insolúveis, presentes principalmente na casca (PARIKH et al., 2019). O seu conteúdo de fibra a torna um complemento ideal para uma dieta balanceada voltada para o reduzido risco dessas doenças crônicas.

Evidências sugerem que as fibras solúveis se ligam aos ácidos biliares e ao colesterol durante a formação de micelas intraluminares (NAUMANN et al., 2020), o que resulta em menor conteúdo de colesterol nas células hepáticas, levando à regulação positiva nos receptores de LDL e aumentando a depuração de colesterol LDL (EVANS, 2020). Entretanto, o aumento da excreção dos ácidos biliares é um dos principais mecanismos, mas não é suficiente para a redução do colesterol total observada. Outro mecanismo proposto inclui inibição da síntese hepática de ácidos graxos por produtos da fermentação (ácidos graxos de cadeia curta [AGCC] como acetato, butirato, propionato) (NISHINA et al., 1990), alteração na motilidade intestinal (SUN et al., 2020), aumento da viscosidade diminuindo a absorção de macronutrientes (KRISTENSEN et al., 2012), o que leva ao aumento da sensibilidade à insulina, aumento da saciedade e menor ingestão calórica (BURTON-FREEMAN, 2000).

A produção de ácidos graxos de cadeia curta pelas fibras solúveis, principalmente o propionato, pode agir como fator anti-inflamatório por vários mecanismos, especialmente pela redução da expressão do gene relacionado ao TNF- α (AL-LAHHAN & REZAEI, 2019). Recente meta-análise concluiu que uma dieta rica em fibras solúveis é capaz de aumentar os efeitos das estatinas, sendo possível complementar a monoterapia com estatinas, na redução da dose prescrita, reduzindo efeitos colaterais e melhorando a tolerabilidade ao medicamento (SOLIMAN, 2019).

Já a fibra insolúvel, reduz a resistência à insulina, é útil no tratamento da constipação e ajuda a manter a saúde geral do intestino com o aumento do volume das fezes e a normalização do tempo de trânsito intestinal (SUN et al., 2020).

3 | EFEITOS FISIOLÓGICOS DO CONSUMO DE LINHAÇA

3.1 Perfil lipídico

AFZAL et al. (2020) analisaram a incorporação de farinha de linhaça (10%) e a inclusão de extrato etanólico de linhaça (5%) em ratos com uma dieta hipercolesterolemia. Os ensaios de bioavaliação revelaram redução de 13,10% do colesterol sérico sobre o fornecimento do extrato de linhaça e redução de 7,85% utilizando a farinha de linhaça na dieta. Além disso, foi relatada redução na LDL (14,28%) com a suplementação de extrato de linhaça, sendo que a intervenção baseada em extrato de linhaça mostrou uma maior bioeficácia para lidar com a hipercolesterolemia em comparação com a farinha de linhaça.

NAIK et al. (2018) relataram que ratos suplementados com 7,5 g de linhaça/kg/dia

durante 90 dias tiveram redução significativa nos níveis de colesterol total, triacilgliceróis, LDL, HDL, juntamente com enzimas antioxidantes celulares como catalase, superóxido dismutase, glutatona peroxidase, glutatona redutase e glutatona S transferase.

Em pacientes submetidos à aférese de lipoproteína para hiperlipidemia grave, a suplementação de um biscoito enriquecido com linhaça (28 g/dia) promoveu redução consistente e significativa nos níveis de colesterol total e LDL. Por outro lado, não houve efeito significativo da linhaça nas concentrações de lipoproteína A, proteína C reativa e interleucina 6 (KANIKOWSKA et al., 2020).

Vários outros trabalhos têm mostrado de forma consistente a melhoria do perfil lipídico de humanos após o consumo regular de linhaça (EDEL et al., 2015; AKRAMI et al., 2018; SOLTANIAN & JANGHORBAN, 2018), principalmente quando os valores plasmáticos de colesterol total, LDL e TG estão elevados (PRASAD et al., 2020). Em uma meta-análise recente, baseado em 62 trabalhos clínicos randomizados, HADI et al (2020a), relatam que a linhaça é capaz de reduzir o colesterol total, LDL e TG principalmente de indivíduos não saudáveis com valores iniciais altos desses lipídios. O consumo de linhaça também parece ser eficaz para redução de lipoproteína (a) em indivíduos hipercolesterolêmicos em cerca de 15% dos valores iniciais (ARJMANDI et al., 1998; BLOEDON et al., 2008; HADI et al., 2020b).

Mais trabalhos precisam ser realizados para identificar a dose-resposta capaz de promover esses benefícios, entretanto a maioria dos estudos foi realizada com 30 a 40 g de linhaça/dia (PATADE et al., 2008; WU et al., 2010; KATARE et al., 2013; SAXENA & KATARE, 2014; TORKAN et al., 2015; EDEL et al., 2015, YARI et al., 2020).

Trabalhos realizados com o óleo de linhaça e a linhaça desengordurada também foram realizados para avaliar a alteração no perfil lipídico (STUGLIN & PRASAD, 2005; HALLUND et al., 2006; KAWAKAMI et al., 2015; MIRFATAHI et al., 2016; AKRAMI et al., 2018) com resultados mais discretos, evidenciando que a linhaça integral seria mais eficaz que os seus componentes isolados (HADI et al., 2020b; PRASAD et al., 2020). Para humanos, a dosagem de farinha de linhaça desengordurada, contendo SDG para reduzir a colesterolemia pode ser inviável de introduzir na dieta (HALLUND et al., 2006). Em meta-análise, PRASAD et al. (2020) concluem que o óleo de linhaça é eficaz em reduzir os lipídios plasmáticos quando fornece quantidades de ALA superiores a 25g/dia (cerca de 42g de óleo de linhaça/dia).

Embora a redução no perfil lipídico não seja muito pronunciada (de 7 a 15% na fração LDL e colesterol total respectivamente), os compostos bioativos da linhaça atuam em outros mecanismos, reduzindo o risco de doenças cardiovasculares, como redução do processo inflamatório e da pressão arterial descritos posteriormente.

3.2 Agregação plaquetária e processo inflamatório

O estudo de MORSHEDZADEH et al. (2019) avaliou o possível efeito da linhaça (30 g/dia) e do óleo de linhaça (10 g/dia) nos níveis de marcadores inflamatórios no soro, parâmetros metabólicos e a gravidade da doença em pacientes com colite ulcerativa. Comparando-se a alteração das variáveis, houve diminuição significativa na calprotectina fecal, escore de Mayo, taxa de sedimentação de eritrócitos, INF- γ , IL-6, circunferência da cintura, pressão arterial diastólica e sistólica e um aumento significativo no escore TGF- β e no Escore de Questionário-Curto da Doença Inflamatória Intestinal em comparação com o controle. Não houve diferença entre os grupos linhaça e óleo de linhaça, exceto o TGF- β , concluindo que tanto o óleo de linhaça quanto a linhaça atenuam marcadores inflamatórios, a gravidade da doença, pressão arterial e circunferência da cintura.

PALLA et al. (2020) avaliaram a base farmacológica para o uso medicinal de linhaça em doenças inflamatórias intestinais. Extratos brutos aquosos-etanoicos de linhaça e óleo de linhaça foram testados contra colite induzida por ácido acético em camundongos. O óleo de linhaça foi mais eficaz na redução da mortalidade e úlceras coloniais do que o extrato, já o extrato foi mais eficaz no aumento do teor de mucina, apresentando um efeito anti-inflamatório ligeiramente maior e redução da profundidade da lesão. Os resultados deste estudo sugeriram que a linhaça possui ação anti-inflamatória, antibacteriana e antiespasmódica através de múltiplas vias e, portanto, oferece potencial promissor a ser desenvolvido para controle da doença inflamatória intestinal.

BASHIR et al. (2019) avaliaram o efeito da suplementação de óleo de linhaça nos macrófagos de tecido adiposo, resolvinas E e D e inflamação do tecido adiposo em camundongos por 4 semanas. O estudo mostrou que a suplementação levou a níveis aprimorados de ácido eicosapentaenoico e docosaenoico, resolvinas da série E e D, interleucinas 4 e 10 e arginase 1, juntamente com a infiltração de células imunes alteradas e expressão reduzida de NF- κ B. Segundo os autores, a suplementação suprime a infiltração de células imunes no tecido adiposo e altera o fenótipo de tecido adiposo para o estado anti-inflamatório através do aprimoramento das resoluções da série E e D, expressão arginase 1 e nível de citocinas anti-inflamatórias (IL-4 e IL-10), levando à amenização da resistência à insulina em camundongos suplementados com óleo de linhaça.

Alguns trabalhos demonstraram redução do processo inflamatório (BARANOWSKI et al., 2012; BOWERS et al., 2019; MORSHEDZADEH et al., 2019) e menor agregação plaquetária (NANDISH et al., 2020); após o consumo de óleo de linhaça e de linhaça em grão. Como citado anteriormente, o EPA produzido a partir de ALA pode inibir a produção ou a conversão dos metabólitos do AA, que são pró-inflamatórios. E, metabólitos di-hidroxiados do ALA também exercem atividades anti-inflamatórias e reduzem a agregação plaquetária (GUICHARDANT et al., 2015). A linhaça em grão parece ser mais eficaz na redução dos marcadores inflamatórios, pela junção dos nutracêuticos (fibra solúvel, ALA e

lignanás).

Os marcadores inflamatórios, no entanto, sofrem grande variabilidade, dependendo do tipo de tratamento/dieta, índice de massa corporal (IMC), idade, estilo de vida, histórico genético, dificultando a compreensão do comportamento desses parâmetros (ASKARPOU et al., 2020). RAHIMLOU et al. (2019), em meta-análise recente concluíram que indivíduos que apresentam valores elevados de CRP, TNF- α , IL-6, ou seja, uma inflamação ativa, apresentam reduções desses parâmetros de forma mais expressiva, com o consumo da linhaça ou seus derivados.

3.3 Pressão arterial

110 pacientes com hipertensão foram recrutados para receber uma variedade de alimentos (*bagels*, *muffins*, pães, massas e biscoitos) que continham 30 g de farinha de linhaça/dia durante um ano. No ensaio clínico, a linhaça dietética gerou uma redução na pressão arterial sistólica e diastólica. As oxilipinas foram implicadas como potenciais mediadores mecanísticos, os dados apoiam várias oxilipinas específicas como mediadores potenciais nas propriedades anti-hipertensivas da semente de linhaça, sendo que a linhaça induziu uma diminuição em muitas oxilipinas, o que correspondeu a um risco reduzido da pressão arterial elevada. Esses dados apoiam o uso de linhaça dietética para o manejo da hipertensão em pacientes que tomam medicamentos anti hipertensivos e ainda permanecem com a pressão arterial descontrolada (CALIGIURI et al., 2016).

Foi realizado um estudo com 80 pacientes hiperlipidêmicos e hipertensos que receberam 36 g de linhaça durante 8 semanas. Foi encontrada redução significativa em índices antropométricos (circunferência da cintura e relação cintura-quadril) e perfis lipídicos (triacilglicerol, colesterol total e LDL) dentro do grupo de linhaça em comparação com o grupo placebo. Com base nesses efeitos benéficos da linhaça sobre fatores de risco cardiovasculares, parece que o consumo de linhaça pode ser considerado como uma abordagem terapêutica útil para pacientes hipertensos (HAGHIGHATSIAR et al., 2019).

MODARRES et al. (2020) avaliaram 100 pacientes hipertensos que receberam pães contendo 30 g de linhaça por 14 semanas. Pressão arterial, circunferência abdominal e IMC foram medidos no início, sétima semana e no final do estudo. A linhaça reduziu significativamente a pressão arterial sistólica e diastólica, o IMC e a circunferência abdominal também apresentaram reduções significativas, contribuindo para o controle da pressão arterial dos indivíduos.

SALEH-GHADIMI et al. (2019) objetivaram investigar os efeitos do óleo de linhaça nos índices antropométricos e no perfil lipídico em pacientes com doença arterial coronariana. Os resultados indicaram que a suplementação com óleo de linhaça não teve impacto nos índices antropométricos, mas ao final da intervenção, a pressão arterial diastólica diminuiu significativamente, além disso, o nível de triacilglicerol também reduziu.

Trabalhos realizados com indivíduos normo e hipertensos, consumindo cerca de

30 g de linhaça por 10 semanas, identificaram queda na pressão arterial, principalmente na diastólica (RODRIGUES-LEYVA et al., 2013; SAXENA & KATARE, 2014; MACHADO et al., 2015). Entretanto, esse resultado não foi encontrado por HAGHIGHATSIAR et al (2019), fornecendo 24 g de farinha de linhaça para indivíduos dislipidêmicos e hipertensos durante 8 semanas. Neste trabalho, outras variáveis sofreram reduções significativas que impactam na doença cardiovascular, como variáveis antropométricas e lipídios séricos, mas a pressão arterial não se alterou.

PIERCE et al. (2015) publicaram uma revisão sobre o efeito da linhaça na pressão arterial e discutiram alguns mecanismos propostos para esse efeito:

- O ALA pode ser responsável por grande parte do efeito, por meio da sua ação anti-inflamatória. O ALA reduz atividade da oxilipina epóxido hidrolase solúvel (responsável pela perda da vasodilatação em indivíduos hipertensos); outra oxilipina que reduz a ação com o consumo de linhaça é a oxilipina agregadora de neutrófilos;
- As lignanas presentes na linhaça, além do seu efeito antioxidante, podem inibir a enzima angiotensina I e ativar a guanilato ciclase;
- E por fim, os peptídeos ricos no aminoácido arginina (precursor do óxido nítrico) auxiliam na vasodilatação. Os autores discutem vários trabalhos comprovando cada mecanismo, que em conjunto podem auxiliar na redução da pressão arterial sistólica e diastólica.

O estudo mais bem delineado sobre a redução da pressão arterial proporcionada pelo consumo da linhaça (FLAX-PAD trial), foi um estudo prospectivo, duplo cego, com 110 pacientes hipertensos, consumindo 30 g de linhaça por 6 meses. Ao final do estudo, houve queda de 10 mmHg na pressão sistólica e 7 mmHg na pressão diastólica, para o grupo que consumiu linhaça.

KHALESI et al. (2015) relataram um mínimo 12 semanas de consumo crônico da linhaça necessário para se obter alguma alteração na pressão arterial, e que a linhaça integral, moída seria mais benéfica em relação ao consumo do óleo ou das lignanas para controle da pressão arterial.

3.4 Manutenção do peso e prevenção da síndrome metabólica

53 adultos com sobrepeso e obesos foram recrutados e randomizados para consumir biscoitos suplementados com farinha de linhaça desengordurada por 60 dias (aproximadamente 100 g/dia). Os resultados mostraram que o peso corporal, IMC, triacilglicerol e IL-6 do grupo que ingeriu a farinha de linhaça foram significativamente menores do que o do grupo controle, evidenciando que os biscoitos suplementados com farinha de linhaça têm efeito benéfico em indivíduos com sobrepeso e obesidade (KUANG et al., 2020).

Em um ensaio clínico controlado randomizado, 60 pacientes com síndrome

metabólica receberam óleo de linhaça (25 mL/dia) durante 7 semanas. Após este período, observou-se que o consumo de óleo de linhaça melhorou os níveis de soro IL-6, mas não teve efeito sobre o estresse oxidativo e o escore de coagulação em pacientes com síndrome metabólica. A ingestão de óleo de linhaça como a principal fonte de gordura dietética poderia melhorar o estado inflamatório entre os pacientes, no entanto, não foram observadas alterações significativas nos níveis séricos da capacidade antioxidante total e no escore de coagulação, mas no que diz respeito ao nível básico de inflamação em síndrome metabólica que leva a doenças cardiovasculares e diabetes *mellitus* tipo 2, o óleo de linhaça pode ser útil (AKRAMI et al., 2020).

YANG et al. (2020) investigaram os efeitos do polissacarídeo de linhaça no metabolismo lipídico e na microbiota intestinal em camundongos alimentados com dieta rica em gordura. O polissacarídeo reduziu efetivamente a glicose de jejum de soro, triacilglicerol total e níveis totais de colesterol. O acúmulo de gordura proveniente do consumo desse polissacarídeo impactou na microbiota intestinal em diferentes níveis taxonômicos, aumentando as proporções de substâncias benéficas e diminuindo a doença ou obesidade associada. Essas alterações foram altamente correlacionadas com a regulação dos níveis de expressão do metabolismo lipídico envolvendo genes no fígado, sugerindo que o polissacarídeo de linhaça pode ser usado como um prebiótico para reduzir o risco de síndrome metabólica, modulando a microbiota intestinal.

A combinação da linhaça com outros compostos bioativos presentes em outros tipos de alimentos também pode promover melhorias nos fatores que compõem a síndrome metabólica. É o caso da combinação com a hesperidina, um composto encontrado principalmente no mesocarpo de citrinos não maduros, como *grapefruit*, laranja, limão e tangerina.

YARI et al. (2020) compararam o efeito clínico da linhaça (30 g/dia) e hesperidina (1 g/dia) sozinhos e combinados em pacientes com síndrome metabólica e observaram que, o grupo linhaça mostrou melhora significativa nas concentrações de triacilgliceróis, insulina e, conseqüentemente, resistência à insulina, já a combinação de linhaça e hesperidina melhorou três dos cinco componentes da síndrome metabólica. Sendo que a coadministração de linhaça e hesperidina promoveu redução de 77% na prevalência de síndrome metabólica, enquanto a linhaça isolada promoveu 76% de redução e o grupo hesperidina 54%. Outro estudo de YARI et al. (2021) também observou que a administração combinada de linhaça e hesperidina em indivíduos com pré diabetes promoveu redução do peso, da circunferência da cintura, da pressão arterial, além de melhorias do perfil lipídico, índices aterogênicos, parâmetros de homeostase de glicose e biomarcadores inflamatórios.

OLIVEIRA et al. (2012) verificaram que o consumo diário de 70 g de linhaça promoveu redução da absorção lipídica, sendo apresentada menor disponibilidade energética. Os autores sugerem que a biodisponibilidade de nutrientes pode estar comprometida pela presença de fibras e estruturas celulares que não são rompidas durante o processo

digestivo, entretanto a duração do estudo não foi suficiente para verificar alteração no peso corporal.

Dietas hipolípídicas, ou com controle calórico, complementadas com linhaça foram benéficas na redução do peso corporal, obesidade central e pressão arterial (WU et al., 2010; EDEL et al., 2015).

Em estudos com animais os resultados em relação ao peso e composição são mais promissores: a redução da hipertrofia dos adipócitos, níveis de MCP-1 e infiltração de células T no tecido adiposo de ratos Zucker foram observados após dieta rica em óleo de linhaça (BARANOWSKI et al., 2012). E em outro estudo com camundongos consumindo 10% de SDG por 4 semanas, os pesquisadores relataram um aumento na expressão de adiponectina e menor acúmulo de gordura visceral (FUKUMITSU et al., 2008).

MOHAMMADI-SARTANG et al. (2017) realizaram uma revisão sistemática e meta-análise de 45 estudos clínicos randomizados sobre a linhaça e o controle de peso corporal, concluíram que o uso de linhaça inteira em doses ≥ 30 g/dia, intervenções de longo prazo (≥ 12 semanas) e estudos incluindo participantes com IMC mais alto (≥ 27 kg m²) tiveram efeitos positivos na composição corporal. A linhaça inteira é uma boa escolha para controle de peso, especialmente para redução de peso em participantes com sobrepeso e obesos.

3.5 Glicemia e níveis de insulina

Um estudo de RAYGAN et al. (2019) comparou os efeitos da suplementação de linhaça e óleo de peixe em parâmetros de risco cardiovascular em pacientes diabéticos com doença cardíaca coronariana. Os participantes receberam 1.000 mg de ácidos graxos ômega-3 do óleo de peixe ou 1.000 mg de ácidos graxos ômega-3 de óleo de linhaça ou placebo duas vezes por dia, durante 12 semanas. Observou-se redução significativa nos níveis de insulina após suplementação de óleo de linhaça e de óleo de peixe em comparação com o placebo. Além disso, também foi observada redução significativa na proteína C-reativa de alta sensibilidade e um aumento significativo da capacidade antioxidante total e no nitrito total após a ingestão dos óleos de linhaça e de peixe em comparação com o placebo. No geral, o estudo revelou os efeitos benéficos da suplementação do óleo de linhaça em perfis metabólicos, sugerindo que o efeito do óleo de linhaça na redução da insulina e no aumento da capacidade total de nitrito e antioxidante total é semelhante ao óleo de peixe, já reconhecido e amplamente utilizado para esses fins.

40 pacientes pré-diabéticos com sobrepeso receberam óleo de linhaça (duas cápsulas de 1000 mg por dia) por 14 semanas. Os resultados indicaram diminuição significativa do peso e do IMC. A insulina e a sensibilidade das células beta diminuíram significativamente no grupo da linhaça, quando comparadas com o placebo, entretanto, as alterações médias de sensibilidade e de resistência à insulina não foram significativas entre os grupos, sendo que uma suplementação de óleo de linhaça por 14 semanas pode melhorar o peso e o IMC sem efeito sobre índices glicêmicos e inflamatórios em pacientes

pré-diabéticos (HAJIAHMADI et al., 2020).

SOLTANIAN & JANGHORBANI (2018) avaliaram a administração de 20 g de linhaça/dia, adicionados em biscoitos, em pacientes constipados com diabetes tipo 2 e observaram que os escores dos sintomas de constipação intestinal, peso, IMC, glicemia plasmática de jejum, colesterol total, triacilgliceróis, LDL e HDL diminuíram significativamente do controle.

HASANIANI et al. (2019) introduziram o consumo diário de um iogurte enriquecido com 30 g de linhaça na dieta de pacientes com diabetes tipo 2 e observaram que houve redução significativa da hemoglobina A1c, nos perfis de triacilgliceróis, colesterol total e pressão arterial sistólica e diastólica. No entanto, não foi encontrada diferença significativa para os valores de LDL, HDL, peso corporal e circunferência da cintura.

O alto consumo de ácidos graxos saturados e poliinsaturados da série ômega 6 pode levar à resistência à insulina, principalmente por causa dos efeitos no músculo oxidativo. As alterações fisiológicas no fluxo metabólico induzido por alimentação rica em saturados mimetizam a reação verificada em pacientes dependentes de insulina. Entretanto, a substituição por ácidos graxos ômega 3 pode prevenir a resistência à insulina (HOLNESS et al., 2004; GOYAL et al., 2014).

ARMSTRONG et al. (1996) observaram que o aumento dos níveis de espécies reativas de oxigênio também pode danificar as células beta pancreáticas, por meio da peroxidação das membranas, o que resulta em produtos da peroxidação lipídica e altera a permeabilidade da célula, levando à hiperglicemia e diminuindo a tolerância à glicose. Esses resultados sugerem que a linhaça, pelo seu poder antioxidante, pode ser eficaz na redução da glicemia e melhoria da tolerância à glicose (PRASAD, 2001; RHEE & BRUNT, 2011).

25 ensaios clínicos randomizados foram revisados e analisados sistematicamente por MOHAMMADI-SARTANG et al. (2017) para verificar os efeitos do consumo de linhaça no controle glicêmico. A meta-análise sugeriu uma associação significativa entre a suplementação de linhaça e uma redução na glicose no sangue (diferença da média ponderada de 2,94 mg / dL), níveis de insulina (7,32 pmol / L) e índice HOMA-IR (*homeostasis model assessment*) (0,49) e um aumento no índice QUIKI (*quantitative insulin-sensitivity check index*) (0,019). Na análise de subgrupo, uma redução significativa em glicose no sangue, insulina e HOMA-IR e um aumento significativo no QUIKI foram encontrados apenas em estudos usando linhaça inteira, mas não óleo de linhaça e extrato de lignana.

3.6 Câncer

BUCKNER et al. (2019) examinaram os efeitos anti-oncológicos do óleo de linhaça estudando seus efeitos no crescimento de células cancerosas *in vitro*. O tratamento de uma variedade de linhagens de células cancerígenas com óleo de linhaça diminuiu o crescimento de forma dependente de doses, enquanto as linhagens celulares não malignas

mostraram pequenos aumentos no crescimento celular. O tratamento de melanoma murina B16-BL6 e células cancerígenas de mama MCF-7 com óleo de linhaça induziu apoptose conforme determinado por alterações na morfologia celular, fragmentação de DNA e/ou ativação de caspase. Além disso, o tratamento com óleo de linhaça também interrompeu a função mitocondrial nas células B16-BL6 e MCF-7. Esses resultados indicam que o óleo de linhaça pode inibir especificamente o crescimento de células cancerosas e induzir apoptose em algumas células cancerosas e sugere que tem mais potencial na terapia anticâncer.

CHIKARA et al. (2018) avaliaram o efeito da linhaça na tumorigênese pulmonar induzida pelo tabaco em camundongos. Os camundongos expostos foram alimentados com uma dieta 10% suplementada por linhaça por 26 semanas. Os camundongos alimentados com linhaça apresentaram redução da incidência de tumores pulmonares em comparação com o grupo controle. Além disso, os camundongos alimentados com linhaça apresentaram menor incidência de adenocarcinomas. Dados do RNA-Seq obtidos a partir de tumores normais de controle e camundongos alimentados com linhaça sugeriram que a ingestão de linhaça resultou em expressão diferencial de genes envolvendo sinalização de citocina mediada por inflamação (*IL-1, -6, -8, -9, e -12α*), metabolismo xenobiótico (vários *CYPs, GSTs* e *UGTs*), e vias de sinalização (AKT e MAPK) envolvidas na proliferação de células tumorais.

O estudo de DIKSHIT et al. (2017) demonstrou que uma dieta suplementada com linhaça fez com que tumores ovarianos na galinha fossem submetidos à apoptose, resultando em uma redução da carga tumoral, reduzindo a frequência e a gravidade do câncer de ovário.

HU et al. (2019) investigaram os efeitos *in vitro* do extrato de linhaça no crescimento e apoptose das células MCF-7 do câncer de mama humano. As células MCF-7 tratadas com extrato de linhaça mostraram uma diminuição dependente de dose na viabilidade celular. O extrato de linhaça induziu espécies de oxigênio reativo e a análise citométrica de fluxo demonstrou que os ácidos graxos de linhaça desencadearam apoptose das células MCF-7, o que também foi demonstrado pela perda do potencial da membrana mitocondrial e da reação em cascata de caspase. Assim, o extrato de linhaça regulamentou o crescimento das células MCF-7 e induziu a apoptose, sendo que, eventualmente, a linhaça poderia ser usada como suplemento dietético para prevenir o câncer de mama.

TANNOUS et al. (2020) investigaram o potencial efeito anti oncológico das lignanas de linhaça SDG, END e ENL em células de leucemia mieloide aguda (LMA) *in vitro* para decifrar o mecanismo molecular subjacente. As linhagens celulares AML (KG-1 e Monomac-1) e uma linhagem celular linfoblástica normal foram cultivadas e tratadas com as lignanas purificadas. A ENL foi considerada a lignana mais promissora, pois exibe uma dose seletiva significativa e efeito citotóxico dependente do tempo em ambas as linhagens celulares AML, ao contrário das células normais. Os efeitos citotóxicos observados foram atribuídos à indução da apoptose das células LMA com concentrações ENL crescentes.

A análise da expressão proteica confirmou a ativação da via apoptótica intrínseca após o tratamento ENL. Isso também foi acompanhado por um aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) intracelularmente. Este estudo demonstra que a ENL tem efeitos anticâncer promissores nas linhagens celulares LMA *in vitro*, promovendo a fragmentação do DNA e a via apoptótica intrínseca, destacando os a redução de riscos para o desenvolvimento de leucemia.

A presença de lignanas da linhaça e seu efeito estrogênico e antiestrogênico podem proteger contra a formação de alguns tipos de tumores dependentes de estrógeno, além de auxiliar na redução do processo de metástase, por reduzir a proliferação celular e a síntese de metabólitos carcinogênicos do estrógeno. Assim, o aumento da absorção e do metabolismo das enterolignanas pode oferecer maior proteção contra os cânceres dependentes de hormônio (CALADO et al., 2018; DA SILVA & ALCORN, 2019). Pesquisas em laboratórios mostraram que a linhaça inibe a formação de tumores de cólon, mama, pele e pulmão (KIVELÄ et al., 2008).

Vários trabalhos relatam aumento sérico e urinário de enterolignanas após consumo de linhaça ou do isolado de lignanas, que, em longo prazo, podem ajudar na redução do risco da carcinogênese de alguns tipos, como o câncer de mama (BUCK et al., 2011; GUGLIELMINI et al., 2011; RODRIGUES-LEYVA et al., 2013; LOWCOCK et al., 2013; CALADO et al., 2018).

As lignanas regulam a transcrição do Nrf2 com subsequente modulação do fator de transcrição NFκB e subsequentes vias oxidativas (BOWERS et al., 2019). As vias moleculares conectadas a estas e várias atividades antioxidantes contribuem para o controle de várias características do câncer, como células resistentes à morte, instabilidade e mutação do genoma, desregulando o metabolismo energético celular e outros (GOYAL et al., 2014).

CHAMBERLAND & MOON (2015) observaram que o ALA presente no óleo de linhaça foi capaz de prevenir a metástase de células do câncer de cólon, pela modulação da adesão celular e formação de colônias. Resultados semelhantes foram relatados por WIGGINS et al. (2015), em culturas de células do câncer de mama. Esses resultados sugerem que a linhaça pode ser, no futuro, um forte aliado em estratégias para redução de risco de alguns tipos de cânceres.

Tem sido descrita uma relação sinérgica entre o consumo de linhaça e o uso do medicamento tamoxifeno (para tratamento de câncer de mama), o consumo de linhaça pode auxiliar a redução das ondas de calor (efeito colateral provocado pelo tratamento) e possivelmente aumentar a eficácia do medicamento (CHEN et al., 2007; CALADO et al., 2018; LINDAHL et al., 2019).

3.7 Outros efeitos benéficos

XU et al. (2020) avaliaram o efeito de oligossacarídeos de linhaça (FOS) por 14 dias

em camundongos induzidos a desenvolver colite ulcerativa. Os resultados mostraram que o tratamento com FOS amenizou significativamente a colite pela diminuição do índice de atividade da doença, aumento do comprimento do cólon e melhoria da histologia colonial. O tratamento também regulou os marcadores críticos de tensões oxidativas, incluindo malonaldeído e mieloperoxidase. Além disso, FOS suprimiu significativamente os níveis de citocinas pró-inflamatórias, incluindo TNF- α , IL-6 e IL-1 β , e aumentou os de citocina anti-inflamatória IL-10. Os resultados de sequenciamento de alto rendimento do gene 16S rDNA indicaram que o tratamento com FOS aumentou a diversidade microbiana intestinal e inibiu a proliferação de bactérias relacionadas à inflamação. Também foi observado um aumento no total de ácidos graxos de cadeia curta. FOS também protegeu a barreira intestinal aumentando os níveis proteicos de Claudina1 e Ocludina, sendo que de maneira geral, o FOS atenuou a colite induzida modulando a microbiota intestinal e reparando a barreira intestinal, podendo ser considerado um agente anti-inflamatório promissor contra a inflamação intestinal.

Estudos clínicos emergentes sugerem que o óleo de linhaça pode ser uma intervenção eficaz para o manejo da depressão. O estudo de POORBAFERANI et al. (2020) foi realizado para avaliar o efeito da suplementação de óleo de linhaça (cápsula de óleo de linhaça de 1000 mg duas vezes por dia durante 10 semanas) no fator neurotrófico derivado do cérebro, e o estado psicológico em 60 mulheres com depressão. O estudo mostrou que a concentração de soro do fator neurotrófico derivado do cérebro aumentou significativamente após a intervenção em comparação, enquanto o escore total do inventário de depressão de Beck-II foi significativamente menor, mostrando que a suplementação de óleo de linhaça pode melhorar o estado depressivo em mulheres deprimidas, sendo que os achados deste estudo podem oferecer uma nova perspectiva para uma possível intervenção por fatores alimentares na depressão.

HAIDARI et al. (2020) estudaram o efeito da farinha de linhaça (30 g/dia) e mudanças no estilo de vida de 41 mulheres com síndrome do ovário policístico, durante 12 semanas. Após esse intervalo, a linhaça se mostrou eficaz em reduzir o peso corporal, concentração de insulina (HOMA-IR), triacilgliceróis, PCR, leptina, IL-6 e aumentou QUICKI, HDL e adiponectina, comparado com o momento anterior à intervenção, sendo um auxiliar no tratamento de mulheres com síndrome do ovário policístico.

AQEEL et al. (2019) investigaram a eficácia protetora do SDG presente na linhaça na nefrotoxicidade induzida por cloreto de mercúrio. A administração de SDG restaurou níveis normais de albumina e superóxido dismutase. Exame histológico dos rins confirmou que o pré-tratamento do SDG antes da indução reduziu significativamente seus efeitos patológicos, sugerindo que o SDG pode reduzir significativamente os perfis bioquímicos de danos renais, soros e tecidos causados pela nefrotoxicidade induzida. Assim, conclui-se que o SDG protege significativamente o rim contra o dano renal induzido pelo mercúrio, inibindo a formação de radicais livres. Desse modo, a linhaça e suas lignanas podem

oferecer benefícios à saúde e efeitos protetores da doença. Portanto, o uso de linhaça é mais eficaz na inibição do estresse oxidativo e este pode atuar como um agente protetor contra doenças crônicas como insuficiência renal, hiperlipidemia e diabetes.

SHIRVANI et al. (2019) investigaram o efeito do treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) e da suplementação de óleo de linhaça na irisina plasmática, nesfatina-1 e resistência em ratos machos. O óleo de linhaça reduziu significativamente os níveis de resistência plasmática e os níveis de irisina plasmática no grupo de suplementação foram superiores a todos os grupos. O programa HIIT com óleo de linhaça como modalidade pode criar um *crosstalk* metabólico entre músculo esquelético e tecidos adiposos e ter benefícios para a saúde, indicado pelo o efeito positivo do HIIT e do óleo de linhaça na melhoria da irisina plasmática, nesfatina-1 e resistência nos níveis. Provavelmente, essas mudanças são consideradas como mecanismos para aumentar o metabolismo e reduzir a síndrome metabólica em pacientes, e assim requerem mais pesquisas.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A linhaça é fonte de vários compostos bioativos distintos que apresentam efeitos tanto isolados como agregados. É uma das melhores fontes alimentares de ALA e lignanas, além de ser rica em fibras solúveis e peptídeos ricos em arginina e outros micronutrientes que tornam sua composição ímpar e de interesse para redução do risco das DCNT.

Na maioria dos estudos que demonstrou efeito benéfico da linhaça, foram utilizadas doses entre 20 e 50 g de linhaça/dia por 12 semanas, e por reunir todos os compostos bioativos, a farinha de linhaça, integral se mostrou superior ao óleo de linhaça ou a farinha desengordurada.

Individualmente, os efeitos na colesterolemia, pressão arterial, manutenção de peso corporal, glicemia e estresse metabólico não se mostraram muito pronunciados, entretanto em conjunto, podem representar um ganho significativo para redução do risco de DCNT.

Muitos trabalhos em modelos animais e humanos foram publicados, entretanto a dose eficaz e os efeitos com longo tempo de administração não estão totalmente elucidados, assim como os benefícios do óleo de linhaça, pelo seu alto teor de ALA, ou o consumo de farinha de linhaça desengordurada, pelo seu teor de SDG.

REFERÊNCIAS

ABDELHAMID, A.S. et al. Omega-3 fatty acids for the primary and secondary prevention of cardiovascular disease (review). **Cochrane Database of Systematic Review**, issue 7, 2018.

AFZAL, U. et al. Bioassessment of flaxseed powder and extract against hyperglycemia and hypercholesterolemia using Sprague Dawley rats. **Clinical Phytoscience**, v. 6, n. 1, p. 5, 2020.

AKRAMI, A. et al. A Comparative Study of the Effect of Flaxseed Oil and Sunflower Oil on the Coagulation Score, Selected Oxidative and Inflammatory Parameters in Metabolic Syndrome Patients. **Clinical Nutrition Research**, v. 9, n. 1, p. 63-72, 2020.

AKRAMI, A. et al. Comparison of the effects of flaxseed oil and sunflower seed oil consumption on serum glucose, lipid profile, blood pressure, and lipid peroxidation in patients with metabolic syndrome. **Journal of Clinical Lipidology**, v. 12, n. 1, p. 70-77, 2018.

AL-LAHHAN, S. REZAEI, F. Propionic acid counteracts the inflammation of human subcutaneous adipose tissue: a new avenue for drug development. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.27, p.645-652. 2019.

AQEEL, T. et al. Evaluation of protective efficacy of flaxseed lignan-Secoisolariciresinol diglucoside against mercuric chloride-induced nephrotoxicity in rats. **Molecular Biology Reports**, v. 46, n. 6, p. 6171-6179, 2019.

ARJMANDI, B. H. et al. Whole flaxseed consumption lowers serum LDL-cholesterol and lipoprotein(a) concentrations in post-menopausal women. **Nutrition Research**, v. 18, n. 7, p. 1203-1214, 1998.

ARMSTRONG, A.M. et al. The effect of dietary treatment on lipid peroxidation and antioxidant status in newly diagnosed noninsulin dependent diabetes. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 21, n. 5, p. 719-726, 1996.

ASKARPOUR, M. et al. Effect of flaxseed supplementation on markers of inflammation and endothelial function: A systematic review and meta-analysis. **Cytokine**, v. 126, p. 154922, 2020.

AYDEMIR, C. et al. The examination of vegetable and mineral oil based inks' effects on printing effects with diferente oils. **J Applied Biomaterials & Functional Materials**, v.16. n. 3, p.137-143, 2018.

BAKER, E. J. et al. Metabolism and functional effects of plant-derived ômega-3 fatty acids in humans. **Progress in Lipid Research**, v.64, p. 30-56, 2016.

BARANOWSKI, M. et al. Dietary flaxseed oil reduces adipocyte size, adipose monocyte chemoattractant protein-1 levels and T-cell infiltration in obese, insulin-resistant rats. **Cytokine**, v. 59, n. 3, p. 382-391, 2012.

BASHIR, S. et al. Alteration of adipose tissue immune cell milieu towards the suppression of inflammation in high fat diet fed mice by flaxseed oil supplementation. **PLoS One**, v. 14, n. 10, p. 0223070, 2019.

BASSETT, C.M.; RODRIGUEZ, L.; PIERRE, G.N. Experimental and clinical research findings on the cardiovascular benefits of consuming flaxseed. **Applied Physiology Nutrition and Metabolism**, v. 34, p. 965-974, 2009.

BERCEA, C.I. et al. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and hypertension: a review of vasodilatory mechanisms of docosahexaenoic acid and eicosapentaenoic acid. **British Journal of Pharmacology**, p. 1-18, 2021.

BIAO, Y. et al. Identification and characterization of antioxidant and immune-stimulatory polysaccharides in flaxseed hull. **Food Chemistry**, v. 315, p. 126266, 2020.

- BILLINSKY, J. et al. No evidence of hypoglycemia or hypotension in older adults during 6 months of flax lignin supplementation in a randomized controlled trial: a safety evaluation. **Pharmaceutical Biology**, v. 51, n. 6, p. 778-782, 2013.
- BLOEDON, L.T. et al. Flaxseed and cardiovascular risk factors: results from a double blind, randomized, controlled clinical trial. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 27, n. 1, p. 65-74, 2008.
- BOWERS, L. W. et al. The flaxseed lignan seoisolariciresinol diglucoside decreases local inflammation, suppresses NFkB signaling, and inhibits mammary tumor growth. **Breast Cancer Research and Treatment**, v.173, p.545-557, 2019.
- BRITO, A.; ZANG, Y. A review of lignan metabolism, milk enterolactone concentration, and antioxidant status of dairy cows fed flaxseed. **Molecules**, p. 24-41, 2019.
- BUCKNER, A. L. et al. Treatment with flaxseed oil induces apoptosis in cultured malignant cells. **Heliyon**, v. 5, n. 8, p. 02251, 2019.
- BURTON-FREEMAN, B. Dietary fiber and energy regulation. **The Journal of Nutrition**, v. 13, n. 2, p. 272-275, 2000.
- CALADO, A. et al. The effect of flaxseed in breast câncer: a literature review. **Frontiers in Nutrition**, v.5, n. 4, 2018.
- CALDER, P.C. Polyunsaturated fatty acids, inflammation, and immunity. **Lipids**, v. 36, n. 9, p. 1007-1024, 2001.
- CALIGIURI S. P. B. et al. Dietary flaxseed reduces central aortic blood pressure without cardiac involvement but through changes in plasma oxylipins. **Hypertension**, v. 68, n. 4, p. 1031-1038, 2016.
- CHAMBERLAND, J.P.; MOON, H.S. Down-regulation of malignant potential by alpha linolenic acid in human and mouse colon cancer cells. **Familial Cancer**, v. 14, n. 1, p. 25-30, 2015.
- CHEN, J. et al. Dietary flaxseed interaction with tamoxifen induced tumor regression in athymic mice with MCF-7 xenografts by downregulating the expression of estrogen related gene products and signal transduction pathways. **Nutrition and Cancer**, v. 58, n. 2, p. 162-170, 2007.
- CHIKARA, S. et al. Flaxseed consumption inhibits chemically induced lung tumorigenesis and modulates expression of phase II enzymes and inflammatory cytokines in A/J mice. **Cancer Prevention Research**, v. 11, n. 1, p. 27-37, 2018.
- DAUN, J. K. et al. Structure, composition, and variety development of flaxseed. In: Thompson, L.U.; Cunnane S.C. Flaxseed in human nutrition 2^a ed, 2003. Urbana: AOCs, 2003. p. 1-40.
- DA SILVA, S. F.; ALCORN, J. Flaxseed lignans as important dietary polyphenols for cancer prevention and treatment: Chemistry, pharmacokinetics, and molecular targets. **Pharmaceuticals**, v. 12, n. 2, p. 68, 2019.
- DIKSHIT, A.; HALES, K.; HALES, D. B. Whole flaxseed diet alters estrogen metabolism to promote 2-methoxestradiol-induced apoptosis in hen ovarian cancer. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 42, p. 117-125, 2017.

EDEL, A.L. et al. Dietary flaxseed independently lowers circulating cholesterol and lowers it beyond the effects of cholesterol-lowering medications alone in patients with peripheral artery disease. **The Journal of Nutrition**, 2015.

FUKUMITSU, S. Flaxseed lignan attenuates high-fat diet-induced fat accumulation and induces adiponectin expression in mice. **British Journal of Nutrition**, v. 100, p. 669-676, 2008.

GOYAL, A. et al. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. **Journal of Food Science Technology**, v. 51, n. 9, p. 1633-1653, 2014.

GUICHARDANT, M. et al. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and oxygenated metabolismo in atherothrombosis. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1851, n. 4, p. 485-495, 2015.

GUICHARDANT, M. et al. Biological relevance of double lipoyxygenase products of polyunsaturated fatty acids, especially within blood vessel and brain. **Biochimie**, v. 159, p. 55-58, 2019.

HADI, A. *et al.* Effect of flaxseed supplementation on lipid profile: An updated systematic review and dose-response meta-analysis of sixty-two randomized controlled trials. **Pharmacological Research**, 2020a.

HADI, A. et al. Impact of flaxseed supplementation on plasma lipoprotein (a) concentrations: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Phytotherapy Research**, v. 34, n. 7. P. 1599-1608, 2020b.

HAGHIGHATSIAR, N. et al. Effect of flaxseed powder on cardiovascular risk factor in dyslipidemic and hypertensive patients. **International Journal of Preventive Medicine**, v. 10, 2019.

H Aidari, F. et al. The effects of flaxseed supplementation on metabolic ovary syndrome: a randomized open-labeled controlled clinical trial. **Nutrition Journal**, v.19, n.1, p.8. 2029.

Hajiahmadi, S. et al. Effect of flaxseed oil on glycemic control and inflammatory markers in overweight adults with pre-diabetes: A double-blind randomized controlled clinical trial. **Journal of Herbal Medicine**, v. 24, p. 100387, 2020.

HAGIGHATSIAR, N. et al. Effect of flaxseed powder on cardiovascular risk fator in dyslipidemic and hypertensive patients. **International Journal of Preventive Medicine**, v. 10, 218, 2019.

HALLUND, J. et al. A lignan complex isolated from flaxseed does not affect plasma lipid concentrations or antioxidant capacity in healthy postmenopausal women. **Journal of Nutrition**, v. 136, n.1, p. 112-116, 2006.

HALLUND, J. et al. The effect of a lignin complex isolated from flaxseed on inflammation markers in healthy postmenopausal women. **Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases**, v. 18, n. 7, p. 497-502, 2008.

HASANIANI, N. et al. The effect of flaxseed enriched yogurt on the glycemic status and cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes mellitus: randomized, open-labeled, controlled study. **Clinical Nutrition Research**, v. 8, n. 4, p. 284-295, 2019.

- HOLNESS, M. J. et al. Acute w-3 fatty acid enrichment selectively reverses high-saturated fat feeding-induced insulin hypersecretion but does not improve peripheral insulin resistance. **Diabetes**, v. 53, n. 1, p. 166-171, 2004.
- HU, T. et al. Flaxseed extract induces apoptosis in human breast cancer MCF-7 cells. **Food and Chemical Toxicology**, v. 127, p. 188-196, 2019.
- HUTCHINS, A. M. et al. Daily flaxseed consumption improves glycemic control in obese men and women with pre-diabetes: a randomized study. **Nutrition Research**, v. 33, n. 5, p. 367-375, 2013.
- IMRAN, M. et al. Potential protective properties of flax lignan secoisolariciresinol diglucoside. **Nutrition Journal**, v. 14, 2015.
- KANIKOWSKA, D. et al. Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) Supplementation in Patients Undergoing Lipoprotein Apheresis for Severe Hyperlipidemia - A Pilot Study. **Nutrients**, v. 12, n. 4, p. 1137, 2020.
- KAWAKAMI, Y. et al. Flaxseed oil intake reduces serum small dense low-density lipoprotein concentrations in Japanese men: a randomized, double blind, crossover study. **Nutrition Journal**, v. 14, n. 1, p. 39, 2015.
- KEPERMAN, R. A. et al. Noval aproaches for analysing gut microbes and dietary polyphenols: challenges and opportunities. **Microbiology**, v. 156, p. 3224-3231, 2010.
- KIVELÄ, A. M. et al. Enterolactone Induces Heme Oxygenase-1 Expression through Nuclear Factor-E2-Related Factor 2 Activation in Endothelial Cells. **Journal of Nutrition**, v. 138, p. 1263–1268, 2008.
- KRISTENSEN, M. et al. Flaxseed dietary fibers lower cholesterol and increase fecal fat excretion, but magnitude of effect depend on food type. **Nutrition & Metabolism**, v. 9, n.8, 2012.
- KUANG, X. et al. Defatted flaxseed flour improves weight loss and lipid profile in overweight and obese adults: a randomized controlled trial. **Food & Function**, v. 11, n. 9, p. 8237-8247, 2020.
- LINDAHL, G. et al. Dietary flaxseed and tamoxifen affect the inflammatory microenvironment in vivo in normal human breast tissue of postmenopausal women. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 73, n. 9, p. 1250-1259, 2019.
- MACHADO, A. M. et al. Effects of brown and golden flaxseed on the lipid profile, glycemia, inflammatory biomarkers, blood pressure and body composition in overweight adolescents. **Nutrition**, v. 31, n. 1, p. 90-96, 2015.
- MIRFATAHI, M. et al. Effects of flaxseed oil on serum lipids and lipoproteins in hemodialysis patients. **Iranian Journal of Kidney Diseases**, v. 10, n. 6, p. 405-412, 2016.
- MOHAMMADI-SARTANG, M. et al. Flaxseed supplementation on glucose control and insulin sensitivity: a systematic review and meta-analysis of 25 randomized, placebo-controlled trials. **Nutrition Review**, v. 76, n. 2, p. 125-139.
- MORAIS, D. C. et al. Heat treatment and thirty-day storage period do not affect the stability of Omega-3 fatty acid in brown flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) whole flour. **Food and Nutrition Sciences**, v. 2, n. 4, p. 281-286, 2011.

- MORSHEDZADEH, N. et al. Effects of flaxseed and flaxseed oil supplement on serum levels of inflammatory markers, metabolic parameters and severity of disease in patients with ulcerative colitis. **Complementary Therapies in Medicine**, v. 46, p. 36-43, 2019.
- MODARRES M. M. et al. Comparison of The Effect of Breads Containing Milled Sesame or Flaxseed on Blood Pressure of Patient in Stage I Hypertension. **Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences**, v. 28, n. 10, p. 3153-3163, 2020.
- NANDISH, S. K. M. et al. Flaxseed cysteine protease exhibits Strong anticoagulante, antiplatelet, and clot-dissolving properties. **Biochemistry**, v.85, n.9, p. 113-1126, 2020.
- NAIK, H. S. et al. Supplementation of whole grain flaxseeds (*Linum usitatissimum* L.) along with high cholesterol diet and its effect on hyperlipidemia and initiated atherosclerosis in Wistar albino male rats. **Veterinary World**, v. 11, n. 10, p. 1433, 2018.
- NAUMANN, S. *et al.* Mechanisms of interactions between bile acids and plants compounds - a review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, p. 64-95, 2020.
- NISHINA, P. M.; FREEDLAND, R. A. The effects of dietary fiber feeding on cholesterol metabolism in rats. **Journal of Nutrition**, v. 120, n. 7, p. 800-805, 1990.
- O'MAHONEY, L. L. et al. Omega-3 polyunsaturated fatty acids favorably modulate cardiometabolic biomarkers in type 2 diabetes: a meta-analysis and meta-regression of randomized controlled trials. **Cardiovascular Diabetology**, v. 17, n. 1, p. 98, 2018.
- OIKONOMOU, E. et al. Effects of ômega-3 polyunsaturated fatty acids on fibrosis, endothelial function and myocardial performace, in ischemic heart failure patients. **Clinical Nutrition**. V.38, n.3, p. 1188-1197, 2019.
- OLIVEIRA, C. G. et al. Flaxseed energy and macronutrients balance. **Nutrición Hospitalaria**, v. 27, n. 5, p. 1598-1604, 2012.
- PAL, P. et al. Pro-apoptotic and anti-angiogenic actions of 2-methoxyestradiol and docosahexaenoic acid, the biologically derived active compounds from flaxseed diet, in preventing ovarian cancer. **Journal of Ovarian Research**, v. 12, n. 1, p. 49, 2019.
- PALLA, A. H. et al. Multiple Mechanisms of Flaxseed: Effectiveness in Inflammatory Bowel Disease. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, 2020.
- PARIKH, M. et al. Dietary flaxseed as a strategy for improving human health. **Nutrients**, v. 11, n. 5, p. 1171, 2019
- PARIKH, M.; NETTICADAN, T.; PIERCE, G. N. Flaxseed: its bioactive components and their cardiovascular benefits. **American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology**, v. 314, n. 2, p. 146-159, 2018.
- PATADE, A. *et al.* Flaxseed reduces total and LDL cholesterol concentrations in native American Postmenopausal women. **Journal of Women's Health**, v. 17, n. 3, p. 355-366, 2008.

PIERCE, G. N. et al. Systematic review and meta-analysis of flaxseed. **The Journal of Nutrition**, v. 145, n. 11, p. 2630-2631, 2015.

PIMENTA, A. V. et al. Bioaccessibility and bioavailability of calcium in sprouted brown and golden flaxseed. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2020.

POORBAFERANI, F. et al. Flaxseed oil supplementation on severity of depression and brain-derived neurotrophic factor: a randomized, double blind placebo controlled clinical trial. **International Journal of Food Properties**, v. 23, n. 1, p. 1518-1526, 2020.

PRASAD, K.; JHAN, A.; SHOKER, M. Flaxseed and its components in treatment of hyperlipidemia and cardiovascular disease. **International Journal of Angiology**, v.19. 216-222, 2020.

PRASAD, K. Hypocholesterolemic and antiatherosclerotic effect of flax lignan complex isolated from flaxseed. **Atherosclerosis**, v. 179, n. 2, p. 269-275, 2005.

PRASAD, K. Secoisolariciresinol diglucoside from flaxseed delays the development of type 2 diabetes in Zucker rat. **Journal of Laboratory and Clinical Medicine**, v. 138, n. 1, p. 32-39, 2001.

RAHIMLOW, M. et al. Effects of flaxseed interventions on circulating inflammatory biomarkers: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Advances in Nutrition**, v.10, n. 6, p. 1108-1119, 2019.

RAYGAN, F. et al. A comparison between the effects of flaxseed oil and fish oil supplementation on cardiovascular health in type 2 diabetic patients with coronary heart disease: A randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. **Phytotherapy Research**, v. 33, n. 7, p. 1943-1951, 2019.

RHEE, Y.; BRUNT, A. Flaxseed supplementation improved insulin resistance in obese glucose intolerant people: a randomized crossover design. **Nutrition Journal**, v. 10, n. 1, p. 44, 2011.

RODRIGUEZ-LEYVA, D. et al. The effects of dietary flaxseed on cardiac arrhythmias and claudication in patients with peripheral arterial disease. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 97, n.6, p. 557-561, 2019.

SALEH-GHADIMI, S. et al. Effect of flaxseed oil supplementation on anthropometric and metabolic indices in patients with coronary artery disease: a double-blinded randomized controlled trial. **Journal of Cardiovascular and Thoracic Research**, v. 11, n. 2, p. 152, 2019.

SAXENA, S.; KATARE, C. Evaluation of flaxseed formulation as a potential therapeutic agent in migration of dyslipidemia. **Biomedical Journal**, v. 37, n. 6, p. 386-390, 2014.

SHIRVANI, H.; RAHMATI-AHMADABAD, S. Irisin interaction with adipose tissue secretions by exercise training and flaxseed oil supplement. **Lipids in Health and Disease**, v. 18, n. 1, p. 1-9, 2019.

SOLIMAN, G. A. Dietary fiber, atherosclerosis, and cardiovascular disease. **Nutrients**, v. 11, p. 1115, 2019.

SOLTANIAN, N.; JANGHORBANI, M. A randomized trial of the effects of flaxseed to manage constipation, weight, glycemia, and lipids in constipated patients with type 2 diabetes. **Nutrition & metabolism**, v. 15, n. 1, p. 36, 2018.

SONI, R. P. et al. Flaxseed - composition and its health benefits. **Research in Environment Life Sciences**, v. 9, n. 3, p. 310-316, 2016.

SUN, J. et al. Effects of flaxseed supplementation on functional constipation and quality of life in a Chinese population: a randomized trial. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, v.29, n. 1, p. 61-67, 2020.

STUGLIN, C.; PRASAD, K. Effect of flaxseed consumption on blood pressure, serum lipids, hemopoietic system and liver and kidney enzymes in healthy humans. **Journal of Cardiovascular Pharmacology and Therapeutics**, v. 10, n. 1, p. 23-27, 2005.

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.1. São Paulo, 2020. [Acesso em: 14/01/2021]. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tbca>.

TANNOUS, S. et al. The anti-cancer effect of flaxseed lignan derivatives on different acute myeloid leukemia cancer cells. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 132, p. 110884, 2020.

THREAPLETON, D. E. et al. Dietary fibre intake and risk of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. **BMJ**, v.347, f6879, 2013.

TORKAN, M. et al. Effect of flaxseed on blood lipid level in hyperlipidemic patients. **Reviews of Recent Clinical Trials**, v. 10, n. 1, p. 61-67, 2015.

TOURÉ, A., XUEMING, X. Flaxseed lignans: source, biosynthesis, metabolism, antioxidant activity, bioactive components, and health benefits. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 9, n. 3, p. 261-269, 2010.

URSONIU, S. et al. Effects of flaxseed supplements on blood pressure: A systematic review and meta-analysis of controlled clinical trial. **Clinical nutrition**, v. 35, n. 3, p. 615-625, 2016.

WATANABE, Y.; TATSUNO, I. Prevention of cardiovascular events with omega-3 polyunsaturated fatty acids and the mechanism involved. **Journal of Atherosclerosis and Thrombosis**, v. 27, n. 3, p. 183-198, 2020.

WIGGINS, A. K. A.; MASON, J. K.; THOMPSON, L. U. Growth and gene expression differ over time in alpha-linolenic acid treated breast cancer cells. **Experimental Cell Research**, v. 333, n. 1, p. 147-154, 2015.

WU, H. et al. Lifestyle counseling and supplementation with flaxseed or walnuts influence the management of metabolic syndrome. **The Journal of Nutrition**, v. 140, n. 11, p. 1937-1942, 2010.

XU, Z. et al. Flaxseed oligosaccharides alleviate DSS-induced colitis through modulation of gut microbiota and repair of the intestinal barrier in mice. **Food & Function**, v. 11, n. 9, p. 8077-8088, 2020.

YANG, C. et al. Beneficial effects of flaxseed polysaccharides on metabolic syndrome via gut microbiota in high-fat diet fed mice. **Food Research International**, v. 131, p. 108994, 2020.

YARI, Z. et al. Combination therapy of flaxseed and hesperidin enhances the effectiveness of lifestyle modification in cardiovascular risk control in prediabetes: a randomized controlled trial. **Diabetology & Metabolic Syndrome**, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2021.

YADAV, R. K. *et al.* Modulation of oxidative stress response by flaxseed oil: Role of lipid peroxidation and underlying mechanisms. **Prostaglandins and Other Lipid Mediators**, v. 135, p. 21-26, 2018.

YARI, Z.; CHERAGHPOUR, M.; HEKMATDOOST, A. Flaxseed and/or hesperidin supplementation in metabolic syndrome: an open-labeled randomized controlled trial. **European Journal of Nutrition**, p. 1-12, 2020.

ZHU, L. et al. Dietary flaxseed oil rich in omega-3 suppresses severity of type 2 diabetes mellitus via anti-inflammation and modulating gut microbiota in rats. **Lipids in Health and Disease**, v. 19, n. 1, p. 1-16, 2020.



LINHAÇA:

Perspectiva de Produção e Usos na
Alimentação Humana e Animal

🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

📷 @atenaeditora

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



LINHAÇA:

Perspectiva de Produção e Usos na
Alimentação Humana e Animal

🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

📷 @atenaeditora

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