



# 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 Alfnas

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

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª 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](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto: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**

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

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

Data de aceite: 18/05/2021

Data de submissão: 10/05/2021

### **Geraldo Tadeu dos Santos**

Universidade Estadual de Maringá,  
Departamento de Zootecnia  
Maringá – PR  
<http://lattes.cnpq.br/7718816128860614>

### **Karoline de Lima Guimarães Yamana**

Centro Universitário Ingá, Curso de Zootecnia  
Maringá – PR  
<http://lattes.cnpq.br/9222083572041902>

### **Rodolpho Martin do Prado**

Universidade Estadual de Maringá,  
Departamento de Zootecnia  
Maringá – PR  
<http://lattes.cnpq.br/7799713047296089>

### **Fabio Seiji dos Santos**

Universidade Estadual de Maringá,  
Departamento de Zootecnia  
Maringá – PR  
<http://lattes.cnpq.br/4622074226705562>

## 1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nos últimos 50 anos houve uma mudança no perfil produtivo das vacas leiteiras, devido aos avanços alcançados no campo do melhoramento genético animal, instalações, sanidade e no manejo nutricional e alimentar (LUCY, 2001). Segundo LUCY (2001), nos EUA, por volta de 1980 a produção de leite média das

vacas era de 8.000 kg/lactação, 19 anos mais tarde a produção alcançou 9.000 kg/lactação. Estes avanços têm conduzido, por um lado, a elevação da produção individual das vacas, por outro, um declínio preocupante da fertilidade e da eficácia da reprodução nas propriedades modernas (LUCY, 2001; BUTLER, 2001). Butler (1998), observou que a taxa de sucesso na primeira inseminação foi da ordem de 65% em 1951. Todavia, 45 anos depois, esta taxa caiu para 40%. Portanto, nestes últimos anos, à medida que a produção de leite, por vaca aumentava, a eficiência reprodutiva dos animais se deteriorava (LUCY, 2001). Um dos índices da eficiência reprodutiva é o intervalo de partos. Com a deterioração da eficiência reprodutiva, começou-se a observar intervalo de parto de 15 meses ou mais, em vacas leiteiras de alta produção, quando o ideal seria por volta de 12 a 13 meses (FERREIRA, 2002; PEREIRA et al., 2004).

As causas deste declínio são multifatoriais, incluindo problemas fisiológicos e ambientais GUELOU (2010) e, principalmente, nutricionais (STAPLES et al., 1998). De fato, os fatores mais importantes e que mais influenciam a reprodução são aqueles ligados à estação do ano, fisiológicos (baixa produção de progesterona no início da gestação, problemas na inibição da produção e secreção de PGF 2- $\alpha$ , logo após a implantação do feto) e os problemas patológicos que ocorrem no pós-parto (GROHN

& RAJALA-SCHULTZ, 2000; THATCHER et al., 2006). Portanto, por meio da nutrição/alimentação da vaca leiteira, nestas fases, podemos contribuir para melhorar o sucesso reprodutivo com o estabelecimento de uma nova gestação.

O uso da gordura na alimentação animal remonta há décadas, sendo os primeiros trabalhos realizados com objetivo de melhorar o balanço energético e reprodutivo (MATTOS et al., 2000; PETIT et al., 2002). Algumas décadas atrás, não se cogitava incluir na dieta das vacas leiteiras a gordura, pois temia-se que um excesso de extrato etéreo na dieta comprometesse a digestão da fibra pelos inconvenientes que os óleos têm para os microrganismos do rúmen. Todavia, com os desafios nutricionais proporcionado pelo melhoramento genético das vacas leiteiras, com níveis de produção cada vez mais elevados têm impulsionado os nutricionistas para solucionar os problemas de balanceamento da dieta das vacas leiteiras, principalmente, no período de balanço energético negativo (BEN). Este período de BEN se inicia 21 dias antes do parto e se prolonga por mais 21 dias após o parto, em função do nível de produção de cada animal (SANTOS et al., 2010).

Sabe-se que as funções produtivas e reprodutivas são dependentes da alimentação e nutrição das vacas. Desta forma, pesquisas vêm sendo implementadas com a finalidade de estabelecer estratégias nutricionais que possam resultar em benefícios tanto para a reprodução como para a produção de leite (MATTOS, et al., 2000; PETIT et al., 2001).

A inclusão de fontes de gordura para alimentação das vacas, no início de lactação, deve ser levada em conta, respeitando-se o limite de, no máximo, 7% de extrato etéreo na matéria seca (MS) do total da dieta das vacas. Nesta fase da lactação, a inclusão de fontes de gordura é com o intuito de diminuir o BEN no início da lactação (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001). Porém, outro benefício observado nos óleos vegetais ricos em ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) foi a redução na emissão de metano por parte do animal que ingere estes tipos de gorduras. A mitigação do metano se dá pelo sequestro de íons  $H^+$  do meio ruminal para que as bactérias do rúmen façam a biohidrogenação dos AGPI, na tentativa de mitigar a toxicidade desses compostos para elas. Esta ação por parte das bactérias levam a formação de ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) e saturados (AGS). Desta forma, reduz-se a disponibilidade íons  $H^+$  para as *Archaeas* metanogênicas produzirem o metano (BENCHAAR et al., 2001). Todavia, deixamos claro que este tópico, redução na emissão do metano, não será abordado neste texto.

## **21 MECANISMO DE AÇÃO DAS GORDURAS POLI-INSATURADAS NO ORGANISMO DO ANIMAL**

Antes de entrarmos propriamente no assunto ingestão de linhaça, nas suas diferentes formas, e seus reflexos na produção de leite, seus constituintes e na reprodução, precisamos entender o mecanismo como as gorduras poli-insaturadas vão agir no organismo do animal. Primeiramente, vamos entender os caminhos trilhados pela gordura



no organismo da vaca. Após a ingestão da fonte de gordura, esta entrará no rúmen. Ao contrário dos carboidratos, não há fermentação das gorduras no rúmen, por conta disso, não gera produção de calor (PALMQUIST & MATTOS, 2006) ou gera muito pouco incremento calórico. A primeira etapa da digestão das gorduras no rúmen é a lipólise dos triglicerídeos, glicolípídios e fosfolípídios, que é muito rápido e quase completa, tendo como enzima chave as lipases produzidas pelas bactérias do rúmen (CHILLIARD et al., 2001) (Figura 1). Por outro lado, as bactérias, para se auto protegerem, do efeito tóxico dos AGPI, iniciam uma batalha promovendo a saturação destes ácidos graxos (AG), processo esse denominado de biohidrogenação (CHILLIARD et al., 2001; GUIHARD, 2011).

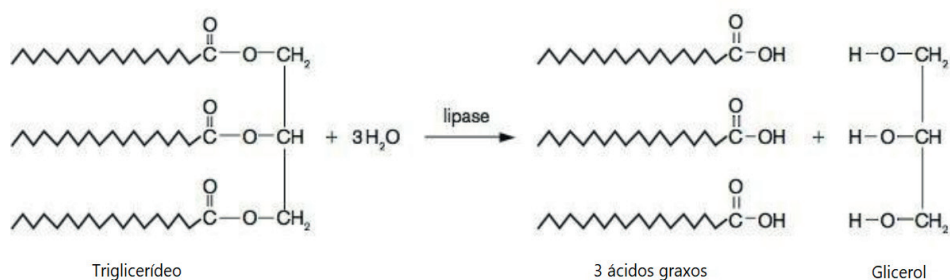


Figura 1 - Hidrólise de um triglicerídeo.

Fonte: GUIHARD (2011).

Na segunda etapa ocorre primeiro, uma isomeração de alguns AG, como por exemplo, a partir de um ômega 6, o *cis*9, *cis*12 C18:2, pois na natureza vegetal não encontramos AG *trans*. Para um melhor entendimento desta parte, e de forma bem resumida, descrevemos que quando o hidrogênio ligado ao Carbono está acima dele, denominamos esta posição de *cis*, mas quando está abaixo, denominamos de *trans*. Os AGPI sofrem ação da enzima, denominada de isomerase que muda a posição do hidrogênio do carbono 12, da posição *cis* para *trans*, formando desta forma o CLA (ácido linoleico conjugado), também conhecido como ácido rumênico, por ter sido encontrado pela primeira vez no rúmen de ovinos. Entretanto, nem todo o CLA formado no rúmen consegue chegar aos intestinos do animal para serem absorvidos. A maior parte acaba sendo biohidrogenado parcialmente. Somente, por volta de 20% (variando de 15 a 30%) do CLA formado no rúmen consegue escapar da ação das bactérias ruminais, indo em direção ao intestino (MULLER & DELAHOY, 1988). Entre eles, existe um escape considerável de AGMI, denominado de *trans*11 C18:1, o que depende do tipo de dieta. O *trans*11 C18:1 serve como precursor para a formação de CLA na glândula mamária, graças a ação de uma outra enzima denominada  $\Delta$ -9 dessaturase. Dieta mais rica em concentrado, do que de volumoso, por exemplo, promovem taxas de passagens mais rápidas dos alimentos do rúmen para o omaso/abomaso, e com a velocidade deste *turnover* leva junto os AGMI, assim como, uma parte do CLA formado no

rúmen. É interessante observar que a partir de um ômega 3, por exemplo, dos grãos e óleo de linhaça, não se chega à formação do CLA, cis9, trans11, CLA no rúmen. Mas, devido sua maior biohidrogenação parcial e total no rúmen eles vão contribuir, para a formação do CLA na glândula mamária. Os ômega 3 são mais biohidrogenados (cerca de 92%) do que os ômega 6 (cerca de 80%) (FELLNER et al., 1995). Então os AG, seguem caminho via omaso-abomasal até alcançar o intestino delgado, onde são novamente re-esterificados na forma de triglicerídeos para serem absorvidos nesse órgão e distribuídos aos diferentes tecidos do organismo, como a glândula mamária (ENJALBERT & MEYNADIER, 2016). Na glândula mamária são formados a maior parte dos CLA que observamos no leite. A formação do CLA na glândula mamária ocorre graças a ação das enzimas chamadas de dessaturases. A dessaturação só vai ocorrer até o carbono 9, pois nos mamíferos, ao contrário dos vegetais, não existem as dessaturases  $\Delta$ -12 e  $\Delta$ -15 (BAUMAN & GRIINARI, 2000). Então, graças a ação da  $\Delta$ -9 dessaturase, também conhecida como esteroil-coa dessaturase (SCD) os AGS como o C18:0 (esteárico) são transformados em C18:1 e o C18:1 trans 11 pode ser convertido em CLA. Cerca de 80% (70 a 85%) do CLA existente no leite provêm desta forma (LAWSON et al., 2005; GRIINARI et al., 2000).

As fontes de AG do grupo ômega 3 são compostas pelos ácidos graxo linolênico (C18:3, n-3), ácido eicosapentanoico – EPA, (C20:5, n-3) e por último, o ácido docosahexaenóico - DHA, (C22:6, n-3). No organismo animal as fontes de AG linolênicos sofrem diferentes reações químicas possibilitando a transformação deste ácido para EPA e DHA (GUIHARD, 2011). Nas Figuras 2 e 3 podemos ver as diferentes rotas metabólicas da transformação do ácido linolênico até DHA. Essas reações químicas de transformação ocorrem através de enzimas como a  $\Delta$ -6 dessaturase, elongase e  $\Delta$ -5 dessaturase (MATTOS et al., 2000). Estas mesmas enzimas são utilizadas para conversão do ácido linoleico (C18:2) da família ômega 6 para a formação do ácido araquidônico (C20:4). Portanto, existe uma competição pelas mesmas enzimas tanto na formação do DHA como do ácido araquidônico.

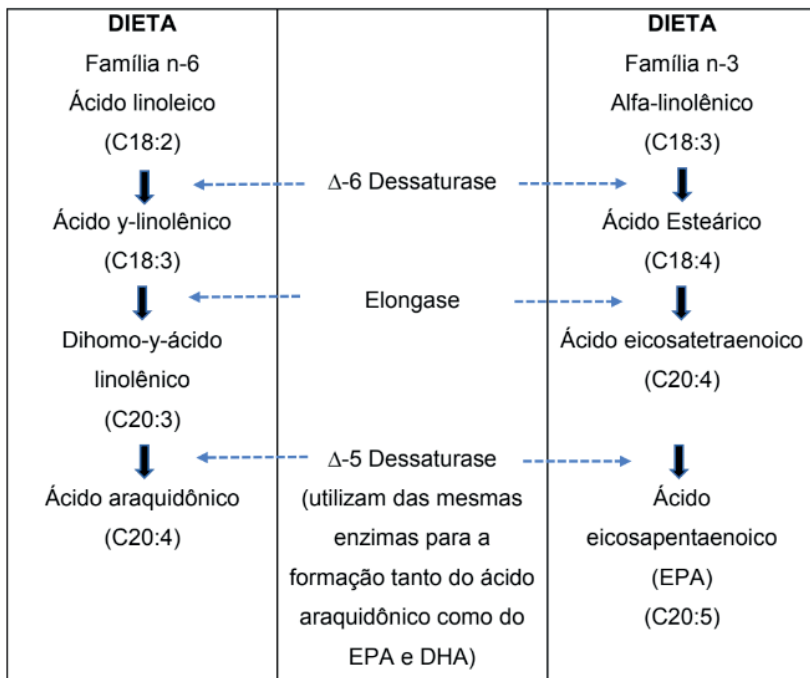


Figura 2 - Dessaturação e alongação dos AG das famílias n-6 e n-3.

Fonte: Adaptado de Mattos et al., 2000.

Os AG com 18 ou mais carbonos do leite tem duas origens: síntese endógena e a proveniente do alimento que o animal ingere. O metabolismo de ruminantes não é capaz de sintetizar, pela síntese *de novo* dos AG na glândula mamária, os precursores dos ácidos linolênico e linoleico. Estes dois AG são essenciais devem ser fornecidos pela fonte de alimento. De fato, a inserção de uma ligação dupla entre o carbono Δ-9 e a extremidade metil do AG não pode ser realizado com sistemas biológicos de mamíferos (STAPLES, et al., 1998). Os AG sofrem alongamento e dessaturação no fígado, o que gera novos AG com diferentes propriedades bioquímicas. O alongamento envolve a adição de 2 átomos de carbono através da enzima elongase. A dessaturação é uma etapa catalisada pela enzima dessaturase que insere uma ligação dupla na cadeia de carbono (Figura 3).

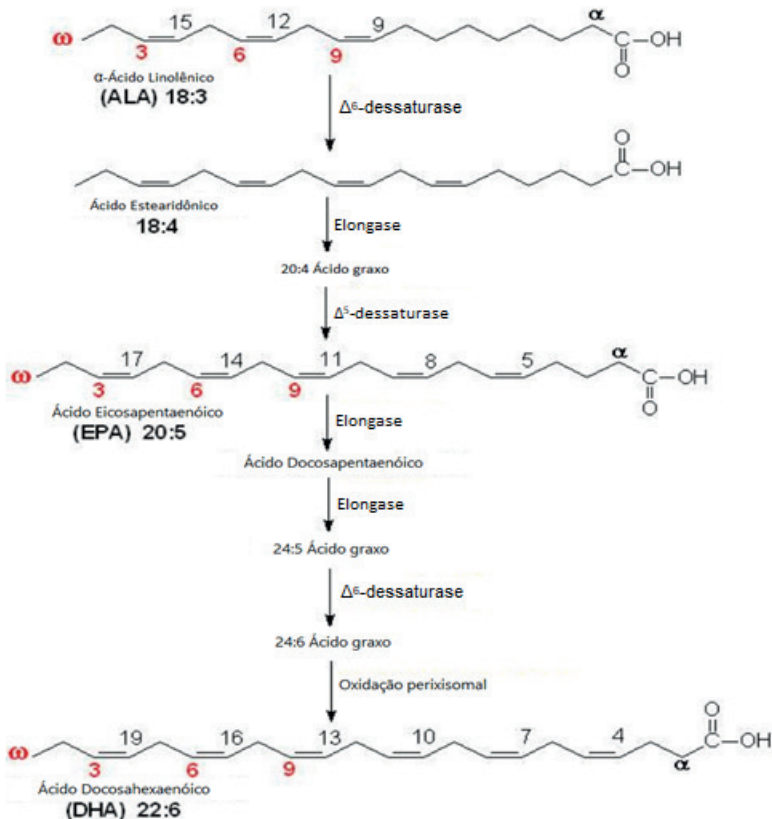


Figura 3 - Bioquímica dos AG ômega 3.

Fonte: Adaptado de GUIHARD (2011).

### 3 I PROCESSAMENTO DA LINHAÇA PARA USO NA BOVINOCULTURA DE LEITE: TRITURAÇÃO/MOAGEM

Os grãos de oleaginosas destinados a alimentação de bovinos, podem ser fornecidos inteiros ou submetido a uma **trituração** para diminuir o tamanho de suas partículas. Na **moagem** dos grãos são destruídas pelúcias envoltórias deles, permitindo maior exposição às enzimas e microrganismos envolvidos na digestão e facilita a eficiência dos processos de extrusão e peletização. Para fazer a moagem pode-se usar moinhos que possuem peneiras internas, que variam de 3 a 6 mm, como é o caso do moinho de martelo ou usar o moinho de rolos, sem o uso peneiras internas (BARBIERI, 1998).

#### 3.1 Extração do óleo para obtenção da torta de linhaça

A torta da linhaça é um coproduto resultante da extração do óleo, deste modo, possui menor teor de óleo quando comparado ao grão de linhaça. As tortas de linhaça se distinguem conforme os procedimentos de extração do óleo. Uma das formas é a utilização de prensa afim de extrair o óleo à frio para diferentes usagens com vistas a

preservar a integridade dos AG insaturados (AGI). Desta forma, se produz uma torta com aproximadamente 10% de óleo (BRUNTSCHWIG et al., 2010). Outra forma de obtenção da torta de linhaça, consistem em aquecer os grãos de linhaça a 60 °C por 20 minutos e logo após prensadas para a liberação do óleo (OOMAH & MAZZA, 2000). Uma terceira forma de obtenção da torta de linhaça, faz-se uso de solvente químico orgânico que extrai o óleo e posteriormente, se faz a separação do óleo do solvente. O solvente utilizado atualmente é o hexano, com ponto de ebulição próximo de 70°C (MANDARINO & ROESSING, 2015).

### **3.2 Tratamento com formaldeído**

Os grãos de linhaça inteira podem ser tratados com formaldeído. O tratamento da linhaça consiste na adição de 300 g de formalina por kg de linhaça inteira para criar pontes de metileno reversíveis dentro dos grãos, em função do pH no trato gastrointestinal (PETIT et al., 2001). De acordo com PETIT et al. (2001), este tratamento pode aumentar a quantidade de proteína no leite, pelo fato de proteger proteína no ambiente ruminal contra o ataque de microrganismos. O tratamento com formaldeído visa diminuir a incidência de microrganismos indesejáveis. Entretanto, existe uma associação entre o uso do formaldeído e o aparecimento de câncer. Desta forma, este tipo de tratamento, não deve ser usado na prática

### **3.3 Tratamento pelo calor**

O processamento pelo calor de grãos tem como finalidade, primeiramente, de destruir os possíveis fatores antinutricionais existentes nos mesmos e proporcionar um melhor aproveitamento dos grãos pelo trato digestivo dos animais. O tratamento pelo calor pode ser subdividido em: calor seco ou tostagem, extrusão, peletização, micronização e laminação (PETIT et al., 2002).

### **3.4 Calor seco ou tostagem**

Consiste em submeter os grãos inteiros de linhaça ou quebrados a uma fonte de calor, com temperatura controlada, por alguns minutos, objetivando a inativação dos fatores antinutricionais, como compostos cianogênicos (LAWSON et al., 2005).

### **3.5 Extrusão**

O grão de linhaça pode ser tratado por processo industrial de “cozimento-extrusão”, que na maioria das vezes é dito apenas extrusão. Este processamento consiste em aplicar sobre os grãos, previamente moídos e pré-aquecidos numa atmosfera mais ou menos úmida, uma forte pressão (20 a 40 atm), à uma temperatura de 138 a 160 °C, durante um tempo curto (inferior a 30 segundos), seguido da passagem forçada num cilindro, com ajuda de uma rosca sem fim. Este processo possibilita a destruição de uma grande parte dos compostos cianogênicos contidos nos grãos de linhaça (BRUNTSCHWIG et al., 2010).

### 3.6 Peletização

A peletização é um processo físico que envolve a temperatura e a umidade, a pressão exercida e o tempo (porém, esses os valores desses fatores podem variar grandemente). Este processamento tem como objetivo agrupar pequenas partículas resultantes da ração farelada para a formação de uma partícula maior através da temperatura, calor, tempo e pressão. O primeiro passo a ser realizado na peletização é a o pré-cozimento (40-95 °C) da ração para que o amido seja gelatinizado e a fibra seja “amolecida” melhorando a sua digestibilidade e maior qualidade na fabricação dos pellets. Logo após, a ração é passada pelos furos da matriz fazendo com que fique com formato de pellets (2 Kgf/cm<sup>2</sup> por 9 a 240 segundos). Para que o pellet tenha maior qualidade e digestibilidade nesta fase a umidade (14-18%) é adicionada, fazendo com que se tenha maior aglutinação das partículas (KLEIN, 2009).

### 3.7 Micronização

O processo de micronização de um alimento, assim como na linhaça, consiste em reduzir as partículas do alimento através da moagem até o tamanho granulométrico desejado (MOLENA-FERNANDES et al., 2010). Para PETIT et al. (2002), a micronização expõe a matriz proteica do alimento, fazendo com que os microrganismos ruminais como as bactérias e as enzimas tenham maior sucesso na digestibilidade do alimento.

A micronização se baseia na aplicação de calor através de queimadores infravermelho. O tempo de processamento, vai depender do tipo de grãos, geralmente, varia de 20 a 70 segundos e são alcançadas temperaturas entre 140-180°C, promovendo a explosão parcial (30 a 40%) dos grãos (THEURER, 1986).

### 3.8 Laminação

Consiste em umedecer os grãos e em seguida, serem prensados entre rolos. Temos como resultado um grão laminado, como se fosse esmagado. Existem rolos com diferentes tamanhos, forma de esmagamento e tempo de passagem.

## 4 | ASPECTOS RELACIONADOS COM O USO DE GRÃOS DE LINHAÇA, ÓLEO DE LINHAÇA NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS E SEUS REFLEXOS NA QUALIDADE DO LEITE

O grão de linhaça tem uma composição aproximada de 20% de PB, 30% de NDF e 40% de EE, do qual 50 e 55% são de C18:3 da família ômega 3, conhecido por seus efeitos benéficos sobre a saúde humana e animal (OSMARI et al., 2019; BEAULIEU, 2017).

Em experimento realizado no município de Pamambi, RS, OSMARI et al. (2019), estudaram duas variedades de linhaça (marrom e amarela). Nesse estudo foram observados a composição química (Tabela 1) e o perfil de AG (Tabela 2). A dose de fertilizante na forma

de ureia usado na adubação da cultura afetou, principalmente, a produção de grãos por ha e a produção de óleo. Com 200 kg de N ha<sup>-1</sup>, as variedades marrom e amarela tiveram um aumento de 67 e 31%, respectivamente, em relação a não adubação, para a produção de grãos e na produção de óleo por ha, o aumento foi de 76 e 32,5%, respectivamente, para a marrom e amarela, com 200 kg de N ha<sup>-1</sup>. No que diz respeito a composição química e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) não houve grandes diferenças, permanecendo próximas nos níveis de adubação estudados, para ambas as variedades (marrom e amarela).

Dose fertilizante (kg N ha <sup>-1</sup> )	Linhaça marrom		Linhaça amarela	
	0	200	0	200
Produção ha <sup>-1</sup> (kg)	487,17	813,34	498,58	652,84
Óleo ha <sup>-1</sup> (litros)	148,55	261,84	106,08	140,55
MS (%)	93,49	93,26	94,66	93,98
Cinzas (%)	0,56	0,45	0,485	0,398
PB (%)	21,47	22,42	20,45	22,48
Extrato etéreo (%)	35,39	37,25	39,52	40,07
Carboidrato total (%)	37,54	35,81	35,18	33,46
CNF (%)	13,84	11,76	12,39	10,95
DIVMS (%)	53,21	54,60	54,26	54,77

Tabela 1 - Média para produção e composição química de duas variedades do grão de linhaça (marrom e amarela)

Fonte: Modificado de OSMARI et al. (2019).

Sobre o perfil de AG presentes em duas variedades de linhaça (marrom e amarela) tratadas sem adubação ou com adubação de 200 kg N ha<sup>-1</sup> os autores relatam que a linhaça marrom teve maior produção por área (kg ha<sup>-1</sup>) e maior produção de óleo (L ha<sup>-1</sup>) em relação a linhaça amarela, porém, a qualidade do óleo da linhaça marrom é inferior à da linhaça amarela. Os autores relataram que houve redução na concentração de C16:0 e C18:0 de AGS nas linhagens adubadas com 200 kg N ha<sup>-1</sup>. A concentração de C18:2 n6 foi maior (P<0,001) para a variedade amarela, em comparação a marrom (Tabela 2).

A razão n-6/n-3 foi menor (P<0,001) para a linhaça marrom, muito embora ambas as variedades apresentaram razões que são consideradas adequadas. Estas razões baixas favorecem a redução da incidência de doenças coronarianas e de trombose para as pessoas que ingerem produtos lácteos que tenham estas condições.

Dose fertilizante (kg N ha <sup>-1</sup> )	Grãos de linhaça			
	Marrom		Amarela	
	0	200	0	200
Ácido graxos*				
C14:0	0,041	0,044	0,038	0,036
C16:0	6,329	6,254	5,264	5,093
C16:1	0,068	0,066	0,049	0,045
C18:0	5,342	5,235	3,469	3,430
C18:1	23,894	24,607	18,943	19,443
C18:2 n6	12,424	12,446	15,518	15,200
C18:3 n3	50,777	50,025	55,580	55,678
AGS	11,712	11,533	8,771	8,559
AGPI	87,163	87,144	90,000	90,366
AGPI/AGS	7,442	7,556	10,271	10,558
n-6/n-3	0,245	0,249	0,279	0,273

\*C:14:0 = ácido mirístico, C16:0 = ácido palmítico, C16:1 = ácido palmitoléico, C18:0 = ácido esteárico, C18:2 n-6 = ácido linoleico (ácido linoleico + isômeros), C18:3 n-3 = ácido linolênico (ácido linolênico + isômeros), AGS = ácidos graxos saturados, AGPI = ácidos graxos poli-insaturados, n-6/n-3 = C18:2 n-6/C18:3 n-3. (P<0,01).

Tabela 2 - Médias do conteúdo de ácidos graxos (g 100 g<sup>-1</sup> do total de ácidos graxos)

Fonte: Modificado de OSMARI et al. (2019).

Glasser et al. (34) publicaram uma metanálise sobre o uso dos grãos de linhaça na alimentação das vacas leiteiras, onde reuniram 22 experimentos zootécnicos sobre o assunto. No que se refere a composição do óleo de linhaça em AG, observamos na Tabela 3, que o óleo de linhaça possui 54,4% dos AG totais, na forma de ômega 3 (C18:3 n-3).

AG	Em % de AG
C14:0	0,1
C16:0	6,1
C16:1 n-7	0,1
C18:0	3,4
C18:1 n-9	18,8
C18:2 n-6	16,3
C18:3 n-3	54,4

Média de 22 experimentos zootécnicos.

Tabela 3 - Composição do óleo de linhaça em ácidos graxos (AG).

Fonte: GLASSER et al. (2008).



PETIT et al. (2002), estudaram os efeitos das fontes de gordura (uso do Megalac® versus grão de Linhaça tratado com formaldeído) sobre os desempenhos de produção (Tabela 4). Observa-se que a ingestão de matéria seca (IMS) (kg dia<sup>-1</sup>), teor de gordura, mudança do peso vivo, foram semelhantes para ambos os tratamentos. A produção de leite foi maior para o grupo de vacas recebendo Megalac®, e o teor de proteína foi maior para o grupo de vacas recebendo grão de linhaça tratado.

Parâmetros	Megalac® <sup>1</sup>	Grão de linhaça tratado <sup>2</sup>
Ingestão de matéria seca (Kg dia <sup>-1</sup> )	13,4	13,6
Mudança de peso vivo (g dia <sup>-1</sup> )	-61	-4
Produção de leite (kg dia <sup>-1</sup> )	19,8 <sup>a</sup>	18,6 <sup>b</sup>
% de gordura do leite	4,62	4,37
% de proteína do leite	2,95 <sup>b</sup>	3,09 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup> na mesma, as médias marcadas com letra diferente são estatisticamente diferentes (P<0,05). <sup>1</sup>Megalac produzido com óleo de palma. <sup>2</sup>Grão de linhaça tratado com formaldeído.

Tabela 4 - Efeito da fonte de gordura sobre os desempenhos de produção

Fonte: Modificado de PETIT et al. (2002).

Em experimento realizado por CAVALIERI et al. (2005), foram analisados os efeitos da utilização do grão de linhaça inteiro *versus* Lac100® (fonte gordura protegida de óleo de soja) sobre a produção e a composição leiteira (Tabela 5). Observou-se que a ingestão de matéria seca foi maior para o grupo de animais recebendo grão de linhaça inteira. A produção de leite foi maior para o grupo de animais recebendo Lac100®, mas quando corrigido para 4% de gordura, esta diferença foi anulada. Pois, o grupo de vacas recebendo grão de linhaça tiveram teor de proteína, gordura e de sólidos totais mais elevados, o que proporcionou maiores sólidos totais do que no tratamento Lac100®.

Parâmetros	Lac100® <sup>*</sup>	Grão de linhaça inteiro
Ingestão de matéria seca (kg dia <sup>-1</sup> )	14,9 <sup>b</sup>	15,4 <sup>a</sup>
Produção de leite (PL) (kg dia <sup>-1</sup> )	20,17 <sup>a</sup>	18,45 <sup>b</sup>
PL – Corrigida para 4% (kg dia <sup>-1</sup> )	18,0 <sup>a</sup>	18,1 <sup>a</sup>
% de gordura do leite	2,58 <sup>b</sup>	3,14 <sup>a</sup>
% de proteína do leite	3,12 <sup>b</sup>	3,25 <sup>a</sup>
% de lactose	4,71 <sup>a</sup>	4,78 <sup>b</sup>
% de sólidos totais	11,48 <sup>b</sup>	12,14 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup> na mesma, as médias marcadas com letra diferente são estatisticamente diferentes (P<0,05).

Tabela 5 - Efeito da ingestão de Lac100® e de grão de linhaça inteiro sobre a ingestão de matéria seca, produção e composição leiteira.

Fonte: Modificado de CAVALIERI et al. (2005).

SILVA et al. (2007) analisaram o efeito da utilização de grãos de linhaça inteira e dos grãos de linhaça triturados com ou sem a adição de monensina (0,02% com base na matéria seca) sobre a produção e composição do leite, assim como o perfil de AG do leite de vacas da raça Holandês, durante 4 períodos de 21 dias.

Em relação a produção e composição leiteira (Tabela 6) os autores relatam que, a monensina provocou uma diminuição da produção de leite corrigida para 4% de gordura, assim como diminuiu o teor de sólidos totais em decorrência da diminuição da gordura. Respaldo pela diminuição das concentrações de acetato, butirato.

Houve uma tendência ( $P=0,07$ ) de aumento da produção (6,5%) para os animais que recebiam a linhaça triturada em comparação a linhaça inteira, onde observou-se diminuição da produção com o processamento da linhaça, resultado este de uma possível maior liberação de óleo no rúmen em decorrência do processamento.

Variáveis	Tratamentos				EP <sup>1</sup>	Probabilidade		
	LISM	LICM	LTSM	LTCM		L <sup>2</sup>	M	LxM
Produção de leite (kg dia <sup>-1</sup> )	21,3	21,5	22,8	22,7	0,70	0,07	0,98	0,82
PLC 4% (kg dia <sup>-1</sup> )	22,7	20,8	22,5	21,9	0,60	0,47	0,05	0,31
Proteína (%)	3,13	3,10	3,11	3,10	0,05	0,91	0,77	0,91
Gordura (%)	4,44	3,81	3,90	3,75	0,18	0,11	0,04	0,21
Lactose (%)	4,57	4,62	4,61	4,66	0,03	0,15	0,10	0,88
Sólidos totais (%)	13,4	12,6	12,7	12,5	0,10	0,04	<0,01	0,07

<sup>1</sup>EP: Erro-padrão. <sup>2</sup>L: Efeito linhaça moída ou inteira, M: Efeito monensina, LxM: Efeito interação.

Tabela 6 - Produção e composição leiteira de vacas leiteiras alimentadas com grãos de linhaça inteiros sem monensina sódica (LISM), grãos de linhaça inteiros com monensina sódica (LICM), grãos de linhaça triturados sem monensina sódica (LTSM) ou grãos de linhaça triturados com monensina sódica (LTCM).

Fonte: Modificado SILVA et al. (2007).

Em relação ao perfil de AG do leite (Tabela 7), pode-se perceber que houve interações entre a linhaça e a monensina, unicamente para o trans11, C18:1 promovendo um aumento de 2,4 vezes em relação a testemunha, no ácido graxo trans 11, C18:1. Houve diminuição das concentrações de AGS e de cadeia média para a ração que utilizava linhaça triturada, pois a trituração contribui para o aumento da disponibilidade de AG para serem absorvidos e consequentemente estes passam para o leite.

O CLA cis 9, trans 11, C18:2 aumentou pela presença da monensina e pela moagem da linhaça, pois, a monensina modifica o perfil de AG do leite pela redução da biohidrogenação do ácido linoleico (C18:2) fazendo com que o C18:1 aumente. A ração

n-6/n-3 foi menor no leite de vacas alimentadas com linhaça triturada do que para vacas alimentadas com linhaça inteira, assim como foi menor para vacas alimentadas com ração sem adição de monensina.

AG	Tratamentos					Probabilidade		
	LISM	LICM	LTSM	LTCM	EP <sup>1</sup>	L <sup>2</sup>	M	LxM
trans11 18:1	1,40	1,59	1,71	3,33	0,06	<0,01	<0,01	<0,01
cis9, trans11 18:2	0,47	0,55	0,56	1,01	0,11	0,02	0,02	0,11
Monoinsaturado	33,2	32,8	33,2	35,2	0,9	0,19	0,37	0,17
Poli-insaturado	3,1	3,4	3,8	4,1	0,2	<0,01	0,11	0,82
Saturado	59,1	58,6	58,2	53,9	1,1	0,02	0,04	0,10
Poli-insat./saturado	0,053	0,060	0,066	0,079	0,004	<0,01	0,04	0,56
Cadeia curta	5,0	4,5	4,7	4,3	0,5	0,61	0,44	0,96
Cadeia média	36,6	36,5	34,5	32,6	0,8	<0,01	0,25	0,29
Cadeia longa	53,9	53,7	56,0	56,4	1,2	0,06	0,92	0,80
n-3	0,80	0,79	1,20	0,94	0,1	<0,01	0,10	0,11
n-6	1,84	2,03	2,04	2,20	0,1	0,07	0,09	0,92
n-6/n-3	2,4	2,7	1,8	2,4	0,1	<0,01	<0,01	0,37

Grãos de linhaça inteiros sem monensina sódica (LISM), grãos de linhaça inteiros com monensina sódica (LICM), grãos de linhaça triturados sem monensina sódica (LTSM) ou grãos de linhaça triturados com monensina sódica (LTCM). <sup>1</sup>EP: Erro-padrão. <sup>2</sup>L: Efeito linhaça moída ou inteira, M: Efeito monensina, LxM: Efeito interação.

Tabela 7 - Perfil de ácidos graxos (AG) encontrados no leite de vacas leiteiras alimentadas com grãos de linhaça inteiros sem monensina sódica (LISM), grãos de linhaça inteiros com monensina sódica (LICM), grãos de linhaça triturados sem monensina sódica (LTSM) ou grãos de linhaça triturados com monensina sódica (LTCM).

Fonte: Modificado de Silva et al. (2007).

Em estudo recente, OLIVEIRA et al. (2021), analisaram a produção e a composição do leite (Tabela 8) e o perfil de AG (Tabela 9) do leite de vacas tratadas com três tipos de ração, sendo elas: ração controle (CC); ração com óleo de soja (OS) com fonte de ômega-6 (adição de 2,5% de óleo à ração controle); e ração com óleo de linhaça (OL) como fonte de ômega-3 (adição de 2,5% de óleo à ração controle).

Como resultados da produção e composição leiteira (Tabela 8), os autores observaram que, houve diminuição da ingestão de matéria das rações com óleo de soja e linhaça (1,93 kg dia<sup>-1</sup>), resultante do maior teor de lipídeos desses tratamentos, principalmente do grande teor de AGI dessas rações em relação ao tratamento controle, porém, apesar da diminuição da IMS a produção leiteira não foi afetada podendo este resultado ser decorrente da alta energia desses óleos. Em relação a composição leiteira, percebe-se que os tratamentos OS e OL tiveram diminuição no teor e rendimento de gordura do leite assim como no teor de sólidos totais em comparação ao controle. Segundo os autores este resultado foi em

decorrência da silagem utilizada, pois esta continha grande quantidade de grãos o que resultou em menor quantidade de fibras necessárias, já que estas são precursoras da gordura do leite (OLIVEIRA et al., 2021). Apesar da diminuição da gordura e dos sólidos totais, os autores relatam que essa diminuição tem seus prós e contras. Como contra, tem-se o desagrado da indústria leiteira em um leite mais pobre em gordura e sólidos. Como prós, tem-se o agrado de um público que deseja alimentos mais saudáveis no dia a dia.

Parâmetros	Ração controle	Ração óleo de soja	Ração óleo de linhaça
Produção de leite (PL) (kg dia <sup>-1</sup> )	25,87	26,0	25,3
PL – Corrigida para 4% (kg dia <sup>-1</sup> )	22,92	21,26	20,96
% de gordura do leite	3,37 <sup>a</sup>	2,75 <sup>b</sup>	2,89 <sup>b</sup>
% de proteína do leite	3,29	3,35	3,3
% de lactose	4,35	4,31	4,37
% de sólidos totais	12,01 <sup>a</sup>	11,25 <sup>b</sup>	11,61 <sup>b</sup>

<sup>a, b</sup> na mesma, as médias marcadas com letra diferente são estatisticamente diferentes (P<0,05).

Tabela 8 - Efeito da ingestão de óleos vegetais na produção e composição leiteira.

Fonte: Modificado de OLIVEIRA et al. (2021).

Em relação ao perfil de AG do leite (Tabela 9), de uma maneira geral a suplementação com óleo de soja (OS) e óleo de linhaça (OL) diminuíram os teores de AG de cadeia curta e média resultado da síntese de novo da glândula mamária. Houve diminuição até os teores de AG até o C17: 0 e aumento do C18: 2 trans-10 cis-12 (nos tratamentos OS e OL), a diminuição ocorrida do C16:0 pode ser interessante para os seres humanos pois diminui o colesterol sanguíneo. O tratamento OS obteve maior quantidade de C18:2 cis-9, cis-12, já o tratamento OL maior quantidade de C18:3 ômega-3. A razão de AG saturados/ insaturados foi diminuída, pois, os tratamentos OL e OS diminuíram os teores de AGS e aumentou de AGPI. Os índices de aterogenicidade de trombogenicidade foram diminuídos e os de hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos foram aumentados nos tratamentos de OL e OS. Estes resultados mostram que a suplementação com óleos de vegetais, como os de soja e linhaça, fornecidos a vacas leiteiras melhora o perfil de AG do leite dos animais mais saudável para a alimentação dos seres humanos podendo trazer benefícios ao longo do tempo.

AG do leite	Ração controle	Ração óleo de soja	Ração óleo de linhaça
C4:0	2,87	2,23	2,49
C6:0	1,84	1,07	1,28
C8:0	1,13	0,58	0,72
C12:0	3,46	1,98	2,22
C12:1	0,10	0,05	0,05
C16:0	29,82	24,63	22,67
C17:0	0,21	1,19	0,18
C18:0	11,28	14,50	14,94
C18:2 c9c12 ω6	2,13	2,62	2,03
C18:3 ω6	0,02	0,01	0,01
C18:3 ω3	0,31	0,35	0,99
C18:2 c9t11	0,74	0,65	0,68
C18:2 t10c12	<0,01	0,03	0,01

<sup>a, b</sup> na mesma, as médias marcadas com letra diferente são estatisticamente diferentes (P<0,05).

Tabela 9 - Perfil de ácidos graxos (AG) do leite

Fonte: Modificado de OLIVEIRA et al. (2021).







SCHORI et al. (2006), na Suíça, estudaram a influência do fornecimento de grãos moídos de girassol (GG), linhaça (GL) e linhaça extrusada (GLE), em complemento a uma dieta a base de feno, sobre a produção e a qualidade do leite de vacas. A quantidade de grãos oleaginosos administrados aos animais, diariamente foi para atender uma quantidade cotidiana de 500 g de óleo por intermédio dos grãos oleaginosos (Tabela 10).

Tratamento	Girassol	Linhaça moída	Linhaça extrusada
Feno	14,9	14,6	14,9
Beterraba forrageira	3,1	3,0	3,5
Ingestão total de MS	22,0	21,8	22,5
Produção de Leite (kg dia <sup>-1</sup> )	31,1	30,0	29,9
Leite corrigido para 4%	32,1	32,0	31,9
Gordura (%)	4,34	4,54	4,52
Proteína (%)	3,16	3,32	3,36
Lactose (%)	4,97	5,05	4,99

Tabela 10 - Ingestão em kg de matéria seca (MS) diariamente e produção e composição do leite

Fonte: Modificado de Schori et al. (2006).

Os autores SCHORI et al. (2006), concluíram que os grãos de girassol, linhaça e linhaça extrusada aportam uma melhoria nítida na qualidade do leite do ponto de vista tecnológico. Uma razão ácido oleico/ácido palmítico > 0,8 possibilitou ter uma manteiga, cuja consistência é excelente, com maior facilidade de se espalhar no pão, tanto quanto para a produção de queijo, possibilitando consistência mais macia. E ainda, segundo estes autores, do ponto de vista fisiológico, a diminuição dos AG (C12, C14 e C16) e a aumento dos AG linoleico e linolênico é interessante. A extrusão dos grãos de linhaça promoveu um aumento significativo dos teores de ácidos linoleico (3,1% contra 2,8%) e linolênico (2,42% contra 1,59% no leite) (Tabela 11), em relação aos grãos de linhaça não tratados (SCHORI et al., 2006). Outro ponto importante nesta pesquisa foi que a soma de AG (C12:0+ C14:0+ C16:0), considerados hipercolesterolêmicos, nos três tratamentos apresentaram uma queda de 19,82, 14,44 e 19,25%, respectivamente, com GG, GL e GLE, quando comparados aos respectivos tratamentos, sem adição de grãos. Por outro lado, a soma de AG (C18:1+ C18:2+C18:3), considerados hipocolesterolêmicos, aumentou 38,9, 29,9 e 30,6%, respectivamente, com GG, GL e GLE, quando comparados aos respectivos tratamentos, sem adição de grãos. O aumento em AGI e diminuição dos AGS vai em direção favorável a saúde de quem consome este leite e seus derivados.

	Grãos de girassol (GG)		Grãos de Linhaça (GL)		Grãos Linhaça extrusados (GLE)	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
C12:0	4,7 <sup>a</sup>	4,0 <sup>b</sup>	4,4 <sup>b</sup>	3,9 <sup>d</sup>	4,6 <sup>e</sup>	4,1 <sup>f</sup>
C14:0	13,4 <sup>a</sup>	12,4 <sup>b</sup>	12,0 <sup>b</sup>	12,3	13,1 <sup>e</sup>	12,3 <sup>f</sup>
C16:0	37,4 <sup>a</sup>	28,1 <sup>b</sup>	38,3 <sup>c</sup>	30,6 <sup>d</sup>	35,8 <sup>e</sup>	26,8 <sup>f</sup>
Total (C12:0+ C14:0+ C16:0)	55,5	44,5	54,7	46,8	53,5	43,2
Diferença		19,82%		14,44%		19,25
C18:0	7,5 <sup>a</sup>	10,7 <sup>b,AB</sup>	6,9 <sup>c</sup>	9,6 <sup>d</sup>	7,7 <sup>e</sup>	11,7 <sup>fA</sup>
C18:1	17,9 <sup>a</sup>	24,4 <sup>b</sup>	18,4 <sup>c</sup>	23,4 <sup>d</sup>	19,0 <sup>e</sup>	23,7 <sup>f</sup>
C18:2	2,1 <sup>a</sup>	3,7 <sup>bA</sup>	2,1 <sup>c</sup>	2,8 <sup>dB</sup>	2,3 <sup>e</sup>	3,1 <sup>fC</sup>
C18:3	0,92	0,95 <sup>A</sup>	0,89 <sup>c</sup>	1,59 <sup>dB</sup>	1,08 <sup>e</sup>	2,42 <sup>fC</sup>
Total (C18:1+ C18:2+C18:3)	20,92	29,05	21,39	27,79	22,38	29,22
Diferença		38,86%		29,92%		30,56%
*Razão C18:1/C16:0	0,49 <sup>a</sup>	0,89 <sup>b</sup>	0,49 <sup>c</sup>	0,80 <sup>d</sup>	0,54 <sup>e</sup>	0,90 <sup>f</sup>

Os valores numa mesma linha no interior de um mesmo grão oleaginoso, portadores de letras minúsculas diferentes, são significativamente diferentes (P<0,05). Os valores de uma mesma linha entre grãos oleaginosos, portadores de letras maiúsculas diferentes são significativamente diferentes (P<0,05). \*Índice de consistência da matéria gorda do leite.

Tabela 11. Composição em ácidos graxos (AG) do leite, em % dos ácidos graxos totais.

Fonte: Adaptado de SCHORI et al. (2006).

Os AG do leite podem ter como origens: 1) a partir da alimentação, 2) lipomobilização, no início da lactação e 3) síntese *de novo* na glândula mamária, a partir dos AG de cadeia curta (BAUMAN & GRIINARI, 2003).

Da alimentação vamos ter quase todos os AG de cadeia longa que encontramos no leite, exceto no início da lactação, quando pode haver contribuição de AG vindos da lipomobilização, que são disponibilizados para a glândula mamária. A maior contribuição para a formação da gordura do leite, vem da síntese *de novo* na glândula mamária, tendo como precursores os ácidos acéticos e butírico, oriundos da fermentação ruminal, sendo que o acético é o que mais contribui. São formados, por esta via, os AG de cadeia curta e aproximadamente, metade dos AG de cadeia média (C14 e C16) (MULLER & DELAHOY, 1988).

A concentração de extrato etéreo na dieta normal das vacas leiteiras, que se encontram em pastagens é de, aproximadamente, 3%. Os AG contidos nas pastagens estão, na forma de glactolipídeos e triglicerídeos. A composição em AG no leite é dependente do conteúdo da dieta em lipídeos e das particularidades digestivas e metabólicas do rúmen, devido a biodrongação dos AG nesse órgão. No EE das pastagens predominam os AGI ômega 3, embora também sejam encontrados os AG C18:1 cis-9, ácido linoleico (C18:2 n-6) (ENJALBERT & MEYNADIER, 2016).

## **5 | ASPECTOS RELACIONADOS COM O USO DE GRÃOS DE LINHAÇA E ÓLEO DE LINHAÇA NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS E SEUS REFLEXOS NA REPRODUÇÃO**

Falhas reprodutivas são de grandes preocupações na produção leiteira e são as principais razões para descarte precoce. A seleção genética durante as últimas décadas preconizou a produção leiteira individual. Entretanto, rebanhos de alta produção atualmente, apresentam baixa fertilidade, com taxa de mortalidade embrionária e fetal próximo à 55% (DISKIN et al., 2012). Embora as causas subjacentes dessa baixa fertilidade ainda não tenham sido caracterizadas, mudanças metabólicas observadas durante o período de transição são fatores conhecidos e parcialmente responsáveis por falhas reprodutivas em vacas leiteiras (BUTLER, 2003). Diversas evidências sobre as inter-relações entre BEN, doenças metabólicas e índices reprodutivos foram revisadas por GOFF (2006). No início da lactação, em grande parte das propriedades leiteiras, a fonte principal de energia tem sido o amido, vindo, principalmente, do milho. As gorduras, compostos ricos em glicerídeos (ésteres de AG ligados a uma molécula de glicerol) são, igualmente, importantes fontes de energia (MATTOS et al., 2000). O valor energético das gorduras é por volta do dobro do valor energético de carboidratos, para ser mais preciso é equivalente a 2,25x (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001). Quando uma vaca ingere carboidratos, devido a fermentação que ocorre destes nutrientes no rúmen, ocorre incremento calórico considerável, bem como

perdas consideráveis de energia, tornando este nutriente menos eficiente para atender as necessidades dos animais. Em se tratando de vacas de alta produção, principalmente, no início da lactação, quando estas se encontram em balanço energético negativo (BEN), podemos pensar em substituir parte da dieta de carboidratos por fontes de gorduras, com a finalidade de diminuir o BEN e possibilitar o retorno mais rápido das atividades reprodutivas (SANTOS et al., 2010).

Os produtores de leite geralmente usam AGS ou AGMI protegidos para aumentar a ingestão de energia e reduzir a gravidade do balanço energético negativo (LEROY et al., 2013). Entretanto, o tipo de gordura e a quantidade suplementada (abordada previamente) em função da MS devem ser cuidadosamente considerados para se obter balanço energético positivo e melhoria de fertilidade. PIRES et al. (2007), demonstraram que a suplementação de AGS pode levar à resistência periférica à insulina, com aumento da glicose circulante disponível para a síntese de lactose e, portanto, para a produção de leite. Isto pode agravar ainda mais o BEN em vacas em início de lactação, o que influenciará negativamente índices reprodutivos. PRADO et al. (2016), suplementaram vacas de alta produção com AGMI protegidos durante o período de transição observaram maiores teores de lipídios e triglicerídeos no fígado de vacas no pós-parto quando comparados à dieta suplementada com linhaça em grão. Elevados teores de lipídios e triglicerídeos no fígado resultam em esteatose hepática, que negativamente, impacta a IMS, imunossupressão, contração muscular e desempenho reprodutivo (GOFF, 2006).

Diversos estudos relataram efeitos positivos da suplementação de AGPI ômega-3 sobre crescimento folicular e sobrevivência embrionária em bovinos leiteiros (LEROY et al. 2013; GULLIVER et al., 2012) Por exemplo, vacas em lactação alimentadas com linhaça laminada, contendo 56,7% dos AG como C18:3, tiveram menores perdas de gestação (9,8%) quando comparadas com aquelas que receberam grãos de girassol laminado, contendo 0,1% dos AG como C18:3, onde as perdas de gestação foram de 27,3% (AMBROSE et al., 2006). Recentemente, MOALLEM et al. (2020), acompanharam 516 vacas de um rebanho comercial entre 21 dias antes do parto até 105 dias após o parto. Ambos os grupos receberam dietas com aproximadamente 6,5% de EE no pós-parto. Um grupo recebeu linhaça extrusada, com a dieta possuindo 14,5% de C18:3, e o grupo controle recebeu dieta possuindo 1,9% de C18:3. O grupo de vacas que recebeu a linhaça extrusada teve menor intervalo entre a primeira inseminação artificial até a concepção (49,7 vs 66,6 dias), menor quantidade de dias abertos (148,5 vs 166,1) e menor número de inseminações artificiais por concepção (2,51 vs 2,99). Em outro grande estudo, também com o uso de linhaça extrusada, foi avaliado o desempenho reprodutivo de 158.125 vacas e 423.605 inseminações artificiais em 1096 rebanhos comerciais na França (MEIGNAN et al., 2019). Os animais que receberam linhaça extrusada consumiam em média  $337 \pm 239,4$  g/vaca/dia. A suplementação da linhaça extrusada foi relacionada a número reduzido de dias até a primeira inseminação artificial e dias abertos.



## 5.1 Crescimento folicular

O que se busca por meio da nutrição e alimentação das vacas em processo reprodutivo é que os folículos sejam bem desenvolvidos, pois o tamanho dos folículos é proporcional a sua capacidade de ovulação.

A dinâmica folicular foi estudada por AMBROSE et al. (2006), o tamanho dos folículos em vacas recebendo grãos de linhaça laminados foram maiores (16,9±0,9 mm) do que as que receberam grãos de girassol laminados (14,1±0,9 mm).

Os resultados de pesquisas mostram que quando suplementamos as vacas com gordura, independentemente, da fonte (ômega 6 ou ômega 3) observa-se um desenvolvimento dos folículos maiores do que quando comparado a uma fonte de carboidrato, como o milho.

Em Israel, pesquisas conduzidas por ZACHUT et al. (2010), avaliaram a utilização de dieta contendo 5,4% de extrato etéreo na MS, suplementada com 1 kg/dia de gordura encapsulada, contendo 242,2 gramas de óleo de linhaça (C18:3) ou com a mesma quantidade de gordura encapsulada, contendo 260,0 gramas de óleo de girassol (C18:2) comparadas a uma dieta controle (4,7% de EE) onde foi administrado 1% de sais de cálcio. Os autores observaram que o tamanho de folículos para o tratamento com linhaça foi 2,4 vezes maior do que o controle. O número médio de folículos com  $\geq 10$  mm, nos dias 5, 9 e 13 do ciclo estral, foram maiores no tratamento que recebeu girassol do que nos dois outros tratamentos (Controle e Linhaça). Concluem que estes achados podem estar relacionados às modificações da gordura e das composições nos compartimentos plasmático e ovariano em resposta à suplementação dietética.

## 5.2 Estabelecimento do corpo lúteo e a produção de progesterona

O corpo lúteo funcional se estabelece em 5 a 6 dias que segue a ovulação. O crescimento do corpo lúteo prossegue nos dias seguintes ao seu estabelecimento e alcança o nível mais alto entre 10 e 14<sup>o</sup>. dia. Se não houver fecundação, por volta de 16 a 17 dias após a ovulação, o corpo lúteo diminui de tamanho e de produção de progesterona (GUELOU, 2010). Isto acontece, pois o útero produz a PGF2- $\alpha$  nesta fase do ciclo estral, que leva a regressão do corpo lúteo e novo ciclo se reestabelece.

Segundo SILVA et al. (2014), a dieta que as vacas recebem podem interferir na produção de PGF2- $\alpha$  e afetar a fertilidade das fêmeas. Estudos em ovinos e bovinos alimentados com menores razões de AG ômega 6 para ômega 3 relataram menores concentrações plasmáticas de 13,14-diidro-15-ceto PGF2- $\alpha$  (PGFM) (GULLIVER et al., 2012). Devido às propriedades luteolíticas da PGF2- $\alpha$ , uma redução na PGFM plasmática seria benéfica para sustentar as funções do corpo lúteo e manter a gravidez. Os possíveis mecanismos para os efeitos observados de ômega 6 e ômega 3 nas funções reprodutivas incluem uma competição entre ômega 6 e ômega 3 por enzimas associadas à síntese de

prostaglandinas e com dessaturação e alongamento de AG de cadeia longa, como mostrado nas Figuras 2 e 3 (WATHES et al., 2007). Outro mecanismo é a possível alteração dos fosfolipídios da membrana celular seguida da suplementação de AG ômega 3, reduzindo a quantidade de ácido araquidônico (um AG ômega 6), um precursor de prostaglandinas série 2, nas membranas (WATHES et al., 2007).

Alguns pesquisadores (MATTOS, et al., 2000; SILVA et al., 2014; SARTORI et al., 2002), tem recomendado estratégias de suplementação de gordura para vacas leiteiras visando obter melhores resultados reprodutivos. Os AG da família ômega 6 poderiam ser fornecidos no início da lactação, durante o BEN, quando estes favorecem a síntese de PGF2- $\alpha$  auxiliando na involução uterina pós-parto, no reestabelecimento de um novo ciclo estral e atuando no crescimento folicular. Mas segundo estes mesmos autores, durante o período de serviço, por volta de 50 a 60 dias após o parto, devem ser fornecido as vacas uma dieta rica em AG da família ômega 3, por ter um efeito positivo na redução da secreção de PGF2- $\alpha$ , permitindo a fecundação e implantação do embrião no útero materno.

Em se tratando da utilização da linhaça na alimentação de vacas leiteiras visando a melhoria da eficiência reprodutiva, uma das primeiras publicações ocorreu em 2002, na Grã-Bretanha, por PETIT et al. (2001). Nesta pesquisa foi usado do grão de linhaça tratado, com objetivo de avaliar o desempenho reprodutivo onde foram estudados os efeitos das fontes de gordura (uso do Megalac<sup>®</sup> versus grão de linhaça tratado com formaldeído) sobre os desempenhos de reprodução. A taxa de concepção na 1<sup>a</sup>. cobertura foi significativamente maior (87,5%) para as vacas que receberam grão de linhaça tratado do que para as vacas no grupo Megalac<sup>®</sup> (50,0%) (PETIT et al., 2001).

Alguns estudos realizados com linhaça (rica em ômega 3) e outras oleaginosas (ricas em ômega 6), na alimentação de vacas leiteiras mostram efeitos bem diferentes sobre a síntese de prostaglandinas das séries 1, 2 e 3 (PETIT & BENCHAAAR, 2007; SARTORI & DODE, 2008). Os AG ômega 6 conduzem a síntese de prostaglandinas das séries 1 e 2, e os AG ômega 3 conduzem sínteses de prostaglandinas da série 3. A linhaça contém em torno de 55% de AG totais sob forma de ácido linolênico e, portanto, conduz a formação de prostaglandinas da série 3 (MATTOS et al., 2000; PETIT et al., 2001; GUIHARD, 2011) (Figura 2 e 4).

A família dos ômegas 3 (AG: linolênico – C18:3 n-3, eicosapentanóico - C20:5 n-3, abreviação EPA e docosahexaenóico – C22:6 n-3, abreviação DHA) tem origem vegetal (C18:3) e animal (C20:5 e C22:6). Para que o C18:3 possa exercer efeitos bioativos precisa ser transformado no organismo animal e humano em C20:5 e C22:6. Isto se dá graças as enzimas  $\Delta$ -6-dessaturase, elongase,  $\Delta$ -5 dessaturase e por fim oxidação peroxisomal (GUIHARD, 2011).

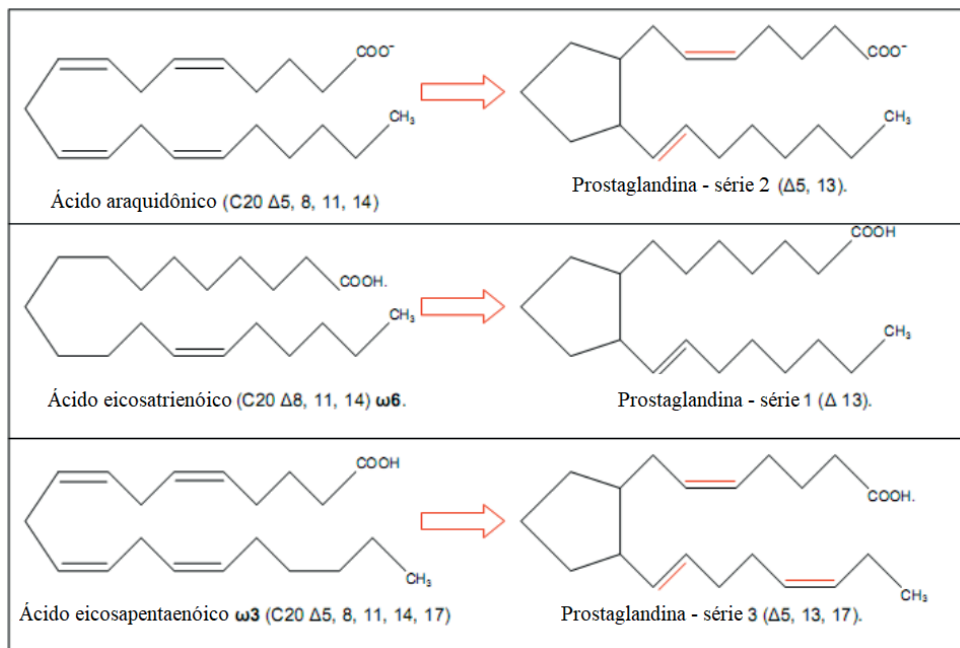


Figura 4 - Formação das Prostaglandinas das séries 1, 2 e 3 a partir dos ácidos graxos ômega 3 e 6.

Fonte: GUIHARD (2011).

O efeito positivo que os AG da família ômega 3 (AG: linolênico, eicosapentaenóico e docosahexaenóico) proporciona é na redução da secreção de PGF2-α possibilitando o corpo lúteo de manter a produção de progesterona e a gestação em curso. Portanto, as prostaglandinas são consideradas como compostos bioativos e têm origem nos AG de 20 carbonos.

A produção de progesterona é dependente do tamanho do corpo lúteo. Isto é fundamental quando houver fecundação para inibir a produção de PGF2-α e permitir ao feto, que está no início de gestação, possa se instalar no útero materno e na sequência produzir, por sua vez o interferon tau, que se constitui numa forma de comunicação entre ele e organismo materno para que a mãe não inicie um novo ciclo estral (ANTONIAZZI et al., 2011).

A procura por alimentos que possam ajudar nesse processo tem sido o foco, nos últimos anos, de vários pesquisadores (PETIT et al., 2002; TALAVERA et al., 1985; LUCY et al., 1993; STRONGE et al., 2005), todos estes trabalhos mostraram um aumento da progesteronemia seguido a uma suplementação em gordura, independentemente da fonte. Todavia, outras pesquisas não observaram nenhum efeito de uma suplementação com gordura sobre a progesteronemia (AMBROSE et al., 2006; MATTOS et al., 2004; WAMSLEY et al., 2005).

### 5.3 Nutrigenômica: reprodução e efeitos na expressão gênica de dieta rica em ômega 3

Foi demonstrado que os AG ômega 3 e ômega 6 podem atuar como reguladores da transcrição gênica em vários tecidos reprodutivos (HALLÉ et al., 2015). Diferentes razões ômega 6:ômega 3 foram testadas em um modelo *in vitro* de cultura de células endometriais bovinas e houve maior abundância de genes com efeitos positivos na implantação uterina quando maiores níveis de ômega 3 foram usados (HALLÉ et al., 2015). Ao suplementar novilhas de corte com ômega 3 durante 45 dias, WATER et al. (2012), observaram expressão alterada de genes do endométrio uterino associados à biossíntese de prostaglandina, esteroidogênese, resposta imune materna e remodelação de tecidos. Os autores concluíram que a suplementação de ômega 3 pode influenciar positivamente o ambiente uterino. Apesar de promissores, poucos estudos estão disponíveis sobre a expressão gênica e a suplementação de ômega 3.

## 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inclusão de grãos de linhaça ou de óleo de linhaça na dieta das vacas melhora o perfil de AG no leite. Os tratamentos que os grãos de linhaça são submetidos (extrusão, laminação, moagem, tratamento químico, e outros) melhoram, ainda mais, o perfil de AG no leite. É possível que ocorra pequenas alterações na produção de leite para mais ou para menos, mas geralmente, aumenta o teor de proteína do leite e tem pouco efeito no teor de gordura do leite. Há aumento do diâmetro do folículo ovulatório, que está associado a uma maior produção de progesterona. Possivelmente, os AG linolênicos da linhaça melhoram a função reprodutiva. Há indícios na literatura, que o fornecimento de grãos ou óleo de linhaça no período de cobertura das novilhas e das vacas, favoreçam a implantação dos embriões no útero materno, devido inibir a produção de prostaglandina PGF-2-alfa e promover melhores taxas de gestação.

## REFERÊNCIAS

- AMBROSE, D.J.; KASTELIC, J.P.; CORBETT, R.; PITNEY, P.A.; PETIT, H.V.; SMALL, J.A.; ZALKOVIC, P. Lower pregnancy losses in lactating dairy cows fed a diet enriched in  $\alpha$ -linolenic acid. **J. Dairy Sci.** v.89, n.8, p.3066-3074. 2006.
- ANTONIAZZI, A.Q.; HENKES, L.E.; OLIVEIRA, J.F.C.; HANSEN, T.R. Função do interferon-tau durante o reconhecimento materno da gestação em ruminantes. **Ciência Rural.** v.41, n.1, p.176-185. 2011.
- BARBIERI, P.A.P. **Moinhos e misturadores.** In: Simpósio do Colégio Brasileiro de Nutrição Animal e I Seminário sobre tecnologia de produção de rações Campinas: Anais. 1998. p.81-85.
- BAUMAN, D.E.; GRIINARI, J.M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. **Annu Rev. Nutr.** v.23, p.203-227. 2003.

BAUMAN, D.E.; GRINARI, J.M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat low-fat milk syndrome. **Adv. Exp. Med. Biol.** v.480, p.209-216. 2000.

BEAULIEU, C.C. Le lin dans l'alimentation de la vache laitière. **Écosphère**, 2017. Disponível em: <[https://www.agrireseau.net/documents/Document\\_97636.pdf](https://www.agrireseau.net/documents/Document_97636.pdf)>. Acesso em: 04 de fev. de 2021.

BENCHAAR, C.; POMAR, C.; CHIQUETTE, J. Evaluation of dietary strategies to reduce methane production in ruminants: A modelling approach. **Can. J. Anim. Sci.** v.81, n.4, p.563-574. 2001.

BRUNSCHWIG, P.; HURTAUD, C.; CHILLIARD, Y.; GLASSER, F. L'apport de lin dans la ration des vaches laitières: Effets sur la production, la composition du lait et des produits laitiers, les émissions de méthane et les performances de reproduction. **Prod. Anim.** v.23, n.4, p.307-318. 2010.

BUTLER, W.R. Energy balance relationships with follicular development ovulation and fertility in postpartum dairy cows. **Livest. Prod. Sci.** v.83, n.2-3, p.211-218. 2003.

BUTLER, W.R. Nutritional effects on resumption of ovarian cyclicity and conception rate in postpartum dairy cows. **BSAP Occas Publ.** v.26, n.1, p.133-45. 2001.

BUTLER, W.R. Review: Effect of Protein Nutrition on Ovarian and Uterine Physiology in Dairy Cattle. **J. Dairy Sci.** v.81, n.9, p.2533-2539. 1998.

CAVALIERI, F.B.; SANTOS, G.T.; MATSUSHITA, M.; PETIT, H.V.; RIGOLON, L.P.; SILVA, D.; HORST, J.A.; CAPOVILLA, L.C.; RAMOS, F.S. Milk production and milk composition of dairy cows fed Lac100® or whole flaxseed. **Can. J. Anim. Sci.** v.85, n.3, p.413-416. 2005.

CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; DOREAU, M. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. **Livest. Prod. Sci.** v.70, n.1-2, p.31-48. 2001.

DISKIN, M.G.; PARR, M.H.; MORRIS, D.G. Embryo death in cattle: An update. **Reprod. Fertil. Dev.** v.24, n.1, p.244-251. 2012.

ENJALBERT, P.F.; MEYNADIER, A. Alimentation des vaches laitières et composition en acides gras du lait. **Bull Acad. Vét. Fr.** v.3, p.171-175. 2016.

FELLNER, V.; SAUER, F.D.; KRAMER, J.K.G. Steady-State Rates of Linoleic Acid Biohydrogenation by Ruminal Bacteria in Continuous Culture. **J. Dairy Sci.** v.78, n.8, p.1815-1823. 1995.

FERREIRA, A.M. **Como reduzir o intervalo entre partos.** DBO Especial Mundo do Leite. v.1, p.32-33, 2002.

GLASSER, F.; FERLAY, A.; CHILLIARD, Y. Oilseed lipid supplements and fatty acid composition of cow milk: A meta-analysis. **J. Dairy Sci.** v.91, n.12, p.4687-4703. 2008.

GOFF, J.P. Major advances in our understanding of nutritional influences on bovine health. **J. Dairy Sci.** v.89, n.4, p.1292-1301. 2006.

- GRIINARI, J.M.; CORL, B.A.; LAC, S.H.; CHOUINARD, P.Y.; NURMELA, K.V.V.; BAUMAN, D.E. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by  $\Delta 9$ -desaturase. **J. Nutr.** v.130, n.9, p.2285-2291. 2000.
- GROHN, Y.T.; RAJALA-SCHULTZ, P.J. Epidemiology of reproductive performance in dairy cows. **Anim. Reprod. Sci.** v.60-61, p.605-614. 2000.
- GUELOU, K. **La mortalité embryonnaire chez la vache et l'influence de l'alimentation.** Thèse Doctorat Vétérinaire. École National Vétérinaire d'Alford and Faculté de Médecine de Creteil. France. 2010. 138p.
- GUIHARD, J. **Intérêts D'Une Supplémentation En Acides Gras Omega-3 Sur La Production Et La Santé des Vaches Laitières.** Thèse d'exercice. Médecine vétérinaire. École Nationale Vétérinaire de Toulouse. France. 2011. 85p.
- GULLIVER, C.E.; FRIEND, M.A.; KING, B.J.; CLAYTON, E.H. The role of omega-3 polyunsaturated fatty acids in reproduction of sheep and cattle. **Anim. Reprod. Sci.** v.131, n.1-2, p.9-22. 2012.
- HALLÉ, C.; GOFF, AK.; PETIT, H.V.; BLOUIN, R.; PALIN, M.F. Effects of different n-6:n-3 fatty acid ratios and of enterolactone on gene expression and PG secretion in bovine endometrial cells. **Br. J. Nutr.** v.113, n.1, p.56-71. 2015.
- KLEIN, A.A. Peletização de Rações: Aspectos Técnicos, Custos e Benefícios e Inovações Tecnológicas. **Ergmomix**, 2009. Disponível em: <<https://pt.engormix.com/balanceados/artigos/peletizacao-racoes-aspectos-tecnicos-t36785.htm>>. Acesso em: 10 de fev. de 2021.
- LAWSON, R.E.; MOSS, A.R.; GIVENS, D.I. The role of dairy products in supplying conjugated linoleic acid to man's diet: a review. **Nutr. Res. Rev.** v.14, n.1, p.153-172. 2005.
- LEROY, J.L.M.R.; STURMEY, R.G.; VAN HOECK, V.; BIE, J.; MCKEEGAN, P.J.; BOLS, P.E.J. Dietary lipid supplementation on cow reproductive performance and oocyte and embryo viability: a real benefit? **Anim. Reprod.** v.10, n.3, p.258-267. 2013.
- LUCY, M.C. ADSA foundation scholar award reproductive loss in high-producing dairy cattle: Where will it end? **J. Dairy Sci.** v.84, n. p.1277-1293. 2001.
- LUCY, M.C.; LA SOTA, R.L.; STAPLES, C.R.; THATCHER, W.W. Ovarian Follicular Populations in Lactating Dairy Cows Treated with Recombinant Bovine Somatotropin (Somatotrobo) or Saline and Fed Diets Differing in Fat Content and Energy. **J. Dairy Sci.** v.76, n.4, p.1014-1027. 1993.
- MANDARINO, J.; ROESSING, A. **Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos.** 2ed. Londrina: Embrapa Soja. 2015. 41p.
- MATTOS, R.; STAPLES, C.R.; ARTECHE, A.; WILTBANK, M.C.; DIAZ, F.J.; JENKINS, T.C.; THATCHER, W.W. The effects of feeding fish oil on uterine secretion of PGF 2 $\alpha$ , milk composition, and metabolic status of periparturient Holstein cows. **J. Dairy Sci.** v.87, n.4, p.921-932. 2004.
- MATTOS, R.; STAPLES, C.R.; THATCHER, W.W. Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. **Rev. Reprod.** v.5, n.1, p.38-45. 2000.

MEIGNAN, T.; MADOUASSE, A.; BEAUDEAU, F.; ARIZA, J.M.; LECHARTIER, C.; BAREILLE, N. Does feeding extruded linseed to dairy cows improve reproductive performance in dairy herds? An observational study. **Theriogenology**. v.125, p.293-301. 2019.

MOALLEM, U.; LEHRER, H.; LIVSHITS, L.; ZACHUT, M. The effects of omega-3  $\alpha$ -linolenic acid from flaxseed oil supplemented to high-yielding dairy cows on production, health, and fertility. **Livest. Sci.** v.242, p.104302. 2020.

MOLENA-FERNANDES, C.; SCHIMIDT, G.; NETO-OLIVEIRA, E.; BERSANI-AMADO, C.; CUMAN, R.K. Avaliação dos efeitos da suplementação com farinha de linhaça (*Linum usitatissimum* L.) marrom e dourada sobre o perfil lipídico e a evolução ponderal em ratos Wistar. **Rev. Bras. Plantas Med.** v.12, n.2, p.201-207. 2010.

MULLER, L.D.; DELAHOY, J.E. Conjugated linoleic acid (CLA) implications for animal production and human health. **Dairy and Animal Science**. p.04-88, 1988.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7ed. Washington, D.C.: The National Academies Press; 2001. 405p.

OLIVEIRA, M.X.S.; PALMA, A.S.V.; REIS, B.R.; FRANCO, C.S.R.; MARCONI, A.P.S.; SHIOZAKI, F.A.; REIS, L.G.; SALLES, M.S.V.; NETTO, A.S. Inclusion of soybean and linseed oils in the diet of lactating dairy cows makes the milk fatty acid profile nutritionally healthier for the human diet. **PLoS ONE**. v.16, n.2, p.1-19. 2021.

OOMAH, B.D.; MAZZA, G. **Productos de linaza para la prevencion de enfermedades**. In: Alimentos funcionales: aspectos bioquímicos y de procesos. Acribia; 2000. p.93-140.

OSMARI, M.P.; VELHO, J.P.; WAECHTER, M.C.; RUTZ, R.; MARCHI, F.E.; ALMEIDA, P.S.G.; SILVA JÚNIOR, R.C.; SANTOS, G.T. Nitrogen fertilization changes the productivity and chemical composition of brown and golden flax grains. **Semin. Agrar.** v.40, n.6, p:3565-3476. 2019.

PALMQUIST, D.; MATTOS, W. **Metabolismo de lipídeos**. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. Nutrição de ruminantes. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p.287-310.

PEREIRA, P.A.C.; FERREIRA, A.M.; CARVALHO, L.B. Estimativa de Perdas na Produção de Leite devido ao aumento do Intervalo de Partos de rebanhos bovinos do Vale do Paraíba-SP. **Rev. Bras. Reprod. Anim.** v.28, p.233-236. 2004.

PETIT, H. V.; DEWHURST, R.J.; PROULX, J.G.; KHALID, M.; HARESIGN, W.; TWAGIRAMUNGU, H. Milk production, milk composition, and reproductive function of dairy cows fed different fats. **Can. J. Anim. Sci.** v.81, n.2, p.263-271. 2001.

PETIT, H.V.; BENCHAAAR, C. Importance de la nature des graisses alimentaires sur la reproduction des vaches laitières. **Rencontres Rech. Ruminants**. v.3, p.329-332. 2007.

PETIT, H.V.; DEWHURST, R.J.; SCOLLAN, N.D.; PROULX, J.G.; KHALID, M.; HARESIGN, W.; TWAGIRAMUNGU, H.; MANN, G.E. Milk production and composition, ovarian function, and prostaglandin secretion of dairy cows fed omega-3 fats. **J. Dairy Sci.** v.85, n.4, p.889-99. 2002.

PIRES, J.A.A.; SOUZA, A.H.; GRUMMER, R.R. Induction of hyperlipidemia by intravenous infusion of tallow emulsion causes insulin resistance in holstein cows. **J. Dairy Sci.** v.90, n.6, p.2735-2744. 2007.

PRADO, R.M.; PALIN, M.F.; PRADO, I.N.; SANTOS, G.T.; BENCHAAAR, C.; PETIT, H.V. Milk yield, milk composition, and hepatic lipid metabolism in transition dairy cows fed flaxseed or linola. **J. Dairy Sci.** v.99, n.11, p.8831-8846. 2016.

SANTOS, G.T.; DAMASCENO, J.C.; SILVA-KAZAMA, D.C. Manejo de vacas em lactação, secas e em período de transição. In: SANTOS, G.T.; MASSUDA, E.M.; SILVA KAZAMA, D.C.; JOBIM, C.C.; BRANCO, A.F. (Ed.) *Bovinocultura Leiteira - Bases zootécnicas, fisiológicas e de produção*. Maringá: EDUEM, 2010. p.109-141.

SARTORI, R.; DODE, M.A.N. **Morte embrionária na IA, TE, FIV e clonagem**. III Simpósio Int. Reprodução Anim. Apl. P.175-194. 2008.

SARTORI, R.; SARTOR-BERGFELT, R.; MERTENS, S.A.; GUENTHER, J.N.; PARRISH, J.J.; WILTBANK, M.C. Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. **J. Dairy Sci.** v.85, n.11, p.2803-2812. 2002.

SCHORI, F.; FRAGNIERE, C.; SCHAEREN, W.; STOLL, W. Graines de lin et de tournesol dans l'alimentation de la vache laitière. **Rev. Suisse Agric.** v.38, p.25-30. 2006.

SILVA, D.C.; SANTOS, G.T.; BRANCO, A.F.; DAMASCENO, J.C.; KAZAMA, R.; MATSUSHITA, M.; HORST, J.A.; SANTOS, W.B.R.; PETIT, H.V. Production performance and milk composition of dairy cows fed whole or ground flaxseed with or without monensin<sup>1,2</sup>. **J. Dairy Sci.** v.90, n.6, p.2928-2936. 2007.

SILVA, J.A.; HATAMOTO-ZERVOUDAKIS, L.K.; JÚNIOR, M.F.D.; SILVA, R.P.; TSUNEDA, P.P.; SILVA, L.E.S.; BARBOSA, L.A.B. Utilização de gordura na dieta de vacas leiteiras. **PUBVET, Publicações em Med. Veterinária e Zootec.** v.8, n.17. 2014;

STAPLES, C.R.; BURKE, J.M.; THATCHER, W.W. Influence of Supplemental Fats on Reproductive Tissues and Performance of Lactating Cows. **J. Dairy Sci.** v.81, n.3, p. 856-871. 1998.

STRONGE, A.J.H.; SREENAN, J.M.; DISKIN, M.G.; MEE, J.F. KENNY, D.A.; MORRIS, D.G. Post-insemination milk progesterone concentration and embryo survival in dairy cows. **Theriogenology.** v.64, n.5, p.1212-1224. 2005.

TALAVERA, F.; PARK, C.S.; WILLIAMS, G.L. Relationships among dietary lipid intake, serum cholesterol and ovarian function in holstein heifers. v.60, n.4, p.1045-1051. 1985.

THATCHER, W.W.; BILBY, T.R.; BARTOLOME, J.A.; SILVESTRE, F.; STAPLES, C.R.; SANTOS, J.E.P. Strategies for improving fertility in the modern dairy cow. **Theriogenology.** v.65, n.1, p.30-44. 2006.

THEURER, C.B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **J. Anim. Sci.** v.63, p.1649-1662. 1986.

WAMSLEY, N.; BURNS, P.; ENGLE, T.E.; ENNS, R. Fish meal supplementation alters uterine prostaglandin F<sub>2α</sub> synthesis in beef heifers with low luteal-phase progesterone. **J. Anim. Sci.** v.83, p.1832-1838. 2005.



WATERS, S.M.; COYNE, G.S.; KENNY, D.A.; MACHUGH, D.E.; MORRIS, D.G. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acid supplementation alters the expression of genes involved in the control of fertility in the bovine uterine endometrium. **Physiol. Genomics**. v.44, n.18, p.878-888. 2012.

WATHES, D.C.; ABAYASEKARA, D.R.E.; AITKEN, R.J. Polyunsaturated fatty acids in male and female reproduction. **Biol Reprod**. v.77, n.2, p.190-201. 2007.

ZACHUT, M.; DEKEL, I.; LEHRER, H.; ARIELI, A.; ARAV, A.; LIVSHITZ, L.; YAKOBY, S.; MOALLEM, U. Effects of dietary fats differing in n-6:n-3 ratio fed to high-yielding dairy cows on fatty acid composition of ovarian compartments, follicular status, and oocyte quality. **J. Dairy Sci**. v.93, n.2, p.529-45. 2010.



# LINHAÇA:

Perspectiva de Produção e Usos na  
Alimentação Humana e Animal

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

✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

📷 @atenaeditora

📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



# LINHAÇA:

Perspectiva de Produção e Usos na  
Alimentação Humana e Animal

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

✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

📷 @atenaeditora

📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)