

Análise Crítica das Ciências Biológicas e da Natureza 2

José Max Barbosa de Oliveira Junior
(Organizador)

José Max Barbosa de Oliveira Junior
(Organizador)

Análise Crítica das Ciências Biológicas e da Natureza 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof^a Dr^a Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof.^a Dr.^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Dr.^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.^a Dr.^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof.^a Dr.^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof.^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
A532	Análise crítica das ciências biológicas e da natureza 2 [recurso eletrônico] / Organizador José Max Barbosa de Oliveira Junior. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Análise Crítica das Ciências Biológicas e da Natureza; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-358-3 DOI 10.22533/at.ed.583192705 1. Ciências biológicas – Pesquisa – Brasil. I. Oliveira Junior, José Max Barbosa de. II. Série. CDD 610.72
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra *“Análise Crítica das Ciências Biológicas e da Natureza”* consiste de uma série de livros de publicação da Atena Editora. Com 96 capítulos apresenta uma visão holística e integrada da grande área das Ciências Biológicas e da Natureza, com produção de conhecimento que permeiam as mais distintas temáticas dessas grandes áreas.

Os 96 capítulos do livro trazem conhecimentos relevantes para toda comunidade acadêmico-científica e sociedade civil, auxiliando no entendimento do meio ambiente em geral (físico, biológico e antrópico), suprimindo lacunas que possam hoje existir e contribuindo para que os profissionais tenham uma visão holística e possam atuar em diferentes regiões do Brasil e do mundo. As estudos que integram a *“Análise Crítica das Ciências Biológicas e da Natureza”* demonstram que tanto as Ciências Biológicas como da Natureza (principalmente química, física e biologia) e suas tecnologias são fundamentais para promoção do desenvolvimento de saberes, competências e habilidades para a investigação, observação, interpretação e divulgação/interação social no ensino de ciências (biológicas e da natureza) sob pilares do desenvolvimento social e da sustentabilidade, na perspectiva de saberes multi e interdisciplinares.

Em suma, convidamos todos os leitores a aproveitarem as relevantes informações que o livro traz, e que, o mesmo possa atuar como um veículo adequado para difundir e ampliar o conhecimento em Ciências Biológicas e da Natureza, com base nos resultados aqui dispostos.

Excelente leitura!

José Max Barbosa de Oliveira Junior

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AS LIBÉLULAS (ODONATA: INSECTA) DE CONCEIÇÃO DA BARRA, ESPÍRITO SANTO, DEPOSITADAS NA COLEÇÃO ZOOLOGICA NORTE CAPIXABA / CZNC	
Karina Schmidt Furieri Carolini Cavassani Arianny Pimentel Storari	
DOI 10.22533/at.ed.5831927051	
CAPÍTULO 2	10
FORMIGAS (Hymenoptera: Formicidae) ASSOCIADAS ÀS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE UMA HIDRELÉTRICA DO SUL DO BRASIL	
Junir Antonio Lutinski Cladis Juliana Lutinski	
DOI 10.22533/at.ed.5831927052	
CAPÍTULO 3	23
IDENTIFICAÇÃO DA HERPETOFAUNA DO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS CERES	
Alexandre Pereira de Oliveira Filho Marcos Vitor dos Santos Almada Jorge Freitas Cieslak	
DOI 10.22533/at.ed.5831927053	
CAPÍTULO 4	32
CRIAÇÃO DE PACAS (<i>Cuniculus paca</i>) COMO ALTERNATIVA DE DIVERSIFICAÇÃO DE PRODUÇÃO E RENDA EM RIO BRANCO - ACRE	
Francisco Cildomar da Silva Correia Reginaldo da Silva Francisco Valderi Tananta de Souza Vania Maria Franca Ribeiro Fábio Augusto Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.5831927054	
CAPÍTULO 5	46
FISCALIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO: AVIFAUNA RESGATADA PELO MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DA BAHIA	
Diego Silva Macedo Alanna Barreto dos Santos Lucas Gabriel Souza Santos	
DOI 10.22533/at.ed.5831927055	
CAPÍTULO 6	56
LEVANTAMENTO DA AVIFAUNA EM AMBIENTE URBANO E RURAL NO MUNICÍPIO DE NOVO HAMBURGO, RS, BRASIL	
Brenda Silveira de Souza Marcelo Pereira de Barros	
DOI 10.22533/at.ed.5831927056	

CAPÍTULO 7 68

ASPECTOS PSICOLÓGICOS NO ESPORTE: REFLEXÕES, QUESTIONAMENTOS E INFLUÊNCIAS DO ESTRESSE E ANSIEDADE NOS ATLETAS DE HANDEBOL

Rômulo Dantas Alves
Taís Pelição
Marcos Gabriel Schuindt Acácio
Luan Henrique Roncada
Debora Gambary Freire Batagini
Rubens Venditti Júnior

DOI 10.22533/at.ed.5831927057

CAPÍTULO 8 81

EFEITO DO TAMANHO DA QUADRA SOBRE AÇÕES TÉCNICAS E FREQUÊNCIA CARDÍACA EM JOVENS JOGADORES DE FUTSAL

Matheus Luiz Penafiel
Alexsandro Santos da Silva
Dagnou Pessoa de Moura
Osvaldo Tadeu da Silva Junior
Bruno Jacob de Carvalho
Yacco Volpato Munhoz
Julio Wilson Dos-Santos

DOI 10.22533/at.ed.5831927058

CAPÍTULO 9 90

EFEITOS DO ALONGAMENTO AGUDO SOBRE A FORÇA DE MEMBROS SUPERIORES NO ARREMESSO DO ATLETISMO

Fernando Barbosa Carvalho
Márcio Pereira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.5831927059

CAPÍTULO 10 100

INFLUÊNCIA DA CARGA TABAGÍSTICA SOBRE O TRANSPORTE MUCOCILIAR NASAL DE TABAGISTAS ATIVOS

Alessandra Mayumi Marques Masuda
Iara Buriola Trevisan
Tamara Gouveia
Caroline Pereira Santos
Guilherme Yassuyuki Tacao
Tamires Veras Soares
Ercy Mara Cipulo Ramos
Dionei Ramos

DOI 10.22533/at.ed.58319270510

CAPÍTULO 11 110

LESÃO RENAL AGUDA POR VANCOMICINA: ESTUDO PROSPECTIVO SOBRE A INCIDÊNCIA, FATORES DE RISCO E MORTALIDADE EM PACIENTES CRÍTICOS

Lais Maria Bellaver de Almeida
Isabella Gonçalves Pierri
Karina Zanchetta Cardoso Eid
Welder Zamoner
Daniela Ponce
André Balbi

DOI 10.22533/at.ed.58319270511

CAPÍTULO 12 121

LESÃO RENAL AGUDA POR VANCOMICINA: ESTUDO PROSPECTIVO SOBRE A INCIDÊNCIA, FATORES DE RISCO E MORTALIDADE EM PACIENTES NÃO CRÍTICOS

Isabella Gonçalves Pierri
Lais Maria Bellaver de Almeida
Karina Zanchetta Cardoso Eid
Welder Zamoner
André Balbi
Daniela Ponce

DOI 10.22533/at.ed.58319270512

CAPÍTULO 13 133

POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO CORTICAL EM BEBÊS A TERMO E PRÉ-TERMO

Dayse Mayara Oliveira Ferreira
Letícia Sampaio de Oliveira
Rafaela Cristina da Silva Bicas
Yara Bagali Alcântara
Brena Elisa Lucas
Ana Cláudia Figueiredo Frizzo

DOI 10.22533/at.ed.58319270513

CAPÍTULO 14 146

PROCEDÊNCIA DOS ENCAMINHAMENTOS À MATERNIDADE DO HC- FMB-UNESP DOS CASOS GRAVES E DE MORTE MATERNA ASSOCIADOS À HIPERTENSÃO ARTERIAL

Eduardo Minoru Nomura
Victoria de Carvalho Zaniolo
Ariel Althero Zambon
Ana Débora Souza Aguiar
Eduarda Baccari Ferrari
José Carlos Peraçoli

DOI 10.22533/at.ed.58319270514

CAPÍTULO 15 160

SERIA A ANESTESIA UMA INTERFERÊNCIA NO TRATAMENTO DE ELETROACUPUNTURA EM CAMUNDONGOS INFECTADOS POR *Strongyloides venezuelensis*?

Maria Teresa da Silva Bispo
Luana dos Anjos Ramos

DOI 10.22533/at.ed.58319270515

CAPÍTULO 16 175

ESTUDANTES DE ODONTOLOGIA CANHOTOS E OS DESAFIOS ENFRENTADOS EM ATIVIDADES CLÍNICAS E LABORATORIAIS

Julio Martinez Alves Oliveira
Suzely Adas Saliba Moimaz
Artênio José Isper Garbin
Tânia Adas Saliba

DOI 10.22533/at.ed.58319270516

CAPÍTULO 17 181

ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE PLANTAS DE *MYRTACEAE* CONTRA BACTÉRIAS MULTIRRESISTENTES

Juliana Barbosa Succar
Gabriele Marques Pinto
Tauana de Freitas Pereira
Ida Carolina Neves Direito
Maria Cristina de Assis
Cristiane Pimentel Victório

DOI 10.22533/at.ed.58319270517

CAPÍTULO 18 193

ATIVIDADE DE CELULASES, BETA-GLICOSIDASES E XILANASES DE *Trichoderma harzianum* E *Trichoderma asperellum* EM BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR

Mariane Cristina Mendes
Cristiane Vizioli de Castro Ghizoni
Fabiana Guillen Moreira Gasparin
Maria Inês Rezende

DOI 10.22533/at.ed.58319270518

CAPÍTULO 19 206

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA, CONCENTRAÇÃO DE ENZIMA E TEMPO DE REAÇÃO NA HIDRÓLISE DA LACTOSE

Poline Wilke
Karen Jaqueline Haselroth
Raquel Ströher

DOI 10.22533/at.ed.58319270519

CAPÍTULO 20 223

AVALIAÇÃO DE FONTES ALTERNATIVAS DE CARBONO NA PRODUÇÃO DE QUITINASE EXTRACELULAR POR FUNGOS FILAMENTOSOS

Victoria Pommer
Letícia Mara Rasbold
Jorge William Fischdick Bittencourt
Alexandre Maller
Marina Kimiko Kadowaki

DOI 10.22533/at.ed.58319270520

CAPÍTULO 21 231

AVALIAÇÃO DO EFEITO PROBIÓTICO DE *Lactobacillus rhamnosus* V5 CONTRA *SALMONELLA ENTERICA* sorovariedade *Typhimurium*.

Carina Terumi Tsuruda
Patrícia Canteri De Souza
Erick Kenji Nishio
Ricardo Sérgio Couto de Almeida
Luciano Aparecido Panagio
Ana Angelita Sampaio Baptista
Sandra Garcia
Renata Katsuko Takayama Kobayashi
Gerson Nakazato

DOI 10.22533/at.ed.58319270521

CAPÍTULO 22	241
BIOFILME BACTERIANO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS : TEM COMO EVITAR?	
<p>Natara Favaro Tosoni Naiele Mucke Márcia Regina Terra Márcia Cristina Furlaneto Luciana Furlaneto Maia</p>	
DOI 10.22533/at.ed.58319270522	
CAPÍTULO 23	258
BIOFILTRO DE RESÍDUO ORGÂNICO APLICADO NA DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA SALOBRA	
<p>Francielle Fernandes Gonçalves de Barros Rebecca Carvalho Mendes e Silva Charles Albert Moises Ferreira Juliana Parolin Ceccon</p>	
DOI 10.22533/at.ed.58319270523	
CAPÍTULO 24	270
BIOLOGIA E APLICAÇÕES PRÉ-CLÍNICAS DO MODELO EXPERIMENTAL SARCOMA 180	
<p>Paulo Michel Pinheiro Ferreira Renata Rosado Drumond Carla Lorena Silva Ramos Rayran Walter Ramos de Sousa Débora Caroline do Nascimento Rodrigues Ana Paula Peron</p>	
DOI 10.22533/at.ed.58319270524	
CAPÍTULO 25	288
BIORREPOSITÓRIO DE SALIVA EM ESTUDOS GENÉTICO-MOLECULARES: AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE EXTRAÇÃO DE DNA APÓS LONGOS PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO	
<p>Natália Ramos Thais Francini Garbieri Thiago José Dionísio Carlos Ferreira dos Santos Lucimara Teixeira das Neves</p>	
DOI 10.22533/at.ed.58319270525	
CAPÍTULO 26	302
CONTROLE DA ESTERILIZAÇÃO DE AUTOCLAVES DO BIOTÉRIO CENTRAL DA UNIOESTE E DE UM ABRIGO PARA IDOSOS, CASCAVEL, PR	
<p>Helena Teru Takahashi Mizuta Fabiana André Falconi Sara Cristina Sagae Schneider Rodrigo Hinojosa Valdez Leanna Camila Macarini</p>	
DOI 10.22533/at.ed.58319270526	

CAPÍTULO 27	309
ELEIÇÃO DE SISTEMAS MICROEMULSIONADOS PARA INCORPORAÇÃO DE CAFEÍNA PARA TRATAMENTO DE LIPODISTROFIA GINÓIDE	
Julia Vila Verde Brunelli Maria Virgínia Scarpa Flavia Lima Ribeiro Maccari Tayara Luísa Paranhos de Oliveira Ribeiro de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.58319270527	
CAPÍTULO 28	316
ESTATÍSTICA PARAMÉTRICA E NÃO PARAMÉTRICA NA AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA NA FERMENTAÇÃO DO CAFÉ	
Deusélio Bassini Fioresi Wilton Soares Cardoso Weliton Barbosa de Aquino Luzia Elias Ferreira Vinícius Serafim Coelho	
DOI 10.22533/at.ed.58319270528	
CAPÍTULO 29	326
ENZYMATIC HYDROLYSIS OF SUGARCANE BAGASSE PRE-TREATED BY ALKALINE SOLUTION IN FLUIDIZED BED REACTOR	
Felipe A. F. Antunes Guilherme F. D. Peres Thaís. S. S. Milessi Letícia E. S. Ayabe Júlio C. dos Santos Silvio S. da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.58319270529	
CAPÍTULO 30	331
ESTUDO DESCRITIVO SOBRE O USO DE FOLHAS DA BATATA-DOCE E POTENCIAL PARA REDUÇÃO DE EFEITOS OXIDATIVOS	
Thaís Cristina Coelho de Ornelas Salazar Roberta Cattaneo Horn Rodrigo Fernando dos Santos Salazar Diego Pascoal Golle Jana Koefender Andreia Quatrin Carolina Peraça Pereira Regis	
DOI 10.22533/at.ed.58319270530	
CAPÍTULO 31	339
FITOTOXICIDADE INDUZIDA PELA CO-EXPOSIÇÃO A NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO E ARSÊNIO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ALFACE CRESPA (<i>L. sativa var. crispa</i>)	
Flávio Manoel Rodrigues Da Silva Júnior Eduarda De Moura Garcia Rodrigo De Lima Brum Silvana Manske Nunes Mariana Vieira Coronas Juliane Ventura Lima	
DOI 10.22533/at.ed.58319270531	

CAPÍTULO 32	345
FOTOBIOREATOR DE MICROALGAS PARA O TRATAMENTO DE EMISSÕES GASOSAS UTILIZANDO MATERIAIS ALTERNATIVOS	
Ana Beatriz Medeiros Dantas	
Luana Valezi	
Vitória Luciana de Souza	
Roberto Shiniti Fujii	
DOI 10.22533/at.ed.58319270532	
CAPÍTULO 33	355
HIDRÓLISE ENANTIOSSELETIVA DE α - E β -BUTIRILOXIFOSFONATOS MEDIADAS POR LIPASE DE CANDIDA RUGOSA	
Lucidio Cristovão Fardelone	
José Augusto Rosário Rodrigues	
Paulo José Samenho Moran	
DOI 10.22533/at.ed.58319270533	
CAPÍTULO 34	365
IDENTIFICAÇÃO DOS CONSTITUINTES QUÍMICOS NOS EXTRATOS DAS CASCAS E AMÊNDOAS DO TUCUMÃ POR MEIO DE PROSPECÇÃO FITOQUÍMICA E AVALIAÇÃO DA INIBIÇÃO POR BIOFILMES COM <i>C. ALBICANS</i>	
Luis Fhernando Mendonça da Silva	
Ana Cláudia Rodrigues de Melo	
DOI 10.22533/at.ed.58319270534	
CAPÍTULO 35	376
INFLUÊNCIA DE DIFERENTES FONTES DE CARBONO E NITROGÊNIO NA PRODUÇÃO DE TANASE POR FUNGO ISOLADO DE CACAU NO SUL DA BAHIA	
Priscilla Macedo Lima Andrade	
Julyana Stoffel Britto	
Camila Oliveira Bezerra	
Ana Paula Trovatti Uetanabaro	
Andrea Miura da Costa	
DOI 10.22533/at.ed.58319270535	
SOBRE O ORGANIZADOR	381

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA, CONCENTRAÇÃO DE ENZIMA E TEMPO DE REAÇÃO NA HIDRÓLISE DA LACTOSE

Poline Wilke

Universidade Federal do Paraná
Palotina - Paraná

Karen Jaqueline Haselroth

Universidade Federal do Paraná
Palotina - Paraná

Raquel Ströher

Universidade Federal do Paraná, Departamento
de Engenharias e Exatas
Palotina - Paraná

RESUMO: O leite é um alimento altamente consumido, especialmente durante a infância, devido à importância de suas proteínas. O açúcar predominante é a lactose – um dissacarídeo composto por glucose e galactose que tem sua ligação glicosídica rompida pela ação da enzima lactase. Após a fase de amamentação, ocorre uma diminuição da atividade enzimática, provocando sintomas de intolerância à lactose. Devido à isso e à importância do consumo de leite, o mercado de produtos com baixo teor de lactose tem crescido, permitindo que pessoas intolerantes consumam produtos lácteos. Para romper as moléculas de lactose pode-se utilizar a hidrólise química ou enzimática – a química requer condições extremas de pH e temperatura e, portanto, a enzimática é mais apropriada para produtos alimentícios. Para quantificar o açúcar do leite, o método de Lane-Eynon é

muito utilizado para analisar a porcentagem de glicídios redutores presentes. Muitos fatores influenciam na reação de hidrólise. Neste trabalho objetivou-se avaliar a influência da temperatura, concentração de enzima e tempo de reação na hidrólise da lactose utilizando uma enzima comercial. Foram avaliadas três diferentes concentrações de enzima (0,2, 0,4 e 0,8 g.L⁻¹), três temperaturas (25, 40 e 60 °C) em intervalos de 1 hora (após 1, 2, 3 e 4 horas de reação). A condição que apresentou o melhor resultado foi utilizando 0,8 g.L⁻¹ da enzima lactase a 40°C depois de 4 horas de reação, alcançando 99,6% de rendimento da hidrólise. Esse valor se encaixa nos padrões requeridos pela legislação brasileira para que o leite seja considerado “sem lactose”.

PALAVRAS-CHAVE: Intolerância à lactose, lactase, carboidratos redutores.

ABSTRACT: Milk is a food highly consumed especially during the childhood due to the importance of their proteins. The predominant milk sugar is lactose - a disaccharide composed by glucose and galactose that has the glycosidic connection disrupted by the enzyme lactase. After breastfeeding usually occurs a decrease in the enzyme activity, that causes symptoms of lactose intolerance. Because of this and the importance of milk consumption, the market for low-lactose products has been increasing,

allowing intolerant people to consume dairy products. To disrupt the lactose molecules can be used the enzymatic or chemical hydrolysis - the chemical requires extreme pH and temperature conditions, so the enzymatic hydrolysis is the most appropriate for food products. To quantify the milk sugar the Lane-Eynon method is widely used, which enables to analyze the percentage of reducing carbohydrates presents in the sample. Many factors can influence the hydrolysis reaction. In this work was evaluated the influence of temperature, enzyme concentration and reaction time on lactose hydrolysis using a commercial lactase enzyme. Were evaluated three different concentrations of enzyme (0.2, 0.4 and 0.8 g.L⁻¹), three temperatures (25, 40 and 60 °C) at 1 hour intervals (after 1, 2, 3 and 4 hours of reaction). The condition that showed the best result was the one with 0.8 g.L⁻¹ lactase enzyme at 40 °C after 4 hours reaction obtaining a hydrolysis yield of 99.6%. This value fits on the standard required by brazilian law, then the milk can be considered "lactose free".

KEYWORDS: Lactose intolerance, lactase, reducing carbohydrates.

1 | INTRODUÇÃO

O leite é uma importante fonte de alimento para os mamíferos, pois apresenta alto valor nutritivo, sendo rico em proteínas, minerais, vitaminas e carboidratos. Além disso, é de fácil acesso à grande parte da população (TÉO, 2002; FOPPA *et al.*, 2009). Além disso, é uma importante fonte de cálcio, proteína, potássio, fósforo, magnésio e zinco, que são fundamentais na manutenção dos processos fisiológicos, e por isso é tão importante na alimentação de crianças (TÉO, 2002).

Apesar de possuir uma grande quantidade de lipídeos, é pela qualidade das proteínas presentes neste alimento que ele é tão consumido; dentre as proteínas presentes, destacam-se a caseína (que corresponde a cerca de 85% das proteínas), globulina e albumina (BOBBIO; BOBBIO, 1992).

Este é um alimento que apresenta algumas propriedades características, como sabor ligeiramente adocicado (principalmente devido ao teor de lactose), cor branco-amarelada e opaca, viscosidade média de 2,2 a 20 °C, seu ponto de fusão ocorre aproximadamente a -0,55 °C e de ebulição a 100,17 °C, e seu pH varia de 6,5 a 6,7 (BRITO; BRITO, 1998).

Segundo o Decreto nº 30691 de 20 de março de 1952, o leite considerado normal apresenta, entre outras características, acidez entre 15 e 20 graus Dornic, densidade a 15 °C entre 1,028 e 1,033, teor de lactose de no mínimo 4,3% e índice crioscópico mínimo de -0,55 °C (BRASIL, 1952).

Os maiores componentes do leite são água, proteína, gordura e carboidrato (lactose). A quantidade de cada um destes componentes pode ter algumas variações, especialmente as proteínas e a gordura, mesmo entre animais da mesma raça; porém a lactose se mantém praticamente constante entre as raças, variando seu teor apenas quando comparando leites de espécies diferentes (GONZÁLEZ; CAMPOS, 2003).

O carboidrato predominante no leite é a lactose (C₁₂H₂₂O₁₁), um dissacarídeo composto por glicose e galactose; é considerado por muitos autores como o único açúcar ali presente pois a quantidade de outros carboidratos é tão pequena que pode ser desconsiderada (SENER; APAR; ÖZBEK, 2006).

Os carboidratos são a principal fonte de energia em uma dieta comum, representando cerca de 60% de seu valor calórico diário. O tipo de carboidrato consumido varia de acordo com a diversidade da dieta, porém, em crianças em fase de aleitamento materno, a lactose é o tipo predominante de açúcar consumido (TÉO, 2002).

Este açúcar é sintetizado nas células da glândula mamária e é composto por dois monossacarídeos: glicose e galactose, unidos por uma ligação glicosídica (β -1 \rightarrow 4) (SANTOS *et al.*, 2014). Ele é hidrolisado pela enzima intestinal β -galactosidase, liberando seus componentes para absorção na corrente sanguínea; a atividade desta enzima é alta no período de amamentação, mas diminui após o desmame (BARBOSA; ANDREAZZI, 2011).

A lactose apresenta mesma fórmula molecular da sacarose (C₁₂H₂₂O₁₁) diferindo apenas na sua configuração molecular. Porém, ao contrário da sacarose, a lactose possui uma hidroxila anomérica livre, e por isso é considerado um açúcar redutor e a sacarose não (VALSECHI, 2001).

Os açúcares redutores (ou glicídios redutores) são assim classificados por possuírem grupos que se oxidam em soluções alcalinas se estes estiverem na presença de agentes oxidants (CAMPOS *et al.*, 2014).

Segundo Foppa *et al.* (2009), as propriedades que se destacam na lactose são as seguintes: na criança em fase de amamentação ela exerce uma ação positiva sobre sua flora láctica intestinal, constitui uma importante fonte de energia, contribui para a acidificação do tubo e auxilia a assimilação de algumas substâncias tais como proteínas e colesterol.

Porém, uma grande desvantagem da lactose é o fato de ela não ser facilmente degradada por grande parte da população humana após a fase de aleitamento materno, ocasionando sintomas de intolerância à lactose (PRETTO *et al.*, 2002; MATTAR; MAZO, 2010). De acordo com Pereira *et al.* (2012), estima-se que cerca de 65% da população mundial apresenta algum grau de intolerância à lactose.

Para evitar os problemas ocasionados pela intolerância à lactose é recomendado que os indivíduos intolerantes deixem de consumir leite; porém, assim, deixariam de usufruir de outros benefícios que o leite traz à saúde humana. Portanto, torna-se necessário o desenvolvimento de métodos que diminuam a quantidade deste açúcar, como o leite com baixo teor de lactose, onde esta é hidrolisada (CUNHA *et al.*, 2007).

A hidrólise da lactose é a quebra desta molécula em glicose e galactose. Após o rompimento da molécula, estes componentes monossacarídicos são liberados para absorção na corrente sanguínea; em seguida são transportados até o fígado, onde a galactose é convertida em glicose, principal combustível metabólico de muitas células

(SANTOS *et al.*, 2014).

Além da enorme vantagem proporcionada às pessoas intolerantes à lactose permitindo-as o consumo de leite e seus derivados, a hidrólise deste açúcar também traz outros benefícios aos alimentos. Este processo ajuda a prevenir a cristalização de diversos produtos lácteos, como o doce de leite, leite condensado e misturas para sorvetes, melhora as características organolépticas destes alimentos, dá mais cremosidade ao sorvete e diminui o tempo de maturação de alguns tipos de queijos (SANTIAGO *et al.*, 2004).

A lactose pode ser hidrolisada por processos ácidos ou enzimático. A hidrólise ácida é um processo que apresenta um alto grau de conversão em um tempo muito curto; porém, pode provocar a desnaturação de proteínas, a formação de subprodutos indesejados, além de uma coloração marrom na solução e, por isso, não é recomendado em produtos alimentícios (CARMINATTI, 2001).

Já o processo enzimático é menos severo, realizado em condições mais amenas de temperatura e pH (SENER; APAR; ÖZBEK, 2006). Este método não necessita de tratamento prévio e os produtos obtidos preservam as qualidades da matéria-prima aumentando apenas a sua doçura. Este tipo de hidrólise é utilizado em escala industrial, uma vez que, devido ao fato de não necessitar de condições extremas de temperatura ou pH, permite uma maior economia energética (LONGO, 2006).

A hidrólise enzimática da lactose em glicose e galactose é catalisada por enzimas chamadas β -galactosidases (E.C. 3.2.1.108) também conhecidas como lactases. Essa enzima pode ser obtida através de diversas fontes: plantas, animais, bactérias, fungos e leveduras (CUNHA *et al.*, 2008) e é classificada como uma hidrolase pelo tipo de reação que catalisa. É uma enzima que fica situada no enterócito, um tipo de célula epitelial (JUNIOR; KASHIWABARA; SILVA, 2013).

A lactase age no leite, quebrando a ligação da lactose utilizando uma molécula de água e produzindo glicose e galactose, açúcares mais solúveis e de absorção mais rápida (LONGO, 2006).

As propriedades da lactase dependem da fonte ao qual ela foi extraída - enzimas de diferentes fontes apresentam diferentes resistências a pH e temperatura, o que é muito importante para os processos industriais a que são expostos os alimentos que no final irão apresentar um teor reduzido de lactose (PEREIRA *et al.*, 2012).

Segundo Tremarin (2007), nem todas as fontes de lactase são consideradas seguras e, quando as aplicações envolvem a indústria alimentícia é recomendado trabalhar com enzimas reconhecidas pelo GRAS (Generally Recognize as Safe, uma designação da FDA – Food and Drug Administration – para substâncias ou aditivos adicionados aos alimentos). Atualmente este “status” é válido apenas para *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Kluyveromyces lactis* e *Kluyveromyces fragilis*. Apesar de a bactéria *Echerichia coli* ser muito estudada, não é recomendado o uso da lactase proveniente desta espécie em alimentos devido aos problemas de toxicidade com extratos brutos de coliformes.

Porém, para a legislação brasileira, de acordo com a Resolução RDC (Resolução de Diretoria Colegiada) nº 348/2003, a enzima lactase utilizada em produtos alimentícios deve ser apenas de origem microbiana, proveniente da levedura *Kluyveromyces lactis* (BRASIL, 2003).

A hidrólise enzimática envolve a formação de sacarídeos como produtos intermediários. Este método pode ser utilizado em batelada, recuperado por membrana ou com a enzima imobilizada; quando utilizada a batelada para fazer a reação, a enzima é perdida quando ocorre a pasteurização (CARMINATTI, 2001). A figura 2 mostra a reação enzimática da hidrólise da lactose:

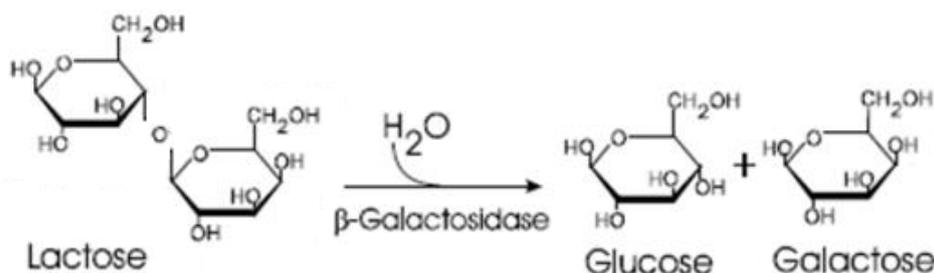


FIGURA 2 – Hidrólise da lactose pelo método enzimático.

FONTE: Adaptado de HELD (2001).

A concentração de carboidratos presente em uma amostra pode ser determinada por titulação, crioscopia, gravimetria ou por espectrofotometria. Um dos métodos titulométricos bastante utilizados é o método de Lane-Eynon, que baseia-se na redução de um volume conhecido de reagente de Fehling em que o ponto final da titulação é indicado pelo azul de metileno reduzido por um excesso de açúcar redutor. Ao final da titulação, o líquido passa de azul para incolor, mas é possível notar a presença de um precipitado vermelho tijolo devido ao fato de que os sais cúpricos, em solução tartárica alcalina, transformam-se em sais cuprosos vermelhos que precipitam (DEMIATE *et al.*, 2002). O tartarato de sódio e potássio forma um sal com o Cu⁺² (azul anil); este sal posteriormente sofre redução a tartarato e óxido cuproso (Cu₂O, com coloração vermelho tijolo) que precipita e o açúcar redutor é oxidado originando um sal sódico (TAVARES *et al.*, 2010). Este método é o recomendado pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 2006).

Para que este método apresente maior exatidão, dois fatores são de extrema importância: a solução deve ficar constantemente em ebulição durante a titulação (pois caso contrário o óxido de cobre (II) que foi formado pode ser novamente oxidado e a solução volta a ficar azul); e a titulação não pode passar de 3 minutos para não haver a decomposição dos açúcares devido ao aquecimento prolongado (TAVARES *et al.*, 2010).

Há ainda diversos fatores que influenciam no processo de hidrólise como pH, temperatura, concentração da enzima e tipo de leite utilizado. Dentre estes fatores, a

concentração da enzima e temperatura tem sido os mais estudados.

Estudos recentes indicam que a hidrólise da lactose através de métodos enzimáticos é uma excelente alternativa às pessoas intolerantes à lactose, pois estas podem consumir produtos lácteos hidrolisados com uma redução considerável dos sintomas indesejáveis (CUNHA *et al.*, 2008; MATTAR; MAZO, 2010; SANTOS, 2014).

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi estudar a influência da concentração da enzima lactase, da temperatura e do tempo de reação sobre a hidrólise da lactose em leite semidesnatado.

2 | PARTE EXPERIMENTAL

Foi utilizado leite UHT tipo A, semidesnatado, proveniente de um laticínio da região oeste do Paraná, obtido em estabelecimento comercial da cidade de Palotina, no Paraná, e transportado à Universidade Federal do Paraná – Setor Palotina. As embalagens pertenciam ao mesmo lote. Optou-se por utilizar um leite com menor teor de gordura para que esta não interferisse na reação de hidrólise.

A enzima utilizada foi a lactase da empresa Prozyn® sob a forma de um líquido de cor amarelada. Esta enzima é obtida através da fermentação de uma cepa selecionada e específica de *Kluyveromyces lactis*. De acordo com informações técnicas da marca, esta enzima pode atuar em ampla faixa de temperatura, de 5 a 40 °C. Durante o período de experimentos a enzima foi mantida sob refrigeração.

Os ensaios de hidrólise enzimática foram realizados utilizando-se 100 mL de leite em frascos do tipo *erlenmeyer* mantidos sob controle de temperatura em banho metabólico do tipo Dubnoff com agitação de 100 rpm.

Foram testadas as variáveis: temperatura (25, 40 e 60 °C), concentração de enzima (0,2, 0,4, e 0,8 g.L⁻¹) e tempo de reação (1, 2, 3 e 4 horas), de acordo com os 9 tratamentos apresentados na Tabela 1:

Ensaio	Temperatura (°C)	Concentração da enzima (g.L ⁻¹)
1	25	0,2
2	25	0,4
3	25	0,8
4	40	0,2
5	40	0,4
6	40	0,8
7	60	0,2
8	60	0,4
9	60	0,8

TABELA 1. Condições das variáveis utilizadas durante os experimentos.

FONTE: O autor (2016).

Os valores de temperatura e concentração escolhidos foram baseados em dados encontrados na literatura (LONGO, 2006; CUNHA *et al.*, 2007; TREVISAN, 2008; FAEDO, 2013) além das informações fornecidas pela ficha técnica da enzima. Os ensaios foram realizados em triplicata e, a cada hora, eram retirados 10 mL de cada amostra para posterior titulação. As amostras ficaram 4 horas em banho-maria. Após esse período, as amostras eram colocadas em outro banho termostático, a 95 °C por 15 minutos, para inativação da enzima.

As análises de glicídios redutores foram realizadas pelo método Lane-Eynon, recomendado pela Instrução Normativa nº 68 (BRASIL, 2006). O método baseia-se na redução dos íons cúpricos (Cu⁺²) a íons cuprosos (Cu⁺) pelo açúcar redutor em meio alcalino quente.

A determinação dos açúcares redutores foi realizada conforme descrito na Instrução Normativa nº 68/2006. Primeiro foi realizada a padronização das soluções de Fehling A e B utilizando 0,5002 g de glicose previamente seca em estufa a 70°C durante 1 hora.

Então as amostras de leite com a enzima foram colocadas em banho termostático com a temperatura ajustada conforme cada ensaio.

A cada hora eram retirados 10 mL de cada ensaio e transferidos para balão volumétrico de 250 mL, onde eram adicionados 5 mL de solução de ferrocianeto de potássio a 15% e 5 mL de solução acetato de zinco a 30% e o volume era completado com água destilada. A solução era deixada em repouso por alguns minutos para sedimentar e em seguida era filtrada em papel filtro. O filtrado era recebido em *erlenmeyer* de 250 mL e transferido para bureta de 25 mL.

Em *erlenmeyer* de 125 mL eram adicionados 5 mL de cada uma das soluções de Fehling A e B e 40 mL de água destilada. Esta solução era aquecida em placa aquecedora até ebulição e então começava a titulação, gotejando a amostra sem agitação até que o líquido ficasse levemente azulado. Sem parar a titulação, era adicionada uma gota de azul de metileno a 1%. A titulação acaba quando há a descoloração do indicador – o líquido fica transparente com um precipitado vermelho-tijolo.

Por meio da quantidade de solução utilizada na titulação, foi calculada a quantidade de glicídios redutores presentes em cada amostra, conforme mostra a equação 1, onde T é o título de Fehling (obtido pela padronização das soluções de Fehling com a glicose), V é o volume gasto na titulação em mililitros e m é a massa da amostra em gramas :

$$\% \text{ de glicídios redutores em glicose} = \frac{100 \times 250 \times \left(\frac{T}{2}\right)}{V \times m}$$

EQUAÇÃO 1 - % de glicídios redutores em glicose.

Considerando que a lactose seja o único açúcar presente no leite e que esta represente 100% dos glicídios redutores presentes no início da reação, calculou-se, para cada amostra retirada a cada hora, o rendimento de hidrólise a partir da quantificação de glicídios redutores em glicose.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizou-se a quantificação dos glicídios redutores em lactose por meio do método de Lane-Eynon e obteve-se um teor de lactose de 4,84% para o leite semidesnatado utilizado nos experimentos. Este valor está em conformidade com o Decreto nº 30.691, citado anteriormente, que determina que o leite normal contenha no mínimo 4,3% de lactose em sua composição (BRASIL, 1952).

Os valores de glicídios redutores em glicose foram calculados a partir da equação 1 a cada hora.

Como a lactose pode ser considerada o único açúcar presente no leite, por meio da análise de glicídios redutores em glicose é possível chegar a uma porcentagem de rendimento da hidrólise para cada amostra. A figura 2 mostra o rendimento de hidrólise de cada ensaio ao longo das 4 horas de reação:

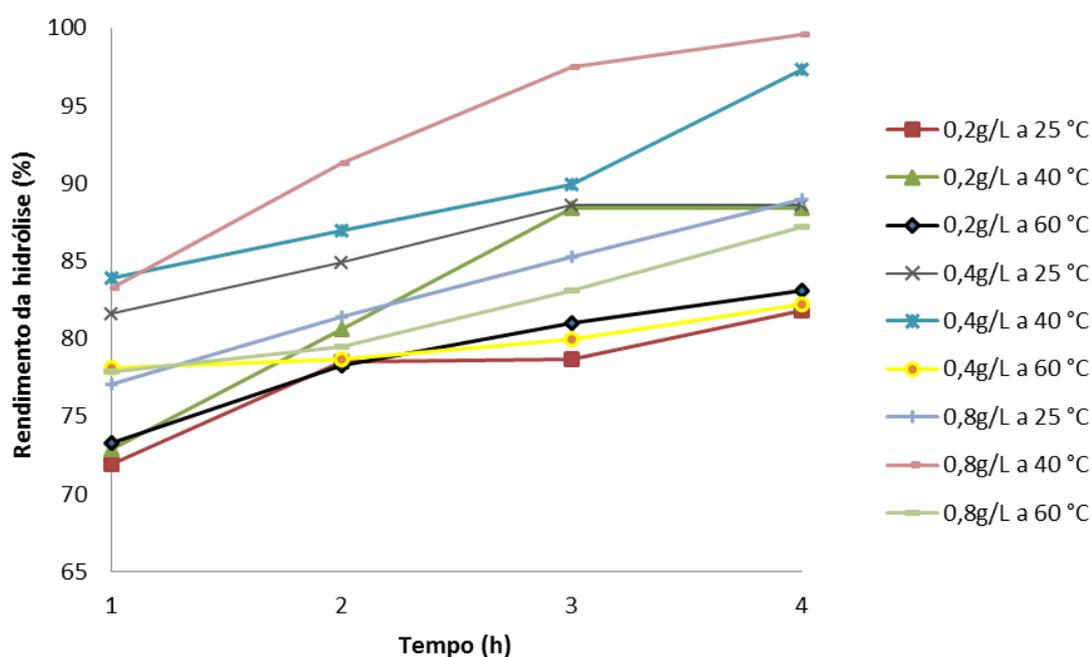


FIGURA 2 - Rendimento alcançado nos ensaios a cada hora.

FONTE: O autor (2016).

Exceto pelos ensaios 2 e 4, todos os demais apresentaram maior porcentagem de rendimento de hidrólise no tempo final de reação (4 horas). Conforme mostra a tabela 2 o ensaio que obteve maior rendimento de hidrólise correspondeu ao ensaio 6 ($0,8 \text{ g.L}^{-1}$ a 40 °C) depois de 4 horas de reação.

Ensaio	Rendimento da hidrólise (%)
1	81,8
2	88,6
3	89,0
4	88,4
5	97,3
6	99,6
7	83,1
8	82,2
9	87,2

TABELA 2. Rendimento da reação de hidrólise após 4 horas de reação.

FONTE: O autor (2016).

Estudos realizados por Holsinger e Kligerman (1991) mostraram que com uma redução de 70% no teor de lactose do leite é possível reduzir significativamente os sintomas provocados pela intolerância à lactose. Já de acordo com a ficha técnica da enzima utilizada, o leite pode ser considerado “deslactosado” se houver uma redução de 90% no teor de lactose. Dentre os ensaios realizados o ensaio 5 alcançou esta redução após 4 horas de reação e o ensaio 6 alcançou a partir da 2^a hora de reação.

Porém essas porcentagens de redução ainda não atendem a legislação e dependendo do grau de intolerância apresentado, podem ainda não ser o suficiente, ocasionando desconforto quando o leite é ingerido. De acordo com a Portaria n° 29/98 (BRASIL, 1998), alimentos destinados a dietas com restrição de dissacarídeos - que é o caso de pessoas intolerantes à lactose - devem conter um máximo de 0,5 g do açúcar para cada 100 g do produto final, ou seja, 0,5%. Este valor foi alcançado em dois ensaios, em que utilizou-se 0,4 g.L⁻¹ e 0,8 g.L⁻¹ de lactase, a uma temperatura de 40 °C. Em ambos os ensaios, este valor foi atingido já na terceira hora de reação.

O ensaio que apresentou melhores resultados foi o que utilizou 0,8 g.L⁻¹ de enzima a uma temperatura de 40 °C. O tempo se mostrou significativo para um melhor rendimento da reação, uma vez que em quase todos os ensaios os melhores resultados foram alcançados após 4 horas de reação. Apenas nos ensaios 2 e 4 o rendimento máximo para estas duas condições foi alcançado após 3 horas de reação, não havendo diferença para a quarta hora.

Realizou-se uma análise estatística dos dados obtidos por meio do software STATISTICA® versão 10 com o objetivo de averiguar as variáveis concentração de enzima, temperatura e tempo de reação em relação ao efeito rendimento da hidrólise.

As estimativas dos efeitos principais e de interação entre as variáveis estão apresentadas na tabela 3, juntamente com os valores obtidos para o erro padrão, p-valor, valores dos coeficientes das variáveis no modelo e coeficiente de determinação do modelo R² com um nível de significância ($\alpha=0,05$). Os valores destacados em *itálico* mostram os efeitos significativos para o intervalo de confiança de 95% (p-valor < 0,05).

Variável	p-valor	Coefficiente	Erro
Intercepto	0,000000	23,8128	0,700136
H	0,000000	6,2563	0,681846
H²	0,113647	- 0,4014	1,131539
C	0,000000	50,1567	0,616934
C²	0,000000	- 39,2593	1,222202
T	0,000555	1,9669	0,621370
T²	0,000000	- 0,0229	1,092749
HxC	0,477870	0,6424	0,811469
HxT	0,139958	- 0,0233	0,823563
CxT	0,418661	- 0,0571	0,738259

TABELA 3. Estimativa dos efeitos para o rendimento da hidrólise para os ensaios variando a quantidade de enzima empregada (c), o tempo de reação (h) e a temperatura (t).

R² = 0,8503.

FONTE: O autor (2016).

Por meio da análise do Gráfico de Pareto é possível visualizar que, dentre as variáveis estudadas, o tempo na forma quadrática assim como as interações entre as variáveis são não significativas, como mostra a figura 3. Já as variáveis tempo de reação na forma linear e as formas quadráticas e lineares das variáveis temperatura e concentração de enzima podem ser consideradas significativas na faixa avaliada dos parâmetros.

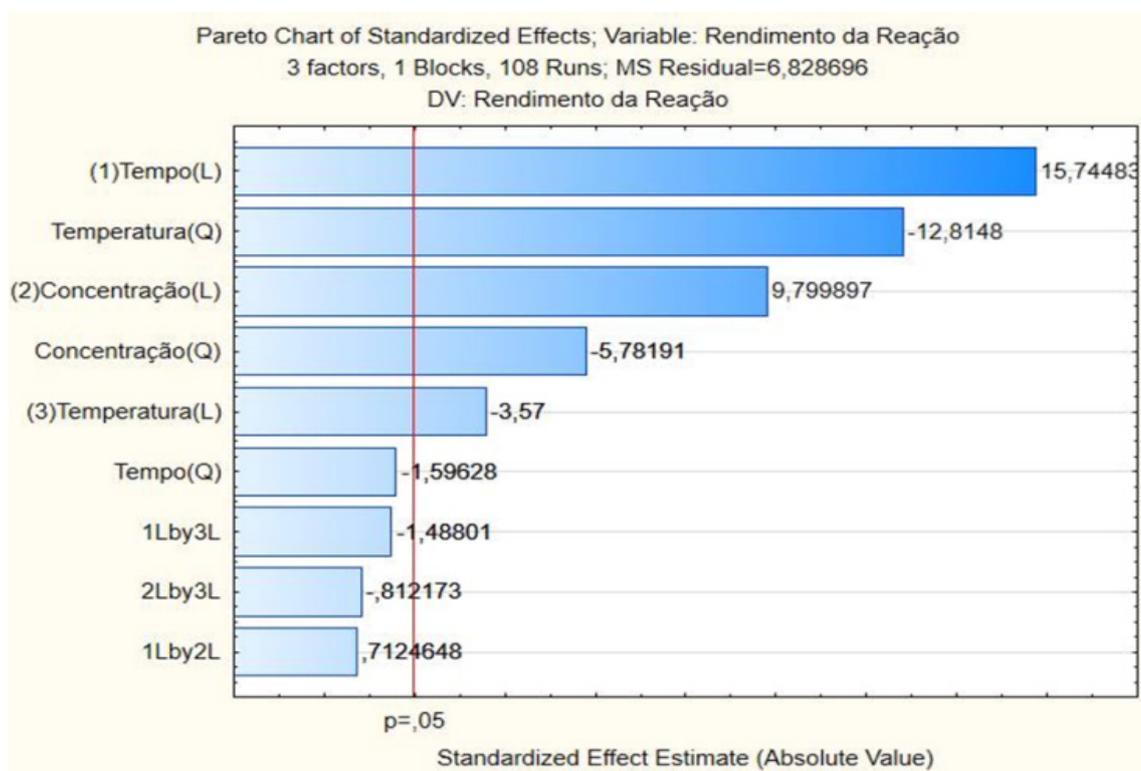


FIGURA 3 - Gráfico de Pareto obtido para o do rendimento da hidrólise da lactose em função da concentração de enzima, da temperatura e do tempo de reação.

FONTE: O autor (2016)

A análise de variância através do teste F é apresentada na Tabela 4, em que $F_{\text{regressão}}(0,055;9;98) = 1,97$. Observando os dados obtidos na Tabela 4 para a regressão, $F_{\text{calculado}}$ é maior que o F_{tabelado} e possui uma razão $F_{\text{calculado}}/F_{\text{tabelado}}$ maior que 4. Desta forma, o modelo proposto é válido sendo possível escrever o modelo matemático em função das variáveis avaliadas.

	SQ	GL	MQ	F_{calculado}
Regressão	3803,810	9	422,646	61,8916
Erro	669,212	98	6,829	
Total SS	4473,022	107		

TABELA 4. Análise de variância obtida para os ensaios de determinação do rendimento da hidrólise da lactose em 4 horas de reação.

FONTE: O autor (2016).

Para os dados obtidos, propõe-se um modelo para o rendimento (R) alcançado pela hidrólise, tendo como variáveis a concentração de enzima utilizada na reação (C), o tempo da reação (H) e a temperatura (T), mostrado na equação 2:

$$R = 23,8128 + 6,2563 H - 0,4014 H^2 + 50,1567 C - 39,2593 C^2 + 1,9669 T - 0,0229 T^2 + 0,6424 HxC - 0,0233 HxT - 0,0571 CxT$$

EQUAÇÃO 2 – Modelo para o rendimento alcançado pela hidrólise da lactose.

As FIGURAS 4, 5, 6 e 7 apresentam as superfícies de resposta do rendimento da reação avaliada em função da quantidade de enzima utilizada na reação e da temperatura após 1, 2, 3 e 4 horas de reação, respectivamente.

Nota-se que para valores elevados de concentração da enzima e maiores tempos de reação são obtidos maiores valores de rendimento da hidrólise. A temperatura segue o mesmo comportamento até 40 °C, mas o rendimento decai após esse valor – o que já era esperado, pois a faixa de temperatura adequada para esta enzima é entre 5 e 40 °C.

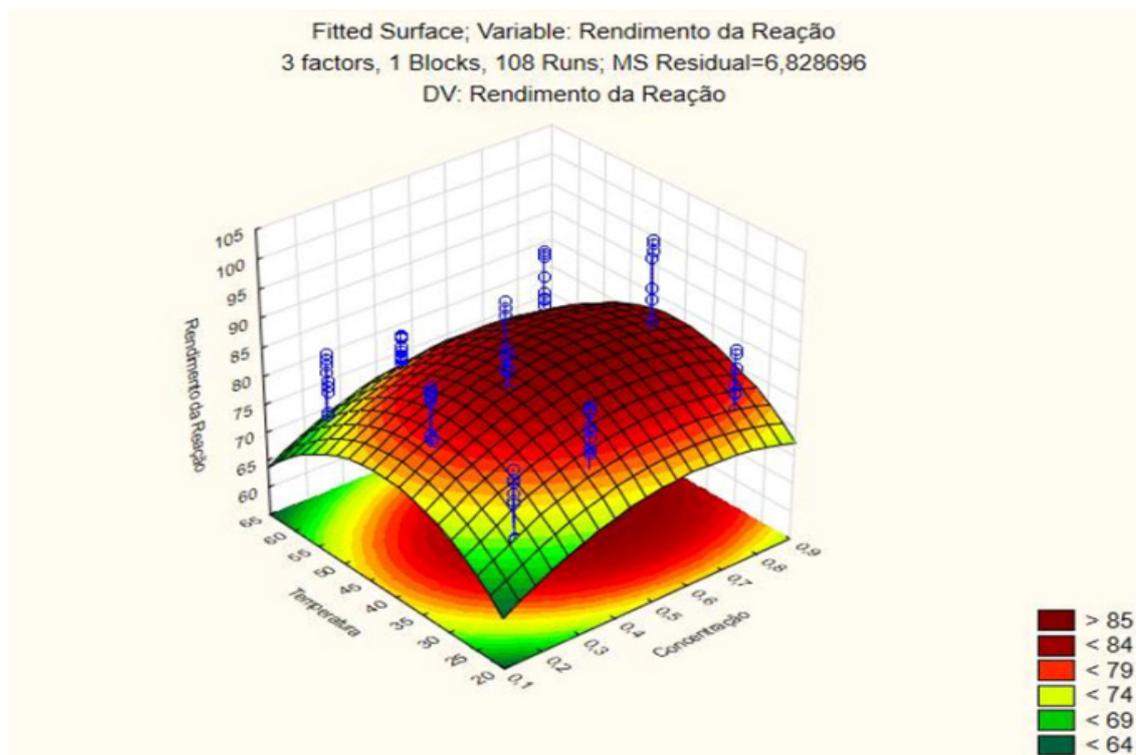


FIGURA 4 - Superfície de resposta do rendimento da reação avaliada em função da quantidade de enzima utilizada na reação e da temperatura após 1 hora de reação.

FONTE: O autor (2016).

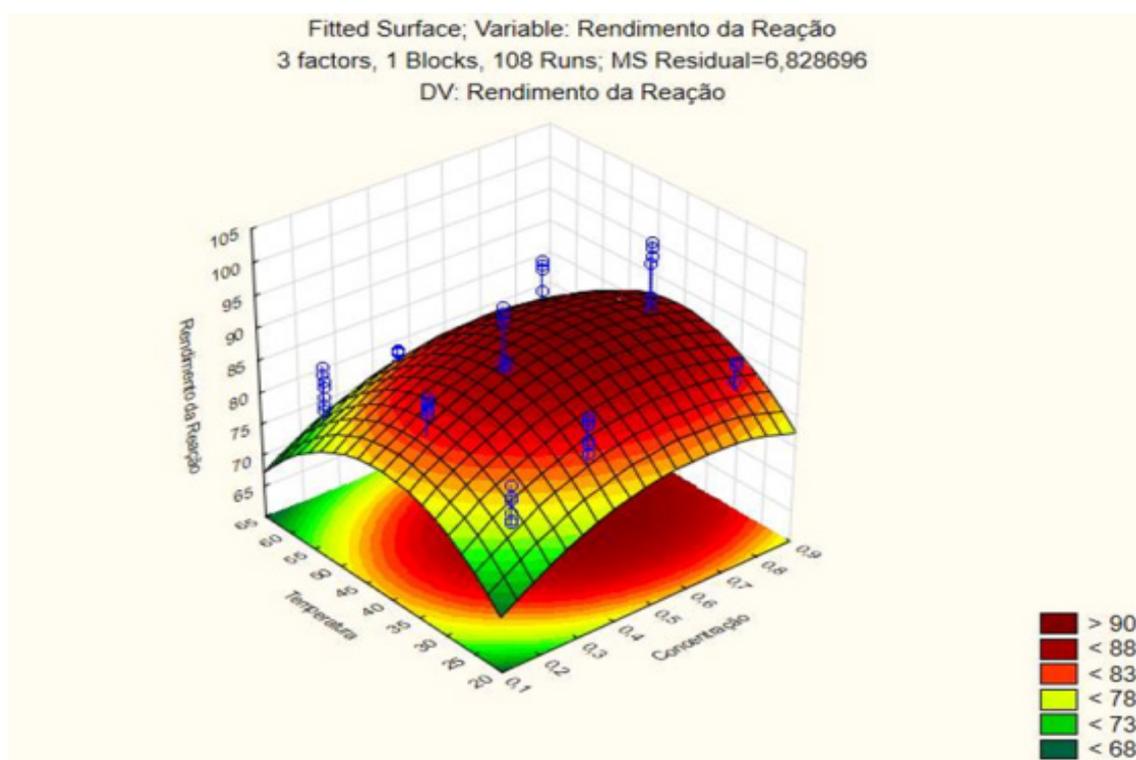


FIGURA 5 - Superfície de resposta do rendimento da reação avaliada em função da quantidade de enzima utilizada na reação e da temperatura após 2 horas de reação.

FONTE: O autor (2016).

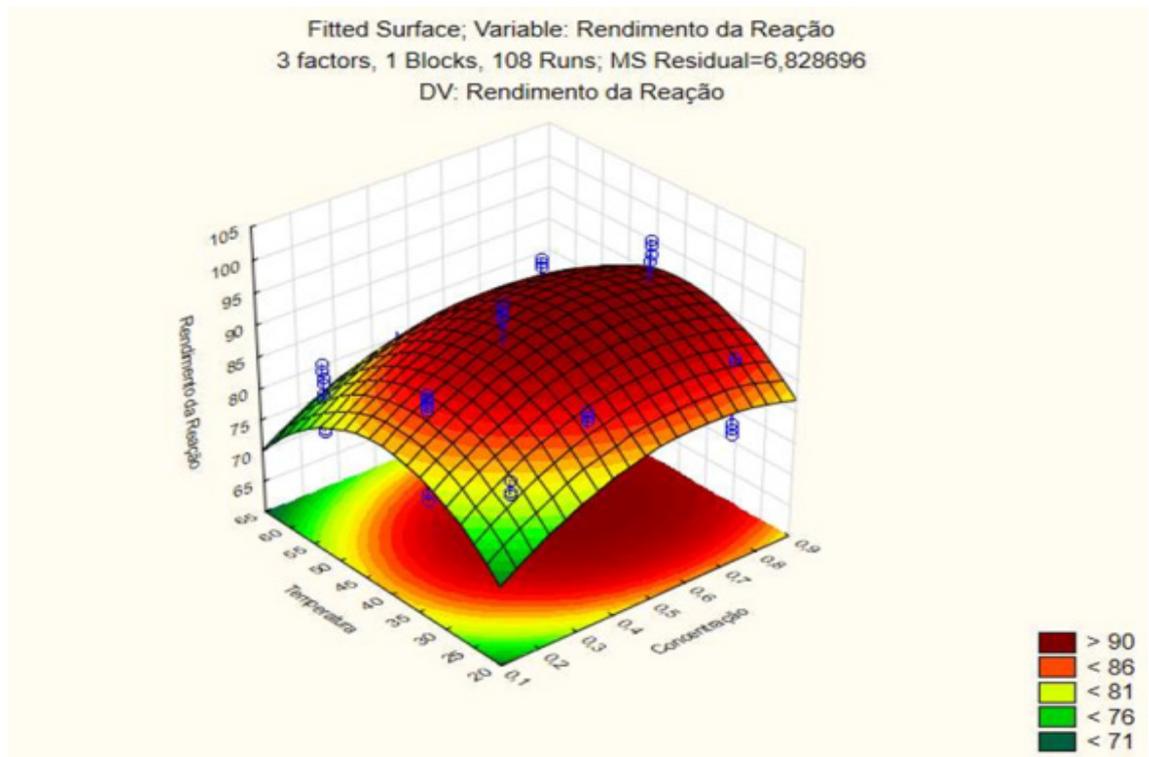


FIGURA 6 - Superfície de resposta do rendimento da reação avaliada em função da quantidade de enzima utilizada na reação e da temperatura após 3 horas de reação.

FONTE: O autor (2016).

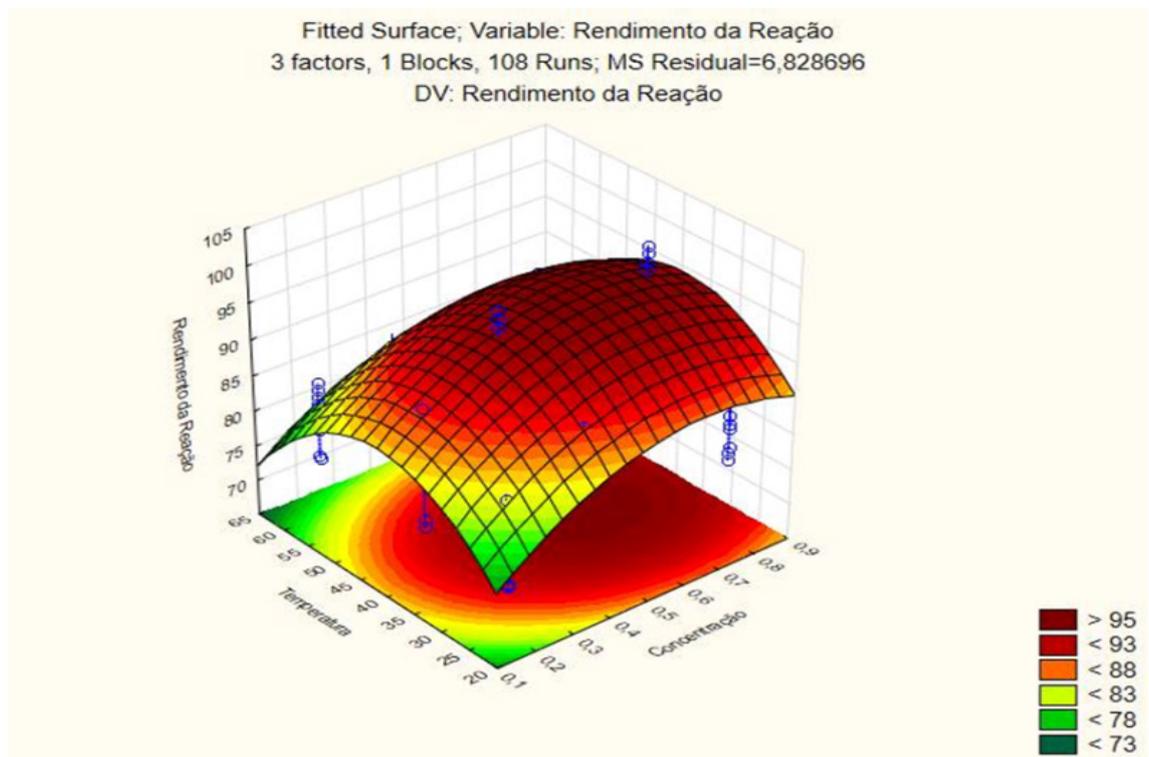


FIGURA 7 - Superfície de resposta do rendimento da reação avaliada em função da quantidade de enzima utilizada na reação e da temperatura após 4 horas de reação.

FONTE: O autor (2016).

O maior rendimento de hidrólise alcançado utilizando-se a maior concentração de enzima está coerente, uma vez que, segundo Carminatti (2001), a maior quantidade

de sítios ativos disponíveis favorece o grau de conversão da lactose.

Cunha e colaboradores (2007) testaram a eficiência da enzima lactase incorporada em filme de base celulósica para a hidrólise da lactose em duas faixas de temperatura, 7 °C e 25 °C, alcançando, respectivamente, 85% e 100% de hidrólise após 24 horas de reação. Esses resultados foram alcançados utilizando-se 100 cm² de filme preparados com 1,5 mL da enzima lactase, inoculados em 100 mL de leite.

Spadoti e colaboradores (2010) utilizaram a enzima lactase em uma concentração de 0,4 mL.L⁻¹ a uma temperatura de 10 °C com o objetivo de alcançar um mínimo de 90% de hidrólise da lactose do leite. Para atingir este propósito, a amostra foi mantida 21 horas sob essas condições.

Em um estudo que buscava avaliar a produção de queijo Minas Frescal com baixo teor de lactose, Back e colaboradores (2013) alcançaram uma redução de 87,72% da lactose do leite utilizando 0,9 g.L⁻¹ de lactase a 5 °C em 24 horas de reação.

Faedo e colaboradores (2013) utilizaram processos de separação de membranas associados à hidrólise enzimática da lactose. Os autores utilizaram 0,8 g.L⁻¹ de lactase a 6 °C por 15 horas alcançando uma redução de 93,34% do teor de lactose.

Todos os estudos citados acima utilizaram um tempo muito maior de reação de hidrólise da lactose. Neste trabalho, mesmo com apenas 4 horas, alcançou-se um rendimento de hidrólise de quase 100%, mostrando-se mais eficiente quando comparado com os anteriores.

Longo (2006) atingiu cerca de 88% de hidrólise da lactose do leite para posterior produção de iogurte com 0,8 g.L⁻¹ de enzima a 40 °C após 4 horas de reação. Nestas mesmas condições, a hidrólise alcançada neste experimento foi de 99,6%, se mostrando a condição mais adequada para a redução do teor de lactose no leite.

Conforme apresentado acima, temperaturas mais baixas do que aquelas indicadas pela literatura podem ser utilizadas para alcançar uma alta conversão da lactose em glicose e galactose. Porém, necessitam de um tempo muito maior de reação podendo tornar-se inviável em escala industrial.

4 | CONCLUSÃO

Com base no estudo realizado é possível concluir que tanto a concentração de enzima quanto o tempo de reação influenciaram positivamente o rendimento da hidrólise, possibilitando, assim, um produto que atenda às necessidades das pessoas que possuem intolerância à lactose. A variável temperatura também influenciou positivamente a reação até a faixa de 40 °C – valor este que está próximo ao ideal para a enzima lactase utilizada.

Obteve-se ainda um modelo que fornece uma boa estimativa do rendimento da hidrólise, satisfazendo a predição dos dados experimentais.

Por meio dos dados obtidos pode-se afirmar que o processo de hidrólise da

lactose utilizado foi eficiente. Com relação à melhor condição para este experimento, nota-se que o ensaio 6 – 0,8 g.L⁻¹ de enzima a 40 °C - apresentou, após 4 horas, uma redução de 99,6% no teor da lactose. Tanto este ensaio quanto o ensaio 5 apresentaram após a terceira hora de reação menos de 0,5% de lactose na amostra de leite, enquadrando-se no padrão exigido pela legislação para o leite ser considerado “sem lactose”. Sendo assim, o leite hidrolisado sob essas condições pode ser utilizado por pessoas que possuem intolerância à lactose.

REFERÊNCIAS

- BACK, D.; MATTANNA, P.; ANDRADE, D. F. SIMÕES, G. D.; RICHARDS, N. S. P. S. **Viabilidade probiótica de queijos minas frescal com teor reduzido de lactose**. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, v. 68, n. 390, p. 27-35, jan./fev. 2013.
- BARBOSA, C. R.; ANDREAZZI, M. A. **Intolerância à lactose e suas consequências no metabolismo do cálcio**. Revista Saúde e Pesquisa, v. 4, n. 1, p. 81-86, jan./abr. 2011.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. Proteínas. In: **Química do processamento de alimentos**. 3 ed. São Paulo: Varela, 1992. p. 79-92.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 29, 13 de janeiro de 1998. **Aprova o regulamento técnico referente a alimentos para fins especiais**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 jan. 1998. Seção 1.
- BRASIL. Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952. **Aprova o novo regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 07 jul. 1952. Seção 1, p. 10785.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 68, de 12 de dezembro de 2006. **Oficializa os métodos analíticos oficiais físico - químicos, para controle de leite e produtos lácteos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 dez. 2006. Seção 1, p.8.
- BRASIL. Resolução RDC nº. 348. **Utilização de enzimas na indústria de alimentos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 03 dez. 2003. Seção 1, p. 46.
- BRITO, J. R. F.; BRITO, M. A. V. P. **Qualidade higiênica do leite**. Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, 17 p. 1998.
- CAMPOS, N. S.; STEPHANI, R.; SOUZA, R. A.; PERRONE, I. T.; CARVALHO, A. F.; OLIVEIRA, L. F. C. **Utilização do glicosímetro *Accu-Chek*® para a determinação de lactose em produtos lácteos**. Revista Virtual de Química, v. 6, n. 6, p. 1677-1686. 2014.
- CARMINATTI, C. A. **Ensaio de hidrólise enzimática da lactose em reator a membrana utilizando beta-galactosidase *Kluyveromyces lactis***. 79 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- CUNHA, L. R.; SOARES, N. F. F. ASSIS, F. C. C.; MELO, N. R.; PEREIRA, A. F. SILVA, C. B. **Desenvolvimento e avaliação de embalagem ativa com incorporação de lactase**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 27, n. 1, p. 23-26, ago. 2007.
- CUNHA, M. E. T.; SUGUIMOTO, H. H.; OLIVEIRA, A. N.; COSTA, M. R. **Intolerância à lactose e alternativas tecnológicas**. UNOPAR Científica: Ciências Biológicas e da Saúde, Londrina, v. 10, n. 2, p. 83-88, 2008.

- DEMIATE, I. M.; WOSIACKI, G.; CZELUSNIAK, C.; NOGUEIRA, A. PUBLICATIO UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e **Determinação de açúcares redutores e totais em alimentos. Comparação entre método colorimétrico e titulométrico.**Engenharias, Ponta Grossa, v.8, n.1, p. 65-78, 2002.
- FAEDO, R.; BRIÃO, V. B.; CASTOLDI, S.; GIRARDELLI, L.; MILANI, A. **Obtenção de leite com baixo teor de lactose por processos de separação por membranas associados à hidrólise enzimática.** Revista CIATEC, Passo Fundo, v. 3, n. 1, p. 44-54, 2013.
- FOPPA, T.; FERRAREZE, C. K.; CASAGRANDE, J.; KOCH, P.A. **Análises físico-químicas do leite em pó comparado ao leite UHT integral. Ágora: Revista de Divulgação Científica,** v. 16, n. 1, p. 38-43. 2009.
- GONZÁLEZ, F. H. D.; CAMPOS, R. **Indicadores metabólico-nutricionais do leite.** In: Anais do I Simpósio de Patologia Clínica Veterinária da região sul do Brasil, Porto Alegre, p. 31-47. 2003.
- HELD, P. **Determination of β -Galactosidase Activity using the FL600™ Microplate Fluorescence Reader.** 2001. Disponível em: <http://www.biotek.com/resources/docs/FL600_Determination_of_beta_Galactosidase_Activity.pdf>. Acesso em: 01/05/2016.
- HOLSINGER, V. H.; KLIGERMAN, K. H. Application of lactose in dairy foods and other foods containing lactose. Food Technology, v. 45, n. 1, p. 94-95, 1991
- JUNIOR, A. J. B.; KASHIWABARA, T. G. B.; SILVA, V. Y. N. E. **Intolerância à lactose - revisão de literatura.** Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research, Ipatinga, v. 4, n. 4, p. 38-42, set./nov. 2013.
- LONGO, G. **Influência da adição de lactase na produção de iogurtes.** 89 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- MATTAR, R.; MAZO, D. F. C. **Intolerância à lactose: mudanças de paradigmas com a biologia molecular.** Revista da Associação Médica Brasileira, São Paulo, v. 56, n. 2, p. 230-236, 2010.
- PEREIRA, M. C. S.; BRUMANO, L. P.; KAMIYAMA, C. M.; PEREIRA, J. P. F.; RODARTE, M. P.; PINTO, M. A. O. **Lácteos com baixo teor de lactose: uma necessidade para portadores de má digestão da lactose e um nicho de mercado.** Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora, n. 389, p. 57-65, nov./dez. 2012.
- PRETTO, F. M.; SILVEIRA, T. R.; MENEGAZ, V.; OLIVEIRA, J. **Má absorção de lactose em crianças e adolescentes: diagnóstico através do teste do hidrogênio expirado com o leite de vaca como substrato.** Jornal de Pediatria, v. 78, n. 3, p. 213-218, 2002.
- SANTIAGO, P. A.; MARQUEZ, L. D. S.; CARDOSO, V. L.; RIBEIRO, E. J. **Estudo da produção de β -galactosidase por fermentação de soro de queijo com *Kluyveromyces marxianus*.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 24, n. 4, p. 567-572, out./dez. 2004.
- SANTOS, F. F. P.; OLIVEIRA, G. L.; PIMENTEL, H. G. P.; PINHO, K. D.; VERAS, H. N. H. **Intolerância à lactose e as consequências no metabolismo do cálcio.** Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia, v. 2, n. 4, jun. 2014.
- SENER, N.; APAR, D. K.; ÖZBEK, B. **A modelling study on milk lactose hydrolysis and β -galactosidase stability under sonication.** Process Biochemistry, Istanbul, v. 41, p. 1493-1500, 2006.
- SPADOTI, L. M.; ALVES, A. T. S.; ANTUNES, A. E. C.; SÁ, P. B. Z. R.; LISERRE, A. M.; DENDER, A. G. F. V.; MORENO, I.; TRENTO, F. K. H. S.; GALLINA, D. A. **Vida útil de leite desnatado pasteurizado lactose- hidrolisado microfiltrado.** UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde, v. 12, n. 1, p. 61-65, 2010.

TAVARES, J. T. Q.; CARDOSO, R. L.; COSTA, J. A.; FADIGAS, F. S.; FONSECA, A. A. **Interferência do ácido ascórbico na determinação de açúcares redutores pelo método de Lane e Eynon.** Química Nova, v. 33, n. 4, p. 805-809, 2010. 45

TÉO, C. R. P. A. **Intolerância à lactose: uma breve revisão para o cuidado nutricional.** Arquivos de ciências da saúde da Unipar, v. 6, n. 3, p. 135-140, set./dez. 2002.

TREMARIN, A. **Condições operacionais na hidrólise enzimática da lactose em reator a membrana.** 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

TREVISAN, A. P. **Influência de diferentes concentrações de enzimas lactase e temperaturas sobre a hidrólise da lactose em leite pasteurizado.** 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

VALSECHI, O. A. **Tecnologia de produtos agrícolas de origem animal: o leite e seus derivados.** Universidade Federal de São Carlos. 2001. Disponível em: < <http://www.cca.ufscar.br/~vico/O%20LEITE%20E%20SEUS%20DERIVADOS.pdf>>. Acesso em: 01/05/2016.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-358-3

