

COLEÇÃO

DESAFIOS

DAS

ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

 Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO

DESAFIOS

DAS

ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

 Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe	
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira	
Assistentes editoriais	
Natalia Oliveira	
Flávia Roberta Barão	
Bibliotecária	
Janaina Ramos	
Projeto gráfico	
Natália Sandrini de Azevedo	
Camila Alves de Cremo	
Luiza Alves Batista	
Maria Alice Pinheiro	2021 by Atena Editora
Imagens da capa	Copyright © Atena Editora
iStock	Copyright do Texto © 2021 Os autores
Edição de arte	Copyright da Edição © 2021 Atena Editora
Luiza Alves Batista	Direitos para esta edição cedidos à Atena
Revisão	Editora pelos autores.
Os autores	Open access publication by Atena Editora



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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^a Dr^a 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. Elio Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
Prof. Dr. Julio Cândido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^a Dr^a Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^a Dr^a Gílrene 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
Prof^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^a Dr^a Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Prof^a Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^a Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^a Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal 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
Prof^a Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^a Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^a Dr^a Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Prof^a Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^a Dr^a 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 Gonçalo 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

Coleção desafios das engenharias: engenharia química

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Maiara Ferreira
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia química /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. –
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-226-2
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.262212307>

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

CDD 660

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declararam que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de e-commerce, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

O e-book: “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Química” constituído por dezessete capítulos de livros apresenta trabalhos das mais diversas áreas e que demonstram o quanto à área de Engenharia Química é interdisciplinar.

O primeiro trabalho avaliou a importância de se trabalhar em equipe por meio de projetos que contribuíra para um processo de ensino-aprendizagem mais significativo. No capítulo 2 e 3 são apresentados trabalhos sobre temáticas que geram muita discussão e resistência por parte da sociedade em aceitar: o potencial de contaminação dos cemitérios localizadas dentro do perímetro urbano da cidade e o tratamento de efluentes da indústria farmacêutica.

Os capítulos de 4 a 6 apresentam estudos que objetivam remover classes de contaminantes utilizando processos de adsorção tendo como adsorventes resíduos provenientes de garrafas PET e carvão ativado obtido a partir de ossos bovinos. Além disso, é apresentado um trabalho que avaliou a eficiência de um Processo Oxidativo Avançado (H_2O_2/UV) para remoção do corante verde Malaquita. Já os capítulos 7 e 8 apresentam estudos que utilizam biomassa provenientes do caroço do abacate e da fibra da casca de coco verde com o intuito de melhorar o processo de inibição da corrosão do aço carbono e o galvanizado, aumentando sua durabilidade e reduzindo custos. O capítulo 9 apresenta a aplicação em processos biotecnológicos que visam o isolamento de fungos por intermédio de atividades enzimáticas a partir da utilização de casca de café.

Os capítulos de 10 a 13 apresentam trabalhos que buscaram avaliar a potencialidade de matérias-primas provenientes de fontes naturais para a obtenção de uréia a partir de biogás; obtenção de energia a partir de células combustíveis proveniente de micro-organismos; obtenção de briquetes a partir de co-produtos da agroindústria e caracterização de microplásticos encontrados em ecossistemas aquáticos. Já os capítulos de 14 a 17 tratam de temas bem diversificados: *i)* caracterização físico-química de briquetes a partir do tratamento térmico; *ii)* estudo comparativo do calor específico do leite provenientes de diferentes espécies de animais; *iii)* proposta de um método colorimétrico alternativo e de baixo custo para quantificação de glicose e *iv)* análise da intensidade do refino sobre as propriedades do papel de fibras de NSBK.

Neste sentido, a Atena Editora vem trabalhando e buscando cada vez mais a excelência em publicação de livros e capítulos de livros de acordo com os critérios estabelecidos e exigidos pela CAPES para obtenção do *Qualis L1*. Com o compromisso de colaborar e auxiliar na divulgação e disseminação de trabalhos acadêmicos provenientes das inúmeras instituições de ensino públicas e privadas do Brasil e de outros países com acesso gratuito em diferentes plataformas digitais.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A PERCEPÇÃO DOS ESTUDANTES DO TRABALHO EM EQUIPE NO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA NA FES ZARAGOZA

Ana Lilia Maldonado Arellano

María Esmeralda Bellido Castaños

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123071>

CAPÍTULO 2..... 11

ANÁLISE DA ÁGUA DO LENÇOL FREÁTICO E SOLO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL FREI EDGAR – JOAÇABA – SC

José Carlos Azzolini

Daniel Claudino de Mello

Fabiano Alexandre Nienov

Eduarda de Magalhães Dias Frinhani

Adriana Biasi Vanin

Analu Mantovani

Leonardo Henrique de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123072>

CAPÍTULO 3..... 27

ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA, MODELAGEM MATEMÁTICA E SIMULAÇÃO DO TRATAMENTO VIA DIGESTÃO ANAERÓBIA DO LODO PROVENIENTE DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLuentes DE INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

Thalles de Assis Cardoso Gonçalves

Mário Luiz Pereira Souza

João Victor Silva Cardoso

Hugo Lopes Ferreira

Vitor Miller Lima Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123073>

CAPÍTULO 4..... 39

ESTUDOS INICIAIS DO USO DE RESÍDUOS DE PET (POLITEREFALATO DE ETILENO) COMO ADSORVENTE DO ÍON METÁLICO MANGANÊS (Mn^{2+}) EM SOLUÇÕES AQUOSAS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Vanessa Pires

Priscila Afonso Rodrigues de Sousa

Bruno Elias dos Santos Costa

Luciana Melo Coelho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123074>

CAPÍTULO 5..... 51

ADSORÇÃO DO HORMÔNIO 17β -ESTRADIOL EM CARVÃO ATIVADO DE OSSO BOVINO

Ramiro Picoli Nippes

Paula Derksen Macruz
Fernando Henrique da Silva
Aline Domingues Gomes
Patricia Lacchi da Silva
Camila Pereira Girotto
Mauricio Khenaifes
Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123075>

CAPÍTULO 6.....60

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO UV/H₂O₂ NA DESCOLORAÇÃO DO CORANTE VERDE DE MALAQUITA

Nayra Fernandes Santos
Ana Beatriz Neves Brito
Carlos Minoru Nascimento Yoshioka

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123076>

CAPÍTULO 7.....71

AVALIAÇÃO DO PÓ DA FIBRA DA CASCA DE COCO VERDE COMO INIBIDOR DE CORROSÃO NATURAL DO AÇO CARBONO EM MEIO ÁCIDO

Stéfany Saraiva Viana
Gabriel Abelha Carrijo Gonçalves
Lhaira Souza Barreto
Miriam Sanae Tokumoto
Fernando Cotting
Vera Rosa Capelossi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123077>

CAPÍTULO 8.....83

APLICAÇÃO DE FILMES DE SILANO VS/GPTMS MODIFICADOS COM O CAROÇO DO ABACATE PARA A PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DO AÇO GALVANIZADO

Luís Gustavo Costa Nimo Santos
Nayara Maria Santos de Almeida
Franco Dani Rico Amado
Fernando Cotting
Isabella Pacifico Aquino
Vera Rosa Capelossi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123078>

CAPÍTULO 9.....94

ISOLAMENTO DE FUNGOS COM ATIVIDADES ENZIMÁTICAS DE INTERESSE BIOTECNOLÓGICO A PARTIR DA CASCA DE CAFÉ

Flaviana Pena Natividade
Boutros Sarrouh

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123079>

CAPÍTULO 10.....112**TÉCNICAS DE CARACTERIZAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EMPREGADAS EM ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS BRASILEIROS**

Maurício Zimmer Ferreira Arlindo

Andressa Rossatto

Taiana Denardi de Souza

Christiane Saraiva Ogrodowski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230710>**CAPÍTULO 11.....118****PIRÓLISE SUAVE DE BRIQUETES DE COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS**

Amanda de Araújo Drago

Viktória Oliveira Diaz de Lima

Débora Hungaro Micheletti

Aline Bavaresco dos Santos

Adriana Ferla de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230711>**CAPÍTULO 12.....126****OBTENÇÃO DE UREIA A PARTIR DE BIOGÁS: BALANÇOS MATERIAIS E ENERGÉTICOS**

Daniela de Araújo Sampaio

Júlio Sancho Linhares Teixeira Militão

Jeferson Marcos Silva Moraes

Ana Paula Machado Pereira

Antônio Carlos Duarte Ricciotti

Viviane Barrozo da Silva

Hebert Sancho Linhares Garcez Militão

Diogo Kesley Oliveira de Menezes

Avner Vianna Gusmão Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230712>**CAPÍTULO 13.....140****INTEGRAÇÃO DE SISTEMA DE ELUTRIAÇÃO EM CÉLULA COMBUSTÍVEL MICROBIOLÓGICA PARA ALIMENTAÇÃO CONTÍNUA DE MATÉRIA ORGÂNICA E GERAÇÃO DE ENERGIA**

Ricardo Pereira Branco

Taiana Denardi de Souza

Christiane Saraiva Ogrodowski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230713>**CAPÍTULO 14.....144****CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ENERGÉTICA DE BRIQUETES DE GUANDU SUBMETIDOS A TRATAMENTO TÉRMICO**

Viktória Oliveira Diaz de Lima

Débora Hungaro Micheletti

Matheus de Paula Gonçalves

Fernanda Bach Gasparin

Bruno Aldo de Moura Nekel Ribeiro

Aline Bavaresco dos Santos

Valdir Luiz Guerini

Adriana Ferla de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230714>

CAPÍTULO 15.....152

ESTUDO COMPARATIVO DO CALOR ESPECÍFICO DE LEITE DE DIFERENTES
ESPÉCIES ANIMAIS: INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO E DA TEMPERATURA

Halissom Clever Sanches

Rodrigo Rodrigues Evangelista

Marcio Augusto Ribeiro Sanches

André Luiz Borges Machado

Ana Lúcia Barreto Penna

Javier Telis Romero

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230715>

CAPÍTULO 16.....169

DETERMINAÇÃO COLORIMÉTRICA DE GLICOSE ATRAVÉS DA FORMAÇÃO DE
NANOPARTÍCULAS DE OURO SOBRE PAPEL

Jacqueline Arguello da Silva

Bernardo Brito Vacaro

Vladimir Lavayen

Thágó Moreira Klein

Manoelly Oliveira Rocha

Vanessa Cezar Ribas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230716>

CAPÍTULO 17.....181

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA INTENSIDADE DO REFINO TIPO PFI NAS PROPRIEDADES
DO PAPEL DE FIBRAS DE *NORTHERN BLEACHED SOFTWOOD KRAFT* (NBSK)

Gustavo Batista

Rajnish Kumar

Franklin Zambrano

Hasan Jameel

Ronalds Gonzalez

Antonio José Gonçalves da Cruz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230717>

SOBRE O ORGANIZADOR.....187

ÍNDICE REMISSIVO.....188

CAPÍTULO 15

ESTUDO COMPARATIVO DO CALOR ESPECÍFICO DE LEITE DE DIFERENTES ESPÉCIES ANIMAIS: INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO E DA TEMPERATURA

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 06/05/2021

Halissom Clever Sanches

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos (DETA), São José do Rio Preto – São Paulo – Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5749603624511999>

Rodrigo Rodrigues Evangelista

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos (DETA), São José do Rio Preto – São Paulo – Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4542903012584676>

Marcio Augusto Ribeiro Sanches

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos (DETA), São José do Rio Preto – São Paulo – Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6940419114030772>

André Luiz Borges Machado

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos (DETA), São José do Rio Preto – São Paulo – Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4278774730558540>

Ana Lúcia Barreto Penna

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos (DETA), São José do Rio Preto – São Paulo – Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8710975442052503>

Javier Telis Romero

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos (DETA), São José do Rio Preto – São Paulo – Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4985772200782832>

RESUMO: O leite é um produto importante na alimentação humana devido a seu elevado valor nutricional, e utilizado como ingrediente em diversos tipos de alimentos. Diferentes processos industriais são aplicados ao leite para consumo como leite fluido, assim como para a fabricação de diversos derivados, tais como queijos, leites fermentados, manteiga, leites concentrados e desidratados, entre outros. Esses processos são essenciais para garantir segurança e qualidade ao produto final. O conhecimento das propriedades termofísicas dos alimentos, tal como o calor específico, é necessário para o dimensionamento de projetos térmicos, bem como a determinação do campo acústico em processos que envolvam o uso do ultrassom. Este trabalho objetivou determinar o calor específico de leite de quatro diferentes espécies (vaca,

búfala, cabra e ovelha) em uma ampla faixa de temperatura (1 – 90°C), propor um modelo matemático para descrever os dados experimentais, assim como comparar os modelos obtidos com as equações tradicionais. A composição química do leite foi determinada para verificar sua influência no calor específico. O calor específico aumentou com a temperatura e é maior para leite com baixos teores de sólidos e de lipídeos. Os modelos polinomiais de primeira e segunda ordem melhor se ajustaram aos dados experimentais do calor específico em função da temperatura.

PALAVRAS - CHAVE: Propriedade termofísica, modelagem matemática, composição química, processos térmicos.

COMPARATIVE STUDY OF SPECIFIC HEAT OF MILK FROM DIFFERENT ANIMAL SPECIES: INFLUENCE OF COMPOSITION AND TEMPERATURE

ABSTRACT: Milk is an important product for human consumption due to its high nutritional value, and it is used as ingredient in several kinds of food. Different industrial processes are applied in milk for the consumption as fluid milk as well as for the production of dairy products, such as cheese, fermented milk, butter, concentrated and dehydrated milk, among others. These processes are essential to guarantee safety and quality to the final product. The knowledge of thermophysical properties, such as specific heat, is necessary for the dimensioning of thermal projects, as well as the determination of the acoustic field in processes involving the use of ultrasound. This study aimed to determine the specific heat of milk of four different species (cow, buffalo, goat and sheep) over a wide temperature range (1 - 90 ° C), propose a mathematic model to describe the experimental data, as well as to compare the obtained model with traditional equations. The chemical composition of milk was determined to verify its influence on specific heat. Specific heat increased with temperature and it is higher for milk with lower total solids and fat contents. The first and second order polynomial models were better fitted to the experimental data of specific heat as a function of temperature.

KEYWORDS: Thermophysical property, mathematical modeling, chemical composition, thermal processes.

1 | INTRODUÇÃO

O leite é um dos produtos da agropecuária mais importantes da dieta humana. Está presente na alimentação de cerca de 80% da população, contribuindo com 5% da energia, 10% da proteína e 9% da gordura consumida no planeta. No Brasil, segundo o IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o valor de vendas da fabricação de laticínios perde apenas para carnes, açúcar, cerveja e refrigerante. Portanto, o setor lácteo gera mais riqueza que milho, soja e café, *commodities* de grande relevância do agronegócio do país. Ele é um dos produtos que compõem a cesta básica brasileira, estando presente em 91,6% dos lares. Segundo pesquisa realizada para a Abras - Associação Brasileira de Supermercados, outros derivados lácteos também possuem elevados índices de consumo, tais como leite condensado (90,1%), creme de leite (89,7%) e requeijão (64,5%) (SIQUEIRA; RAMALHO, 2020).

O total de leite de vaca produzido no Brasil em 2019 chegou a 34,84 bilhões de litros, registrando um aumento de 13,44% desde 2010, segundo dados do IBGE em Pesquisa da Pecuária Municipal (IBGE, 2021a). A produção de leite no Brasil é predominantemente de vaca, com 99,62% da produção total de leite no país, sendo 0,01% leite de ovelha, 0,09% leite de cabra e 0,29% leite de búfala, segundo o Censo Agro 2017 (IBGE, 2021b). Contudo, apesar da menor produção, leite de outras espécies produzidas no país tem sua importância na geração de emprego, renda e produtos com características artesanais. Numerosos estudos se concentraram no leite de vaca, embora leites de outras espécies animais, como búfalos, ovelhas, cabras e camelos, sejam essenciais para a dieta humana em várias partes do mundo (MÉNARD et al., 2010).

No cenário mundial, como maiores produtores de leite (todas espécies), se destacam Índia, União Europeia e EUA, estando o Brasil em uma posição de destaque na 4^a colocação com 4,2% da produção Mundial (Quadro 1). Na produção de leite de vaca, EUA e Índia são líderes com 152 milhões de toneladas (Quadro 2). Para o leite de búfala, Índia e Paquistão tem a maior representatividade com 94 milhões de toneladas (Quadro 3). O leite de cabra tem destaque para Índia, Bangladesh e Sudão (Quadro 4). China e Turquia são os maiores produtores de leite de ovelha (Quadro 5). Tanto leite de ovelha como de cabra tem uma contribuição na produção mundial bem menor que leite de vaca e de búfala.

País	Produção (ton)
1 Índia	186.143.000
2 União Europeia	167.256.000
3 EUA	98.646.000
4 Paquistão	45.623.000
5 Brasil	35.539.000
6 China	31.592.000
7 Russia	31.527.000
8 Turquia	22.791.000
9 Nova Zelândia	21.372.000
Mundo	842.989.000

Quadro 1: Maiores produtores de leite do Mundo, em 2018 (FaO,2020)

País	Produção (ton)
1 EUA	91.271.058
2 Índia	60.600.000
3 China	35.310.000
4 Brasil	34.255.236
5 Alemanha	31.122.000
6 Russia	30.285.969
7 França	23.714.357
8 Nova Zelândia	18.883.000
9 Turquia	16.655.009
10 Reino Unido	13.941.000

Quadro 2: Os dez maiores produtores de leite de vaca, em 2013 (FAO, 2016)

País	Produção (ton)
1 Índia	70.000.000
2 Paquistão	24.370.000
3 China	3.050.000
4 Egito	2.614.500
5 Nepal	1.188.433
6 Myanmar	309.000
7 Itália	194.893
8 Sri Lanka	65.000
9 Iran	65.000
10 Turquia	51.947

Quadro 3: Os dez maiores produtores de leite de búfala, em 2013 (FAO,2016)

País	Produção (ton)
1 India	5.000.000
2 Bangladesh	2.616.000
3 Sudão	1.532.000
4 Paquistão	801.000
5 Mali	720.000
6 França	580.694
7 Espanha	471.999
8 Turquia	415.743
9 Somália	400.000
10 Grécia	340.000

Quadro 4: Os dez maiores produtores de leite de cabra, em 2013 (FAO, 2016)

País	Produção (ton)
1 China	1.540.000
2 Turquia	1.101.013
3 Grécia	705.000
4 Síria	684.578
5 Romênia	632.582
6 Espanha	600.568
7 Sudão	540.000
8 Somália	505.000
9 Irã	470.000
10 Itália	383.837

Quadro 5: Os dez maiores produtores de leite de ovelha, em 2013 (FAO, 2016)

O leite de cabra apresenta propriedades nutricionais e terapêuticas que o tornam superior ao leite bovino, por exemplo, melhor digestibilidade, alcalinidade, proteínas de alto valor nutritivo, hipoalergenicidade, entre outros, que são motivos de consumo por grupos especiais, como alérgicos ao leite de vaca, idosos e crianças. Outro fator marcante está relacionado às características sensoriais, especialmente o sabor e o aroma típicos, que são responsáveis pela aceitação ou rejeição dos produtos por parte dos consumidores (GARCIA; TRAVASSOS, 2012).

O leite de búfala é um dos mais ricos do ponto de vista composicional. Particularmente, a gordura constitui a principal fração do leite de búfala e é responsável por seu alto valor energético e nutritivo, adquirindo uma grande importância em países com rebanhos expressivos desse animal (MÉNARD et al., 2010).

A maior parte do leite de ovelha produzido no mundo é processado para fabricação de queijo, iogurte e outros produtos lácteos. Por esse motivo, a relação entre nutrição da ovelha e qualidade do leite é avaliada principalmente em termos de suas propriedades tecnológicas e de coagulação, que são marcadamente afetadas pela concentração de gordura e proteína do leite e pelo conteúdo de células somáticas (PULINA et al., 2018). A concentração de gordura e proteína do leite e a contagem de células somáticas (CCS) afetam profundamente as propriedades tecnológicas e de coagulação do leite, tendo um grande impacto no rendimento e na qualidade dos produtos lácteos (NUDDA et al., 2020).

O leite é um alimento perecível e sua conservação por longos períodos é um desafio para a indústria de laticínios, pois micro-organismos e enzimas naturais do leite ou exógenas podem causar rápida deterioração. Para prolongar sua vida útil e manter a qualidade, a atividade microbiana e enzimática indesejável deve ser eliminada ou reduzida (AADIL et al., 2015).

O tratamento térmico é a operação unitária mais comum e amplamente utilizada para pasteurização e esterilização na indústria de alimentos. Convencionalmente, a pasteurização é usada para eliminar os micro-organismos patogênicos e garantir que o

leite seja seguro para consumo humano. No entanto, durante o tratamento térmico, conferir estabilidade e segurança ao leite e produtos lácteos, os constituintes do leite sensíveis ao calor sofrem muitas modificações físicas e químicas, que alteram as propriedades sensoriais (textura, aroma e sabor) e nutricionais (perdas de vitaminas) dos produtos processados (AMARAL et al., 2017; BARBA et al., 2016; TAMIME, 2009).

Além dos processos térmicos, tem-se alternativas de uso de novas tecnologias com tempos de processamento mais curtos e aquecimento mínimo, em ambientes de pesquisa e industriais. A maioria dos efeitos negativos do tratamento térmico pode ser reduzida pelo uso de tecnologias não térmicas, resultando em um produto alimentar com melhor qualidade. Os processos não térmicos para conservação de alimentos incluem: aquecimento ôhmico, alta pressão hidrostática, processamento em campo elétrico de pulso, irradiação, micro-ondas e ultrassom (SINGLA; SIT, 2021).

Estes processos apresentam a vantagem de minimizar as alterações nas propriedades físicas, sensoriais e nutricionais dos alimentos processados; além disso, garantem a segurança do produto, economizam tempo e reduzem os custos de processamento (GHOSH, 2017).

Na maioria dos tratamentos, tanto térmicos como os considerados “não térmicos”, quando do dimensionamento dos equipamentos envolvidos é necessário o conhecimento das propriedades termofísicas dos alimentos, tais como: densidade, calor específico, condutividade térmica e difusividade térmica (GUT; SONG, 2016).

Na literatura é possível encontrar coletânea de dados referentes as essas propriedades termofísicas de diferentes produtos alimentícios, incluindo leite e derivados, bem como equações preditivas que correlacionam tais propriedades com a temperatura, composição química, teor de sólidos entre outros fatores (COSTA; SILVA; VIEIRA, 2018; DE CASTILHOS et al., 2017, 2018; EVANGELISTA et al., 2020; MARTINS et al., 2020; POLACHINI et al., 2016, 2017). Entretanto, na ausência destes dados específicos para determinado alimento, uma alternativa consiste na utilização das equações preditivas, tal como as propostas por Choi e Okos (1986) (Quadro 6), que são as mais utilizadas para cálculo de equipamentos, as quais relacionam as propriedades termofísicas como funções da temperatura e composição do alimento, onde T é a temperatura ($^{\circ}\text{C}$), c_{pi} é o calor específico do componente i ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$) e X_i a fração mássica do componente i .

Propriedade	Componente	Equação (T em °C)	
Calor específico (c_p) [kJ.kg ⁻¹ .°C ⁻¹]	Proteínas	$c_p = 2,0082 + 1,2089 \times 10^{-3}T - 1,3129 \times 10^{-6}T^2$	(1)
	Gorduras	$c_p = 1,9842 + 1,4733 \times 10^{-3}T - 4,8008 \times 10^{-6}T^2$	(2)
	Carboidratos	$c_p = 1,5488 + 1,9625 \times 10^{-3}T - 5,9399 \times 10^{-6}T^2$	(3)
	Fibras	$c_p = 1,8459 + 1,8306 \times 10^{-3}T - 4,6509 \times 10^{-6}T^2$	(4)
	Cinzas	$c_p = 1,0926 + 1,8896 \times 10^{-3}T - 3,6817 \times 10^{-6}T^2$	(5)
	Água	$c_p = 4,1762 - 9,0864 \times 10^{-5}T + 5,4731 \times 10^{-6}T^2$	(6)
$c_p = \sum_{i=1}^6 X_i c_{p_i}$			(7)

Quadro 6 – Equações preditivas para calor específico dos principais componentes dos alimentos ($0 \leq T \leq 150^\circ$).

Fonte: CHOI; OKOS (1986).

A capacidade calorífica ou calor específico (c_p) é uma propriedade termodinâmica fundamental que desempenha importante papel em processos que envolvem adsorção, liberação ou transferência de calor. No que diz respeito ao processamento industrial de alimentos, o calor específico está presente no dimensionamento de equipamentos envolvidos em operações unitárias que conferem trocas térmicas, tais como: esterilização, pasteurização, secagem, refrigeração e congelamento (HU et al., 2009) were determined in the temperature range 1-59 °C by means of a continuous differential scanning calorimeter (DSC).

Outra aplicação prática do calor específico está na determinação do campo acústico real em processos que envolvem a tecnologia de ultrassom de potência, uma vez que parte da potência de entrada é convertida pelo equipamento de ultrassom em potência acústica no produto (GUIMARÃES et al., 2020; POLACHINI et al., 2021; POLACHINI; DE CARVALHO; TELIS-ROMERO, 2017) ultrasound can be a clean intensifying alternative. This work studied the ultrasound-assisted hydration of wheat grains at different nominal input power (0–1500 W. A determinação do campo acústico pode ser realizada por meio do método calorimétrico. Este método considera que o aumento da temperatura promovido durante a aplicação do ultrassom é uma consequência do processo de cavitação (MARGULIS; MARGULIS, 2003). Para tal determinação, deve-se empregar a Equação 8:

$$P = mc_p \frac{dT}{dt} \quad (8)$$

onde P é a potência acústica (W); m é a massa de líquido (kg); c_p é o calor específico do líquido (J.kg⁻¹.°C⁻¹) e dT/dt é a taxa de aquecimento (°C.s⁻¹).

Hu et al. (2009) were determined in the temperature range 1-59 °C by means of a continuous differential scanning calorimeter (DSC) determinaram modelos matemáticos

que representassem o calor específico do leite como função da temperatura (1 a 59 °C) e conteúdo de gordura. Contudo, os modelos empregados apresentavam elevadas ordens (polinômios de sexta e sétima ordens) o que pode tornar mais complexa a utilização do modelo. Por outro lado, Minim et al. (2002) determinaram um modelo linear para representar as propriedades físicas do leite de vaca, contudo empregando três variáveis combinadas: o conteúdo de água, o conteúdo de gordura e a temperatura.

Diante deste contexto o presente trabalho objetivou determinar o calor específico de leite de diferentes espécies, em diferentes temperaturas, propor um modelo matemático para descrever os dados experimentais, assim como comparar os modelos obtidos com as equações tradicionais propostas por Choi e Okos (1986) (Quadro 6).

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria prima

Amostras de leite de diferentes espécies (vaca, búfala, cabra e ovelha) foram obtidas por doação da Fazenda Santa Mônica, município de Jaborandi-SP. As amostras de leite cru, refrigerado de 4 a 7°C, após ordenha, foram acondicionadas em garrafas de vidro, previamente higienizadas e esterilizadas, e transportadas para o Laboratório de Medidas Físicas da Unesp, Campus de São José do Rio Preto – SP, onde foram armazenadas sob refrigeração a $5 \pm 1^\circ\text{C}$ para posteriores análises.

Foram realizadas 5 coletas ($n=5$), no período de junho a agosto de 2015, onde em cada dia de coleta obteve-se 1 litro de leite de cada espécie (vaca, búfala, cabra e ovelha), totalizando 20 amostras.

2.2 Composição química do leite de diferentes espécies

As amostras de leite foram caracterizadas quanto à sua composição química (teor de sólidos, proteínas, lipídeos, cinzas e carboidratos). O teor de sólidos foi determinado pelo método gravimétrico em estufa a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ até atingir peso constante (IAL, 2008, p. 1020 - método 012/IV). O teor de proteínas foi determinado pelo método de Kjedahl (AOAC, 2005 - método 991.20). O conteúdo de lipídeos foi determinado pela leitura direta do percentual de gordura através do butirômetro de Gerber (AOAC, 2005 - método 2000.18). O conteúdo de cinzas foi determinado por meio de incineração em mufla (AOAC, 2005 - método 935.42) e finalmente o teor de carboidratos foi calculado por diferença.

2.3 Determinação do calor específico

A capacidade calorífica do leite de diferentes espécies foi medida aplicando a técnica de calorimetria diferencial de varredura utilizando um DSC 8000 (Perkin Elmer, Shelton, CT), em uma ampla faixa de temperatura, que simulam as condições de processamento térmico do leite (1, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C). O equipamento

DSC foi previamente calibrado com índium (T_f 156,6°C, $\Delta H_f = 28,45 \text{ kJ/kg}$) em uma taxa de aquecimento de $10 \text{ }^{\circ}\text{C}.\text{min}^{-1}$. A purga com o gás nitrogênio (pureza de 99,5%) a uma taxa de aproximadamente $20 \text{ mL}.\text{min}^{-1}$. Panelas de alumínio para líquidos pesando $24,01 \pm 0,04 \text{ mg}$ (ref. 0219-0062, Perkin Elmer, EUA) foram usadas como linha de base e também como recipientes para discos de safira de 3 mm de diâmetro (ref. 0219-1268, Perkin Elmer, Shelton, USA), como material de referência na calibração da taxa de aquecimento (ARCHED, 1993). Foram utilizadas $5 \mu\text{L}$ de amostra, sendo acondicionadas nas panelas de alumínio, o qual foram seladas e previamente pesadas antes de cada procedimento experimental. A linha base, material de referência e as amostras foram submetidos ao seguinte procedimento sequencial: isotérmico $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 4 minutos, taxa de aquecimento a $10 \text{ }^{\circ}\text{C}.\text{min}^{-1}$ até $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e isotérmico a $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 4 minutos, conforme a metodologia descrita pela ASTM International (ASTM E1269, 2005). Para análise dos dados, foi empregado o software PYRIS 11.0 (Perkin Elmer, Shelton, USA). Os calores específicos das amostras de leite foram determinados empregando a Equação 9:

$$c_p = \frac{D_s}{W_s \theta} \quad (9)$$

onde D_s é a potência térmica do respectivo material de referência em determinada temperatura (mW), W_s é a massa da amostra (mg) e θ representa a taxa de aquecimento ($^{\circ}\text{C}.\text{min}^{-1}$).

2.4 Modelagem matemática e análise estatística

Os valores médios dos calores específicos do leite de diferentes espécies foram utilizados para realizar a modelagem matemática dos dados. A Equação 10 representa a forma geral de polinômio de terceira ordem. Para tal análise, regressões não lineares utilizando o software OriginPro 2016 (OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA) foram realizadas. A qualidade do ajuste do modelo aos dados experimentais e a escolha do melhor modelo foi realizada por meio dos seguintes parâmetros estatísticos, obtidos pelo próprio software matemático: coeficiente de determinação ajustado (R_{Adj}^2) e χ^2 reduzido. Valores de R_{Adj}^2 próximos de um e χ^2 reduzido próximos de zero indicam melhor acuracidade do modelo aos dados experimentais (VEGA-GÁLVEZ et al., 2010)the drying kinetics of olive cake during convective dehydration at five temperatures (50, 60, 70, 80 and 90 °C). Os resultados obtidos pelo modelo escolhido foram comparados aos resultados obtidos pelo modelo de Choi e Okos (1986) (Equação 7), empregando o erro médio relativo (EMR), conforme a Equação 11:

$$c_{pi} = \phi_1 + \phi_2 T + \phi_3 T^2 + \phi_4 T^3 \quad (10)$$

onde c_{pi} é o calor específico do leite da espécie i ($\text{J}.\text{kg}^{-1}.\text{}^{\circ}\text{C}^{-1}$); ϕ_i constante empírica do modelo e T é a temperatura ($^{\circ}\text{C}$).

$$EMR(\%) = \frac{|v_{observado} - v_{obtido}|}{v_{observado}} \times 100 \quad (11)$$

onde EMR é o erro médio relativo (%); $v_{observado}$ é calor específico obtido pelo modelo matemático e v_{obtido} é o calor específico obtido pela equação de Choi e Okos (1986).

Os resultados foram expressos como média \pm desvio padrão para composição química do leite e calor específico. Os dados submetidos a Análise de Variância (ANOVA) seguido do teste de comparação múltipla de Tukey ao nível de significância 5%. As análises estatísticas foram realizadas no software Minitab 17 (Lead Technologies, State College, PA, USA).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição química dos leites

A composição química dos leites de vaca, de búfala, de cabra e de ovelha está apresentada na Tabela 1.

Componente	Vaca	Búfala	Cabra	Ovelha	Valor P
Teor de Sólidos	11,74 \pm 0,03 ^b	15,21 \pm 0,06 ^c	11,32 \pm 0,05 ^a	17,94 \pm 0,03 ^d	< 0,001
Lipídeos	3,37 \pm 0,02 ^c	6,91 \pm 0,03 ^b	3,09 \pm 0,02 ^d	7,44 \pm 0,04 ^a	< 0,001
Proteínas	3,11 \pm 0,03 ^b	3,11 \pm 0,02 ^b	3,08 \pm 0,02 ^c	5,48 \pm 0,03 ^a	< 0,001
Cinzas	0,69 \pm 0,01 ^c	0,73 \pm 0,01 ^b	0,69 \pm 0,01 ^c	0,89 \pm 0,01 ^a	< 0,001
Carboidratos	4,58 \pm 0,03 ^a	4,47 \pm 0,06 ^b	4,46 \pm 0,06 ^b	4,13 \pm 0,02 ^c	< 0,001

Tabela 1 – Composição química do leite de diferentes espécies (g/100g de amostra).

Letras diferentes na mesma linha indica diferença significativa de acordo com a Análise de Variância e teste de comparação múltipla de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Os valores de teor de sólidos das amostras de leite de diferentes espécies variaram em 6,62 g/100g de amostra, diferindo estatisticamente ($P < 0,001$) entre si. O leite de cabra apresentou os menores teores de sólidos, enquanto o leite de ovelha apresentou os maiores valores. Com relação aos teores de lipídeos, o leite de ovelha e de búfala apresentaram, em média, o dobro do teor obtido no leite de vaca e cabra. As amostras de leite de todas as espécies diferiram estatisticamente ($P < 0,001$) quanto aos teores de lipídeos presentes em sua composição. Quanto aos teores de proteínas, o leite de ovelha apresentou o maior valor, estando em média, 77% maior que o leite das demais espécies, apresentando diferença estatística significativa ($P < 0,001$). A variação de teor de cinzas do leite das diferentes espécies, foi menor quando comparado com os demais componentes, também apresentando diferença estatística significativa ($P < 0,001$). Por fim, com relação aos carboidratos, o maior conteúdo foi identificado no leite de vaca, porém apenas 5%,

em média, maior que nas demais espécies. Os teores de carboidratos das amostras apresentaram diferença significativa ($P < 0,001$), exceto para leite de búfala e de cabra.

Os resultados obtidos para a composição química do leite de ovelha estão em concordância com dados relatados na literatura (MERLIN-JUNIOR et al., 2015; TICIANI et al., 2013) physical and microbiological composition of sheep milk from South Brazil. Thus, the aim of this study was to describe chemical and microbiological characteristics of sheep milk produced on two rural properties located in southern Brazil (Paraná and Rio Grande do Sul). De acordo com Morand-Fehr et al. (2007) the milk components (fat, protein, lactose, a composição química do leite de ovelha depende de fatores de produção que constituem o sistema de criação: características sanitárias e genótipos dos animais, condições agroclimáticas, ambiente social e econômico e métodos de alimentação e ordenha. Tais fatores podem contribuir direta ou indiretamente nas características químicas do leite.

Em geral, o conteúdo de proteínas no leite de cabra é inferior ao leite de vaca (CRUZ et al., 2017; DELGADO JÚNIOR; SIQUEIRA; STOCK, 2020), porém, por serem valores próximos acredita-se que não influenciou o valor de calor específico obtido. Não foi encontrado na literatura uma relação entre calor específico e teor de proteínas. Os resultados obtidos no presente estudo estão em acordo com os reportados na literatura quando comparado os leites de cabra e vaca. Apesar do baixo conteúdo de proteína para o leite de cabra, as micelas de caseínas constituinte do leite de cabra são formadas principalmente pela β -caseína, que representam aproximadamente 53% do total de caseínas, o que no leite de vaca não chega a 40% (DELGADO JÚNIOR; SIQUEIRA; STOCK, 2020). O leite de cabra possui grandes quantidades das frações α_{s2} -caseína e κ -caseína, conteúdo semelhante ao encontrado no leite de vaca, porém a fração α_{s1} -caseína é menor no leite caprino em comparação ao leite bovino. Há estudos que relacionaram o menor potencial alergênico do leite caprino, devido seu baixo conteúdo da fração α_{s1} -caseína, sendo tolerável para crianças com alergias ao leite de vaca (CRUZ et al., 2017).

A composição química do leite das diferentes espécies, determinada no presente estudo, é semelhante aos dados relatados na literatura (SHAKERIAN; KIANI; EHSANI, 2016). O leite de búfala destaca-se pelo alto teor de lipídeos, e é amplamente empregado na produção de queijos, desta forma, o conhecimento da sua composição é essencial para o controle da produção. Apesar de apresentar conteúdo de proteínas próximo ou similar ao leite de vaca, as frações de micelas de caseínas que compõem o leite de búfala se diferem, pois o leite bubalino pode apresentar até duas vezes mais as frações de α_{s2} -caseína e β -caseína e baixas concentrações de α_{s1} -caseína (FELIGINI et al., 2009; FOX, 2003; SHAKERIAN; KIANI; EHSANI, 2016).

3.2 Calor específico

Os resultados do calor específico do leite de diferentes espécies, em diferentes temperaturas estão descritos na Tabela 2.

Temp. (°C)	Vaca	Búfala	Cabra	Ovelha	Valor P ¹
1	3862,9 ± 5,9 ^{iA}	3674,1 ± 1,9 ^{jB}	3859,1 ± 2,3 ^{hA}	3602,1 ± 3,4 ^{jC}	< 0,001
10	3870,7 ± 1,7 ^{hiA}	3699,9 ± 2,5 ^{iC}	3861,8 ± 1,4 ^{hB}	3627,8 ± 3,4 ^{hD}	< 0,001
20	3876,8 ± 2,1 ^{ghA}	3720,3 ± 5,5 ^{hC}	3867,3 ± 3,1 ^{hB}	3648,2 ± 7,2 ^{gD}	< 0,001
30	3885,3 ± 11,2 ^{fgA}	3740,2 ± 0,4 ^{gB}	3879,9 ± 1,2 ^{gA}	3671,4 ± 1,2 ^{fC}	< 0,001
40	3889,3 ± 9,9 ^{fA}	3759,8 ± 9,6 ^{fB}	3888,7 ± 3,9 ^{fA}	3669,1 ± 10,1 ^{fC}	< 0,001
50	3906,2 ± 1,7 ^{eA}	3779,3 ± 15,1 ^{eB}	3902,1 ± 4,7 ^{eA}	3716,7 ± 12,5 ^{eC}	< 0,001
60	3922,2 ± 2,9 ^{dA}	3797,4 ± 15,3 ^{dB}	3917,5 ± 4,6 ^{dA}	3737,5 ± 12,6 ^{dC}	< 0,001
70	3949,9 ± 1,7 ^{cA}	3824,4 ± 10,4 ^{cB}	3935,3 ± 5,3 ^{cA}	3762,7 ± 12,6 ^{cC}	< 0,001
80	3970,9 ± 1,6 ^{bA}	3844,9 ± 4,1 ^{bC}	3955,4 ± 5,9 ^{bB}	3783,6 ± 14,2 ^{bD}	< 0,001
90	3994,4 ± 1,5 ^{aA}	3864,6 ± 1,7 ^{aC}	3984,5 ± 4,4 ^{aB}	3804,5 ± 6,1 ^{aD}	< 0,001
Valor P²	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	

Tabela 2 – Calor específico ($\text{cp, J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$) de leite de diferentes espécies, em diferentes temperaturas.

^{1,2}Letras maiúsculas diferentes na mesma linha e letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas de acordo com a Análise de Variância (ANOVA) e teste de comparação múltipla de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Para o leite de todas as espécies, houve diferença significativa ($P < 0,001$) no calor específico, que aumentou com o aumento da temperatura, tal como descrito na literatura (HU et al., 2009; MINIM et al., 2002) thermal conductivity, and density of whole milk, skimmed milk, and partially skimmed milk were determined at concentrations varying from (72,0 to 92,0.

O calor específico foi influenciado pela composição do leite, ou seja, houve diferenças significativas ($P < 0,001$) entre o leite de diferentes espécies em uma mesma temperatura. O leite de vaca e de cabra, em quase todas as temperaturas, apresentaram calor específico semelhante ($P > 0,05$), além disso, o calor específico foi maior do que o observado para as demais espécies. Isso pode estar relacionado com menor teor de sólidos presente no leite de vaca e de cabra (Tabela 1). Por outro lado, os menores valores de calor específico foram encontrados para o leite de ovelha, o qual apresentou em sua composição maiores teores de sólidos e de lipídeos (Tabela 1).

O efeito da temperatura e dos conteúdos de água e lipídeos nas propriedades termofísicas do leite de vaca foram estudados por Minim et al. (2002), os quais relataram que leite com maiores conteúdos de água apresentaram maiores valores de calor específico, enquanto leite com maiores conteúdos de lipídeos apresentaram menores valores de calor específico.

3.3 Modelagem matemática

Três modelos polinomiais empíricos foram ajustados aos dados experimentais obtidos (Tabela 3), de modo a determinar uma equação que descrevesse o calor específico em função da temperatura para o leite das diferentes espécies.

Constate	Vaca			Búfala		
	1º Grau	2º Grau	3º Grau	1º Grau	2º Grau	3º Grau
ϕ_1	3847,43	3866,01	3864,84	3675,9	3675,73	3673,42
ϕ_2	1,45	0,09	0,28	2,1	2,11	2,49
ϕ_3		0,02	0,01		$1,4 \times 10^{-4}$	-0,01
ϕ_4			$4,1 \times 10^{-5}$			$8,1 \times 10^{-5}$
R_{Adj}^2	0,925	0,994	0,993	0,998	0,998	0,998
X^2	153,94	12,46	13,74	7,3	8,32	6,62
Constate	Cabra			Ovelha		
	3843,24	3859,02	3857,47	3599,82	3603,15	3604,64
ϕ_1	1,37	0,22	0,48	2,27	2,03	1,78
ϕ_2	0	0,01	0,01	0	0	0,01
ϕ_3	0	0	$5,4 \times 10^{-5}$	0	0	$5,18 \times 10^{-5}$
R_{Adj}^2	0,941	0,998	0,998	0,986	0,988	0,982
X^2	106,41	3,8	3,03	68,79	73,35	84,3

Tabela 3 –Modelos polinomiais empíricos para calor específico de leite de diferentes espécies, em função da temperatura.

O modelo que melhor representa o calor específico do leite de vaca em função da temperatura, é o modelo polinomial de segunda ordem, enquanto o modelo linear melhor representou os dados experimentais de leite de búfala (Tabela 3). É válido ressaltar que o modelo de terceira ordem obteve os melhores parâmetros estatísticos, contudo uma das suas constantes apresentou valor tendendo a zero e anulando o termo cúbico da equação, desta forma, reduzindo ao polinômio de segunda ordem. Entretanto, este modelo não apresentou melhores parâmetros estatísticos quando comparado ao modelo de primeira ordem. Para o leite de cabra, o modelo polinomial de segunda ordem melhor representou os dados do calor específico em função da temperatura. Similar ao leite de búfala, o modelo cúbico do leite de cabra apresentou entre suas constantes valor tendendo a zero, reduzindo ao modelo de segunda ordem. Por fim, o modelo linear melhor representou o calor específico em diferentes temperaturas para o leite de ovelha.

Os valores experimentais de calor específico do leite de diferentes espécies e os obtidos pelos modelos polinomiais, em função da temperatura estão ilustrados na Figura 1.

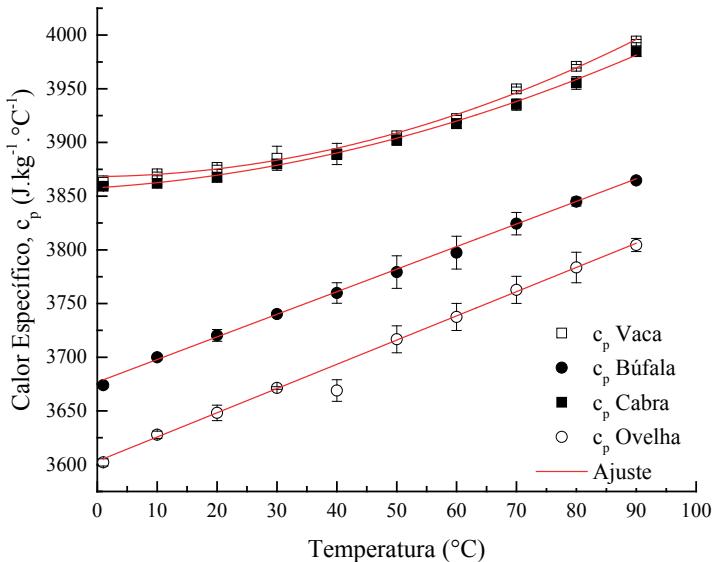


Figura 1 – Calor específico do leite de diferentes espécies, em função da temperatura. Os pontos representam o valor médio dos dados obtidos experimentalmente, enquanto as linhas contínuas representam o melhor modelo matemático.

Após a escolha do melhor modelo matemático para descrever o calor específico e função da temperatura para as amostras de leite de diferentes espécies, foi avaliado o erro médio relativo (EMR) entre os valores obtidos pelo modelo matemático selecionado e os valores determinados pelas equações propostas por Choi e Okos (1986) (Equações 1 – 7). Os resultados estão apresentados nas Tabelas 4 e 5.

Temp (°C)	Leite de Vaca			Leite de Búfala		
	Modelo	Choi & Okos	EMR	Modelo	Choi & Okos	EMR
1	3866,12	3893,85	0,72%	3678,00	3817,97	3,81%
10	3868,91	3895,27	0,68%	3696,90	3819,83	3,33%
20	3875,81	3897,67	0,56%	3717,90	3822,67	2,82%
30	3886,71	3900,93	0,37%	3738,90	3826,29	2,34%
40	3901,61	3905,06	0,09%	3759,90	3830,71	1,88%
50	3920,51	3910,06	0,27%	3780,90	3835,93	1,46%
60	3943,41	3915,92	0,70%	3801,90	3841,94	1,05%
70	3970,31	3922,65	1,20%	3822,90	3848,75	0,68%
80	4001,21	3930,25	1,77%	3843,90	3856,35	0,32%
90	4036,11	3938,71	2,41%	3864,90	3864,75	0,00%

Tabela 4 – Comparação entre o modelo matemático e equações de Choi e Okos (1986) para o calor específico em leite de vaca e búfala. EMR: erro médio relativo.

Temp (°C)	Leite de Cabra			Leite de Ovelha		
	Modelo	Choi & Okos	EMR	Modelo	Choi & Okos	EMR
1	3859,25	3903,37	1,14%	3602,09	3758,59	4,34%
10	3862,22	3904,72	1,10%	3622,52	3760,76	3,82%
20	3867,42	3907,06	1,03%	3645,22	3763,88	3,26%
30	3874,62	3910,28	0,92%	3667,92	3767,77	2,72%
40	3883,82	3914,37	0,79%	3690,62	3772,41	2,22%
50	3895,02	3919,33	0,62%	3713,32	3777,80	1,74%
60	3908,22	3925,17	0,43%	3736,02	3783,96	1,28%
70	3923,42	3931,89	0,22%	3758,72	3790,87	0,86%
80	3940,62	3939,48	0,03%	3781,42	3798,54	0,45%
90	3959,82	3947,94	0,30%	3804,12	3806,96	0,07%

Tabela 5 – Comparação entre o modelo matemático e equações de Choi e Okos (1986) para o calor específico em leite de cabra e ovelha. EMR: erro médio relativo.

Observou-se baixos valores de EMR entre os valores obtidos pelo modelo matemático selecionado e valores determinados pelas equações de Choi e Okos (1986) (Tabelas 4 e 5), indicando que o modelo representa satisfatoriamente os dados de calor específico para leite de diferentes espécies, em uma ampla faixa de temperatura. Estes dados são necessários para os cálculos que envolvam processos térmicos de leite de diferentes espécies, bem como, determinação do campo acústico em processos que envolvam aplicação de ultrassom.

4 | CONCLUSÃO

O calor específico do leite foi influenciado significativamente pela temperatura e pela composição das diferentes espécies de leite. Houve aumento do calor específico com o aumento da temperatura. O calor específico é maior para leite com baixos teores de sólidos e de lipídeos. Na modelagem matemática, os modelos de primeira e de segunda ordem melhor se ajustaram aos dados experimentais, sendo o modelo linear para o leite de búfala e de ovelha e o modelo parabólico para o leite de vaca e de cabra. Tanto a equação preditiva, quanto as equações de Choi e Okos, foram adequadas para determinar o calor específico do leite de diferentes espécies. A determinação e a modelagem do calor específico podem ser utilizadas em projetos de processos térmicos de leite, bem como na determinação de campos acústicos.

REFERÊNCIAS

- AADIL, R. M. et al. **Thermosonication: A potential technique that influences the quality of grapefruit juice.** International Journal of Food Science and Technology, v. 50, n. 5, p. 1275–1282, 2015.
- AMARAL, G. V. et al. **Dairy processing using supercritical carbon dioxide technology: Theoretical fundamentals, quality and safety aspects.** Trends in Food Science and Technology, v. 64, p. 94–101, 2017.
- AOAC. **Association of Official Analytical Chemistry.** 18th. ed. Maryland, USA: AOAC International, 2005.
- ARCHED, D. G. **Thermodynamic properties of synthetic sapphire (a-A12O3) standard reference material 720 and the effect of temperature-scale differences on thermodynamic properties.** Journal of Physical and Chemical Reference Data, v. 22, p. 1441–1453, 1993.
- ASTM, E.-11. **Standard test method for determining specific heat capacity by differential scanning calorimetry.** West Conshohocken: ASTM International, 2005.
- BARBA, F. J. et al. **Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review.** Trends in Food Science and Technology, v. 49, p. 96–109, 2016.
- CHOI, Y.; OKOS, M. R. **Effects of temperature and composition on thermal properties of foods.** Journal of Food Process and Applications, v. 1, n. 1, p. 93–101, 1986.
- COSTA, H. C. B.; SILVA, D. O.; VIEIRA, L. G. M. **Physical properties of açai-berry pulp and kinetics study of its anthocyanin thermal degradation.** Journal of Food Engineering, v. 239, p. 104–113, 2018.
- CRUZ, A. et al. **Química, bioquímica, análise sensorial e nutrição no processamento de leite e derivados.** 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2017.
- DE CASTILHOS, M. B. M. et al. **Experimental study of physical and rheological properties of grape juice using different temperatures and concentrations. Part I: Cabernet Sauvignon.** Food Research International, v. 100, p. 724–730, 2017.
- DE CASTILHOS, M. B. M. et al. **Experimental study of physical and rheological properties of grape juice using different temperatures and concentrations. Part II: Merlot.** Food Research International, v. 105, p. 905–912, 2018.
- DELGADO JÚNIOR, I. J.; SIQUEIRA, K. B.; STOCK, L. A. **Produção, composição e processamento de leite de cabra no Brasil.** Juiz de Fora, MG: Embrapa, 2020.
- EVANGELISTA, R. R. et al. **Determination of the rheological behavior and thermophysical properties of malbec grape juice concentrates (*Vitis vinifera*).** Food Research International, v. 137, n. 109431, 2020.
- FAO. **Dairy Market Review - Food and Agriculture Organization of the United Nations.** UN Food & Agriculture Organization. Archived from the original on July 11, 2019. Retrieved June 28, 2020.

FAO. **Milk, whole fresh cow, sheep, goat, and buffalo producers.** UN Food & Agriculture Organization. Archived from the original on July 13, 2011. Retrieved April 22, 2016.

FELIGINI, M. et al. **Identification and quantification of α s1, α S2, β , and κ -caseins in water buffalo milk by reverse phase-high performance liquid chromatography and mass spectrometry.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 57, n. 7, p. 2988–2992, 2009.

FOX, P. F. **The major constituents of milk.** In: **Improving quality Dairy processing** -. Boca Raton, FL: CRC Press, 2003. p. 5–41.

GARCIA, R. V.; TRAVASSOS, A. E. R. **General aspects of goat milk: a review.** Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, v. 67, n. 386, p. 81–88, 2012.

GHOSH, S. **Thermosonication as an Upcoming Technology in the Dairy Industry: An Overview.** Advances in Dairy Research, v. 05, n. 03, p. 20–21, 2017.

GUIMARÃES, B. et al. **Ultrasound-assisted hydration of wheat grains at different temperatures and power applied: Effect on acoustic field, water absorption and germination.** Chemical Engineering and Processing - Process Intensification, v. 155, n. 108045, 2020.

GUT, J. A. W.; SONG, T. W. Transferência de Calor por Condução e Convecção. In: TADINI, C. C.; NICOLETTI, V. R.; MEIRELLES, A. J. DE A. (Eds.). **Operações Unitárias na Indústria de Alimentos.** 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. p. 325–353.

HU, J. et al. **Determination of specific heat of milk at different fat content between 1 °C and 59 °C using micro DSC.** Journal of Food Engineering, v. 90, n. 3, p. 395–399, 2009.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 2008.

IBGE. **Pesquisa da Pecuária Municipal - PPM.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 23 mar. 2021a.

IBGE. **Censo Agro 2017.** Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/pms/brasil>>. Acesso em: 23 mar. 2021b.

MERLIN-JUNIOR, I. A. M. et al. **Sheep milk: Physical-chemical characteristics and microbiological quality.** Archivos Latinoamericanos de Nutricion, v. 65, n. 3, p. 193–198, 2015.

MARGULIS, M. A.; MARGULIS, I. M. **Calorimetric method for measurement of acoustic power absorbed in a volume of a liquid.** Ultrasonics Sonochemistry, v. 10, n. 6, p. 343–345, 2003.

MARTINS, M. J. N. et al. **Thermophysical properties of carbohydrate solutions: Correlation between thermal and transport properties.** Journal of Food Process Engineering, v. 43, n. 9, p. 1–15, 2020.

MÉNARD, O. et al. **Buffalo vs. cow milk fat globules: Size distribution, zeta-potential, compositions in total fatty acids and in polar lipids from the milk fat globule membrane.** Food Chemistry, v. 120, n. 2, p. 544–551, 2010.

MINIM, L. A. et al. **Influence of temperature and water and fat contents on the thermophysical properties of milk.** Journal of Chemical and Engineering Data, v. 47, n. 6, p. 1488–1491, 2002.

MORAND-FEHR, P. et al. **Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk.** Small Ruminant Research, v. 68, n. 1–2, p. 20–34, 2007.

NUDDA, A. et al. **Effects of nutrition on main components of sheep milk.** Small Ruminant Research, v. 184, n. 106015, 2020.

POLACHINI, T. C. et al. **Density, thermal expansion coefficient, and rheological behaviour of meat extract under different temperatures and solids concentrations.** Canadian Journal of Chemical Engineering, v. 94, n. 5, p. 988–994, 2016.

POLACHINI, T. C. et al. **Boiling point and specific heat of meat extract. International.** Journal of Food Properties, v. 20, n. 2, p. 1392–1402, 2017.

POLACHINI, T. C. et al. **Ultrasound-assisted acid hydrolysis of cassava (*Manihot esculenta*) bagasse: Kinetics, acoustic field and structural effects.** Ultrasonics Sonochemistry, v. 70, n. 105318, 2021.

POLACHINI, T. C.; DE CARVALHO, G. R.; TELIS-ROMERO, J. **Determination of acoustic fields in acidic suspensions of peanut shell during pretreatment with high-intensity ultrasound.** Brazilian Journal of Chemical Engineering, v. 34, n. 2, p. 385–394, 2017.

PULINA, G. et al. Invited review: **Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors.** Journal of Dairy Science, v. 101, n. 8, p. 6715–6729, 2018.

SHAKERIAN, M.; KIANI, H.; EHSANI, M. R. **Effect of buffalo milk on the yield and composition of buffalo feta cheese at various processing parameters.** Food Bioscience, v. 15, p. 110–117, 2016.

SINGLA, M.; SIT, N. **Application of ultrasound in combination with other technologies in food processing: A review.** Ultrasonics Sonochemistry, v. 73 n. 105506, 2021.

SIQUEIRA, K. B.; RAMALHO, B. C. F. Leite de vacas felizes. In: MARTINS, P. DO C. et al. (Eds.). **Anuário do Leite.** [s.l.] Embrapa, 2020. p. 104.

TAMIME, A. Y. **Milk Processing and Quality Management.** [s.l.] Copyright © 2009 Blackwell Publishing Ltd, 2009.

TICIANI, E. et al. **Persistência da lactação e composição do leite em ovelhas leiteiras das raças lacaune e east friesian.** Ciencia Rural, v. 43, n. 9, p. 1650–1653, 2013.

VEGA-GÁLVEZ, A. et al. **Effective moisture diffusivity determination and mathematical modelling of the drying curves of the olive-waste cake.** Bioresource Technology, v. 101, n. 19, p. 7265–7270, 2010.

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Aço Carbono 11, 71
Adsorção 9, 10, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 61, 78, 157
Adsorvato 43, 44, 46
Adsorvente 10, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 58
Agroindustriais 12, 73, 74, 78, 110, 111, 118, 119, 124, 125, 151
Agronegócio 119, 124, 153
Águas Subterrâneas 11, 12, 13, 14, 15, 23, 24, 25, 26
Analito 39, 45, 46, 47
Ânodo 84, 141
Atividade Enzimática 94, 102, 106, 107

B

- Bactérias 12, 15, 29, 141, 142
Biocatalisadores 96
Biocombustível 119, 120, 122, 123, 147
Bioconversão 94, 96
Biodegradáveis 41, 71, 73, 76, 86
Biofilme 141, 142
Biogás 9, 12, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 137, 138
Biomassa 9, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 138, 144, 145, 146, 149, 150, 151
Biotecnologia 94, 95, 100, 110
Briquetes 9, 12, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 151

C

- Carbonização 120, 125, 145, 146, 151
Carvão Ativado 9, 10, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58
Cátodo 141
Células Combustíveis 9, 141
Celulose 61, 78, 98, 100, 106, 123, 147, 148, 181, 182, 183
Combustíveis Fósseis 126, 141
Contaminação Ambiental 60
Corante 9, 11, 49, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 106

Corpo Humano 12, 14, 41

Corpos Hídricos 41

Corrosão 9, 11, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 91, 93, 170

D

Desreguladores endócrinos 52, 59

E

Efluentes Líquidos 12

Eletrodo 71, 75, 84, 86, 88, 91, 141, 142, 171

Enzimas 14, 94, 95, 98, 99, 100, 101, 103, 108, 109, 155, 171

F

Fibras 9, 13, 61, 86, 97, 101, 181, 182, 183, 184, 185

Fungos 9, 11, 94, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 107, 109, 110, 122

G

Galvanização 84

Grupos Funcionais 42, 44, 47, 86, 115, 170

H

Hormônio 10, 51, 52, 53, 58, 98

I

Impacto Ambiental 12, 13, 41

Isotermas de adsorção 53, 57

L

Lençol Freático 10, 11, 13, 14, 15, 25

M

Materiais Renováveis 94

Meio Ambiente 14, 17, 25, 26, 28, 29, 41, 48, 49, 52, 59, 80, 84, 92, 95, 142

Metabólitos 95

Metais Pesados 11, 26, 41, 49

Micro-Organismos 9, 95, 99, 155

Micropoluentes Inorgânicos 11

N

Nanopartículas 13, 169, 170, 171, 174

Necrochorume 11, 12, 13, 14, 15, 25, 26

O

Oxidação Fotoquímica 60

Oxirredução 41, 71, 92

P

Peletização 145

Pirólise 12, 118, 119, 120, 124, 145, 146

Potabilidade 41

Processos Biotecnológicos 9, 69, 94, 95, 100, 109

Processos Químicos 72, 95, 127, 129, 145, 147

R

Recursos Hídricos 13

Resíduos Lignocelulósicos 94, 101, 144, 151

S

Silanos 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92

Sistema de elutriação 12, 140, 141

Solo 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 41, 98, 99

Superfície Metálica 85

T

Torrefação 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151

Toxicidade 48, 61, 73, 84

Tratamento de efluentes industriais 41

COLEÇÃO

DESAFIOS

DAS

ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA



- www.atenaeditora.com.br
- contato@atenaeditora.com.br
- [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- [facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

COLEÇÃO

DESAFIOS

DAS

ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA



🌐 www.atenaeditora.com.br

✉️ contato@atenaeditora.com.br

-instagram icon @atenaeditora

-facebook icon facebook.com/atenaeditora.com.br