



ENGENHARIA NA PRÁTICA:

IMPORTÂNCIA TEÓRICA E TECNOLÓGICA

FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
(ORGANIZADORA)

**Atena**
Editora
Ano 2020



ENGENHARIA NA PRÁTICA:

IMPORTÂNCIA TEÓRICA E TECNOLÓGICA

FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
(ORGANIZADORA)

 **Atena**
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
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 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 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 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 Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci 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 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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
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
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Engenharia na prática: importância teórica e tecnológica

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Luiza Alves Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Franciele Braga Machado Tullio

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharia na prática [recurso eletrônico] : importância
teórica e tecnológica / Organizadora Franciele Braga
Machado Tullio. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-308-8

DOI 10.22533/at.ed.088202408

1. Engenharia – Estudo e ensino. 2. Engenharia –
Pesquisa – Brasil. 3. Prática de ensino. I. Tullio, Franciele
Braga Machado.

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia na Prática: Importância Teórica e Tecnológica” contempla vinte e oito capítulos com pesquisas relacionadas a diversos temas da engenharia.

Os estudos refletem a teoria obtida em livros, normas, artigos na prática, verificando sua aplicabilidade.

O desenvolvimento de novos materiais e a utilização de novas tecnologias partem de estudos já realizados, o que garante desenvolvimento nas diversas áreas da engenharia, gerando novas alternativas.

O estudo sobre o comportamento de materiais permite o aperfeiçoamento de materiais já existentes e proporciona uma otimização na execução de novos projetos.

O uso de energia limpa também é um tema muito abordado, tendo em vista a necessidade de otimização de recursos naturais.

Esperamos que esta obra proporcione uma leitura agradável e contribua para a geração de novos estudos, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico.

Franciele Braga Machado Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A CONTRIBUIÇÃO FÍSICA E MATEMÁTICA PARA O APERFEIÇOAMENTO DO TIRO COM ARCO

Eduardo Franzoi
Andrei Buse
Mateus Filipi Moresco Jorge

DOI 10.22533/at.ed.0882024081

CAPÍTULO 2..... 14

A INFLUÊNCIA DO NIÓBIO NA MICROESTRUTURA E PROPRIEDADES MECÂNICAS DO ALUMÍNIO: UMA REVISÃO

Márcio Valério Rodrigues de Mattos
Gustavo Takehara Silva
Vinicius Torres dos Santos
Marcio Rodrigues da Silva
Antonio Augusto Couto
Givanildo Alves dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.0882024082

CAPÍTULO 3..... 21

ANÁLISE CRÍTICA COMPARATIVA ENTRE A NORMA ISO 29110 E O MODELO MPS.BR NÍVEL G

Nilson Salvetti
André Rivas
Ivanir Costa

DOI 10.22533/at.ed.0882024083

CAPÍTULO 4..... 33

ANÁLISE DA ADERÊNCIA AO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO INSTITUCIONAL: ABORDAGEM BASEADA EM REDES BAYESIANAS

Danilo de Souza Novaes
Roseno Nunes de Almeida Neto
Silvana Rossy de Brito
Aleksandra do Socorro da Silva

DOI 10.22533/at.ed.0882024084

CAPÍTULO 5..... 46

ANÁLISE PARAMÉTRICA DA INJEÇÃO DE POLÍMEROS EM UM CAMPO DE PETRÓLEO DA BACIA POTIGUAR

Beatriz Ferraz Martins
Jardel Dantas da Cunha
Andréa Francisca Fernandes Barbosa
Ricardo Henrique Rocha de Carvalho
Antonio Robson Gurgel

DOI 10.22533/at.ed.0882024085

CAPÍTULO 6.....	55
BIOSORPTION OF OXYTETRACYCLINE FROM WATER USING MORINGA OLEÍFERA SHELLS	
Agustina De Olivera	
Ramiro Martins	
DOI 10.22533/at.ed.0882024086	
CAPÍTULO 7.....	64
COLETA SELETIVA NO UNIFOA – IMPLANTAÇÃO DE PROCESSO PILOTO NO PRÉDIO 18: SENSIBILIZAÇÃO DA COMUNIDADE INTERNA SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS	
Pedro Saturno Braga	
Camila Duarte Silva	
Lucas Marques Correa Ignácio	
Sabrina de Jesus Oliveira Cozzolino	
Sabrina Pires Arantes	
Roberto Guião de Souza Lima Júnior	
Ana Carolina Callegario Pereira	
Denise Celeste Godoy de Andrade Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.0882024087	
CAPÍTULO 8.....	74
DESEMPENHO TÉRMICO DOS TELHADOS VERDES EM RELAÇÃO AOS TELHADOS CONVENCIONAIS	
Sergio Quezada García	
Marco Antonio Polo Labarrios	
Heriberto Sánchez Mora	
Manuela Azucena Escobedo Izquierdo	
Ricardo Isaac Cázares Ramírez	
DOI 10.22533/at.ed.0882024088	
CAPÍTULO 9.....	88
DESENVOLVIMENTO DE UMA PRÓTESE AUTOMÁTICA POR COMANDO DE SINAL ELETROMIOGRAFICO	
Jefferson Rodrigo Moreira de Sousa	
Rafael Bastos Duarte	
André Luiz Patrício França	
Sara Carreiro Beloni	
José Wanderson Oliveira Silva	
DOI 10.22533/at.ed.0882024089	
CAPÍTULO 10.....	99
EFEITOS DA RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA IONIZANTE EM EQUIPAMENTOS ODONTOLÓGICOS	
Alessandro Márcio Hakme Da Silva	
Marcelo Caetano Oliveira Alves	
Thiago Augusto Neiva Spironelli	
Eduardo Souza Sims	

Patrícia Garani Fernandes
Fernanda Florian
Fabiana Florian
Marcello Cláudio de Gouvea Duarte
DOI 10.22533/at.ed.08820240810

CAPÍTULO 11.....113

ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS DO SINAL ATRIAL FIBRILATÓRIO NO ELETROCARDIOGRAMA

Miriam Ferraz de Paulo
Eduardo Guy Perpétuo Bock
Dalmo Antonio Ribeiro Moreira

DOI 10.22533/at.ed.08820240811

CAPÍTULO 12.....117

ESTUDIO DEL IMPACTO DE LA ADICIÓN DE GLICERINA COMO CO-SUSTRATO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS

María Isabel García Rodríguez
Marcos Vinícius Konopka
Matheus Vitor Diniz Gueri
Andreia Cristina Furtado

DOI 10.22533/at.ed.08820240812

CAPÍTULO 13..... 127

ESTUDO COMPARATIVO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E EXEGÉTICA DE UM PROCESSO SPRAY DRYER ALIMENTADO POR ENERGIA ELÉTRICA E GÁS NATURAL

Antonio Rimaci Miguel Junior
Valmir da Cruz de Souza
Alex Alisson Bandeira Santos

DOI 10.22533/at.ed.08820240813

CAPÍTULO 14..... 136

ESTUDO DE APLICAÇÃO DA TURBINA DE TESLA COMO MICROGERADOR

Eloi Rufato Junior
Alison Baena de Oliveira Monteiro
Ricardo Ribeiro dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.08820240814

CAPÍTULO 15..... 158

ESTUDO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS POR DEJETOS BOVINOS

Marcos Vinícius Konopka
María Isabel Garcia Rodriguez
Denis Porfirio Viveros Rodas
Andreia Cristina Furtado

DOI 10.22533/at.ed.08820240815

CAPÍTULO 16.....	167
ESTUDO PARA CONTROLE DE EMPENAMENTO EM PEÇAS INDUSTRIAIS TEMPERADAS	
João Alfredo Scheidemantel	
Christian Doré	
Lucile Cecília Peruzzo	
DOI 10.22533/at.ed.08820240816	
CAPÍTULO 17.....	179
EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES DO TIPO TUBULÃO CONFORME ORIENTAÇÕES DA NOVA NR-18 DE 10 DE FEVEREIRO DE 2020	
José Henrique Maciel de Queiroz	
Fabíola Luana Maia Rocha	
Francisco Kléber Dantas Duarte	
Caio Guilherme Ferreira Abrantes	
DOI 10.22533/at.ed.08820240817	
CAPÍTULO 18.....	187
INFLUÊNCIA DE LEVEDURAS LISAS E RUGOSAS NA PRODUÇÃO DE BIOETANOL EM ESCALA INDUSTRIAL	
Teresa Cristina Vieira Viana	
Rafael Resende Maldonado	
Eliana Setsuko Kamimura	
DOI 10.22533/at.ed.08820240818	
CAPÍTULO 19.....	199
INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO DENDRÍTICO SECUNDÁRIO NA DUREZA DA LIGA CU-14AL-5NI-5FE OBTIDA POR SOLIDIFICAÇÃO UNIDIRECIONAL	
Rogério Teram	
Givanildo Alves dos Santos	
Maurício Silva Nascimento	
Antonio Augusto Couto	
Vinícius Torres dos Santos	
Márcio Rodrigues da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.08820240819	
CAPÍTULO 20.....	211
INTERFAZ PARA LA OPERACIÓN REMOTA DE UN MANIPULADOR MITSUBISHI MOVEMASTER RV-M1	
Luini Leonardo Hurtado Cortés	
John Alejandro Forero Casallas	
DOI 10.22533/at.ed.08820240820	
CAPÍTULO 21.....	221
LA EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SU INCIDENCIA EN REPROBACIÓN Y DESERCIÓN	
M. en C. Marcial Reyes Cázarez	

DOI 10.22533/at.ed.08820240821

CAPÍTULO 22..... 235

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE ESTIMAÇÃO DE CARGA EM BATERIAS DE SÓDIO UTILIZANDO REDES NEURAS ARTIFICIAIS

Norah Nadia Sánchez Torres
Helton Fernando Scherer
Oswaldo Ando Hideo Junior
Jorge Javier Gimenez Ledesma

DOI 10.22533/at.ed.08820240822

CAPÍTULO 23..... 247

PROSPECÇÃO E ROTAS TECNOLÓGICAS PARA A ENERGIA DO HIDROGÊNIO NO BRASIL

Gustavo Sigal Macedo
Jorge Alberto Alcalá Vela

DOI 10.22533/at.ed.08820240823

CAPÍTULO 24..... 262

PROTOTIPO DE DINÂMICA DE SISTEMAS APLICADO A LA GESTIÓN DE PROYECTOS ACADÉMICOS DE PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA EN CARRERAS DE INFORMÁTICA

Alice Raquel Rambo
Mariana Itatí Boari
Roberto Luis Sueldo
Ruben Urquijo
Hector Chripczuk
Ulises Ramirez

DOI 10.22533/at.ed.08820240824

CAPÍTULO 25..... 273

THE MAGNETIC PASSIVE AND SLIDING BEARING SYSTEM WITH AXIAL MAGNETIC REPULSION TO AVOID PIVOT WEAR

Carlos Frajuca

DOI 10.22533/at.ed.08820240825

CAPÍTULO 26..... 281

USO DA LAMA CIMENTICIA COMO SUBSTITUTO DE AGREGADO MIÚDO NA FABRICAÇÃO DE CONCRETO

Bruno Matos de Farias
Érika Teles dos Santos
Larissa Barbosa Iulianello
Sheila Maria Ferreira Campos

DOI 10.22533/at.ed.08820240826

CAPÍTULO 27.....	301
UTILIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS NA RETIRADA DE PETRÓLEO DERRAMADO	
Ana Caroline Nasaro de Oliveira	
Júnia Ciriaco de Castro	
Rosana Aparecida Ferreira Nunes	
DOI 10.22533/at.ed.08820240827	
CAPÍTULO 28.....	315
UTILIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA ESPINHEIRA SANTA (<i>Maytenusilicifolia Martiusex Reissek</i>) COMO INIBIDOR DE CORROSÃO ORGÂNICO PARA APLICAÇÃO EM FLUIDOS PARA COMPLETAÇÃO	
Jardel Hugo Gonçalves Paiva	
Jardel Dantas da Cunha	
Andréa Francisca Fernandes Barbosa	
Antonio Robson Gurgel	
Keila Regina Santana Fagundes	
Rodrigo Cesar Santiago	
DOI 10.22533/at.ed.08820240828	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	328
ÍNDICE REMISSIVO.....	329

CAPÍTULO 18

INFLUÊNCIA DE LEVEDURAS LISAS E RUGOSAS NA PRODUÇÃO DE BIOETANOL EM ESCALA INDUSTRIAL

Data de aceite: 01/07/2020

Teresa Cristina Vieira Viana

Laboratório MicroServBio, Avenida José Murad, 1233, Pirassununga, São Paulo. Universidade de São Paulo, USP/FZEA, Pirassununga, São Paulo.

Rafael Resende Maldonado

Departamento de Alimentos, COTUCA, UNICAMP, Campinas, São Paulo. e-mail: ratafta@unicamp.br

Eliana Setsuko Kamimura

Universidade de São Paulo, USP/FZEA, Pirassununga, São Paulo.

RESUMO: A alta competitividade da indústria de bioetanol no Brasil faz com que a busca por inovações que aumentem o rendimento da produção seja uma necessidade constante e, mesmo, pequenas variações percentuais nos resultados, podem implicar em um retorno financeiro elevado devido ao volume de bioetanol produzido. O objetivo deste estudo foi a avaliação do impacto de leveduras lisas (LL) e rugosas (LR) na produção de bioetanol. Durante os processos fermentativos industriais, o estresse causado sobre as leveduras pelas altas temperaturas nas dornas de fermentação leva a conversão de LL em LR reduzindo o rendimento da produção de bioetanol. A empresa MicroServBio desenvolveu uma tecnologia para transformar LR em LL novamente, que resulta nas chamadas leveduras do processo transformada (LPT). Estudo em escala laboratorial comparou a

eficiência de fermentação utilizando LR e LPT aplicando metodologia de delineamento fatorial e de análise de superfície de resposta. Os resultados obtidos indicaram um aumento de 6,86% de eficiência no uso da LPT no processo. As LPT também foram comparadas com LL e não foi verificada diferença significativa entre os dois tipos de leveduras com nível de confiança de 95%. Foi feita também uma avaliação em escala industrial em uma usina de bioetanol da região de Pirassununga comparando-se as safras 2017 (sem uso da LPT) com safras 2018 e 2019 (com inoculação da LPT). Verificou-se a partir dos dados industriais um aumento de eficiência na produção de bioetanol com uso da LPT de 3,92 e 4,36% nas safras 2018 e 2019, respectivamente. Além disso, as LPT mostraram boa termorresistência a temperatura elevada ao longo da safra. Considerando a produção de bioetanol da unidade avaliada, o aumento da eficiência obtido com a LPT representou um aumento de produção de 4 milhões de litros de bioetanol por safra, sem aumento de custos com insumos, equipamentos e estrutura física.

PALAVRAS-CHAVE: Bioetanol; delineamento fatorial; produtividade; transformação de leveduras.

1 | INTRODUÇÃO

A produção do biocombustível vem ganhando destaque na cadeia energética mundial devido à necessidade da redução das emissões de poluentes provenientes de combustíveis fósseis. O Brasil foi pioneiro no desenvolvimento de um programa de biocombustível em substituição à gasolina, o programa nacional do álcool (Proálcool), que surgiu em meados da década de 1970

em meio à crise do petróleo. O Brasil também é o maior produtor mundial de aguardente e o segundo produtor mundial de bioetanol, perdendo apenas para os EUA, Souza et al. 2018; Grassi & Pereira, 2019. O bioetanol é o combustível mais utilizado e produzido no Brasil, tendo como matéria-prima a cana-de-açúcar e teve seu consumo bastante incentivado, principalmente, no início dos anos 2000, com o lançamento dos motores *FlexFuel*. O Proálcool trouxe também a obrigatoriedade da adição de bioetanol na gasolina, e desde 2015, o percentual obrigatório de etanol anidro combustível na gasolina comum passou a ser de 27%, segundo portaria n. 75 do (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA) (Amorim, 2005; Brasil, 2015).

A produção de bioetanol ocorre por via fermentativa através do processo denominado fermentação alcoólica, no qual as leveduras são responsáveis pela conversão da sacarose da cana de açúcar em etanol. Para realizar essa bioconversão, as leveduras precisam competir com populações de bactérias e leveduras selvagens presentes no caldo de cana, o que afeta negativamente o desempenho delas. Outros fatores como aumento da temperatura nas dornas; consumo de açúcar; queda da viabilidade celular devido à presença de toxinas excretadas no meio; floculação do fermento estão entre as maiores preocupações das empresas produtoras de etanol, pois levam a diminuição do rendimento. A contaminação dos mostos por leveduras selvagens tem sido uma preocupação relatada na literatura que leva a diminuição do rendimento na produção de bioetanol. No entanto, além dessas leveduras, outro problema, pouco relatado, também é significativo na indústria do bioetanol. Foi identificada em dornas de fermentação industrial a presença de leveduras com células dispostas em cadeias, apresentando-se como colônias opacas, de superfície crespada, denominadas leveduras rugosas (LR). Este biótipo apresenta altas taxas de crescimento, permanecendo na superfície das dornas de fermentação, formando uma espuma espessa, viscosa, que pode causar extravasamento de mosto das dornas e, conseqüentemente, perda de mosto e bioetanol. Este biótipo pode vir de contaminação do mosto, mas também pode aparecer durante o processo fermentativo por falta de controle adequado de temperatura das dornas, em ambos os casos, comprometendo o rendimento da fermentação e a produção do bioetanol (Reis, 2011; Kohlhepp, 2010; Olivério, 2008; Amorim & Oliveira, 1982).

O problema do surgimento de LR estritamente decorrente do estresse térmico não tem sido abordado pelo que foi consultado na literatura especializada para realização deste estudo. No entanto, na experiência prática da equipe do Laboratório MicroServBio ao longo de mais de 30 anos de acompanhamento do funcionamento de usinas de bioetanol, verificou-se que mesmo em fermentações iniciadas com 100% de leveduras soltas ou leveduras lisas (LL) ocorre a formação de leveduras rugosas (LR) ao longo da safra, em função do estresse térmico, mesmo na ausência da contaminação por leveduras selvagens.

Com intuito de solucionar este problema, a equipe do Laboratório MicroServBio desenvolveu um processo laboratorial para a recuperação de leveduras rugosas (LR), transformando-as novamente em leveduras lisas, que foram chamadas de leveduras do processo (LPT). Diante do exposto, o estudo

apresentado teve como objetivo comparar a eficiência da produção de bioetanol utilizando leveduras LPT em comparação com LL e LR tanto em escala laboratorial como industrial, para comprovar a eficiência das leveduras LPT desenvolvidas pelo Laboratório MicroServBio.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Avaliação da produção de bioetanol em escala laboratorial

Os estudos em escala laboratorial foram realizados no Laboratório MicroServBio (Pirassununga, São Paulo, www.microservbio.com.br) e no Laboratório de Bioprocessos, FZEA, USP (Pirassununga, São Paulo).

A primeira etapa consistiu na comparação da eficiência entre leveduras rugosas (LR) e leveduras do processo transformadas (LPT). As LR foram selecionadas de uma linhagem de *Saccharomyces cerevisiae* contendo pseudohifas ou brotos, proveniente de uma usina de bioetanol da região de Pirassununga, São Paulo, cuja temperatura das dornas durante a safra variou entre 33 e 37° C. As LPT foram obtidas a partir das LR por método baseado em controle de temperatura desenvolvido pelo Laboratório da MicroServBio (sob sigilo industrial). Ambas as culturas foram propagadas em meio de cultura WLN (caldo Wallstein nutriente, composto por (em % m/v): 0,4% de extrato de levedura; 0,5% de caseína hidrolisada; 5,0% de glicose; 0,055% de fosfato monopotássico; 0,043% de cloreto de potássio; 0,013% de cloreto de cálcio; 0,013% de sulfato de magnésio; 0,25% de cloreto férrico; 0,25% de sulfato de manganês; 0,002% de verde de bromocresol; 0,005% de ácido nalidíxico; 2,0% de ágar e 0,005% de ampicilina).

A avaliação da produção de bioetanol foi realizada por meio de um delineamento fatorial completo com 2² pontos fatorais mais 3 pontos centrais para avaliar as variáveis independentes: proporção de LR e LPT (100%/0% a 0/100% de LR/LPT) e açúcares redutores totais (10 a 20% m/v). Os ensaios do delineamento foram conduzidos em frascos com volume útil de 50 mL. Foi utilizado meio de fermentação estéril contendo (%m/v): 10% de sacarose; 2,5% de fosfato de potássio; 2,5% de cloreto de amônio; 0,5% de sulfato de magnésio; 0,5% de cloreto de potássio e 3,0% de extrato de levedura. Foram inoculados 2% m/v de leveduras em cada ensaio e as condições operacionais utilizadas foram 160 rpm, 32° C e 8 horas. Ao final das fermentações, as amostras do caldo fermentado foram filtradas e o vinho obtido foi analisado por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) para determinação das concentrações de etanol, açúcares redutores totais, glicerol, ácidos succínico, láctico e acético.

Os dados do delineamento fatorial foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e metodologia de superfície de resposta pra avaliar modelos de primeira ordem para cada variável resposta analisada. De acordo com os resultados do fatorial completo em escala laboratorial, foi feito um estudo univariável para verificar a influência de três de leveduras com uma condição fixa da concentração inicial de ART. Nesta etapa foram avaliadas a levedura rugosa (LR), a levedura do processo transformada (LPT) já estudadas no delineamento e incluiu-se uma levedura lisa

(LL) isolada no início da safra de produção de etanol antes do processo de estresse térmico. Os ensaios desta etapa foram realizados em triplicata e comparados por teste de média de Tukey com nível de confiança de 95%.

2.2 Avaliação da produção de bioetanol em escala industrial

Foram analisados dados de temperatura das dornas e de prevalência do tipo de leveduras (LL ou LR) ao longo das safras 2017, 2018 e 2019 em uma usina de produção de bioetanol da região de Pirassununga/SP. Nas safras 2018 e 2019 houve inoculação de leveduras do processo transformadas (LPT) e na safra 2017 inoculou-se apenas leveduras lisas (LL) no início da safra. A temperatura das dornas foi medida por meio de sensores colocados a um terço da altura do tanque em relação ao fundo.

2.3 Métodos analíticos

As análises de concentração de etanol, de açúcares redutores totais e de metabólitos secundários (ácido láctico, ácido acético e ácido succínico) foram realizadas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Foi utilizado equipamento HPLC modelo Varian 9010 com coluna Shodex modelo KS 801 na temperatura de 70° C, fase móvel com ácido sulfúrico 0,005 mol/L, água deionizada e desareada como eluente, fluxo de 0,5 mL/min e tempo de corrida de 35 minutos (ATALA, 2000; SOUSA et al., 2008).

A determinação da concentração de leveduras lisas e rugosas foi realizada por meio de plaqueamento em meio WLN discriminando-se os dois tipos de fenótipos, aparência de lisas (colônias brilhantes) e aparência em forma de flor ou crespas (colônias opacas) na contagem das colônias desenvolvidas no meio (REIS, 2017).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Delineamento fatorial para produção de bioetanol em escala laboratorial

A Tabela 1 apresenta os ensaios realizados e as respostas obtidas no delineamento fatorial 2² pontos fatoriais mais 3 pontos centrais para produção de bioetanol.

Ensaio	X1 Levedura (%)	X2 ART _i (%)	Y1 Etanol (%)	Y2 ART _f (%)	Y3 Glicerol (ppm)	Y4 Ácido Succínico (ppm)	Y5 Ácido Acético (ppm)	Y6 Ácido láctico (ppm)
1	-1(100% LR)	-1(10)	4,83	0,09	632,5	698,1	819,4	147,3
2	+1(100% LPT)	-1(10)	5,09	0,09	640,5	675,8	836,2	76,9
3	-1(100%LR)	+1(20)	9,65	0,67	1026,5	909,9	1694,0	136,6
4	-1(100%LPT)	+1(20)	10,31	0,10	1037,2	964,9	1403,0	94,0
5pc	0(50%LR:50%LPT)	0(15)	7,57	0,09	887,8	920,1	1141,7	174,5
6pc	0(50%LR:50%LPT)	0(15)	7,55	0,09	912,6	915,1	1288,8	168,2
7pc	0(50%LR:50%LPTL)	0(15)	7,69	0,09	877,3	949,7	1242,5	85,8

Tabela 3 - Delineamento fatorial completo para produção de etanol utilizando leveduras do processo transformada (LPT) e rugosa (LR) pc-ponto central; ART açúcar redutor total, i- inicial, f- final; AS: Ácido Succínico; AA: Ácido Acético; AL: Ácido Láctico; X_i – variáveis independentes, Y_i-respostas analisadas no fatorial.

Fonte: Autores, 2020.

Observa-se na Tabela 1, o melhor rendimento de bioetanol obtido foi de 10,31% (ensaio 4 - 100% de LPT e 20% de ART_i). Comparando-se esse resultado com ensaio 3, que usou mesma concentração de ART_i, porém com 100% LR, houve aumento no rendimento de 6,86% na produção de bioetanol. Esse aumento em uma safra anual de 100 milhões de litros de bioetanol por ano significaria ganho de 6,86 milhões de litros com praticamente mesmo custo de produção.

A Tabela 2 apresenta os modelos reduzidos de primeira ordem (apenas com os termos estatisticamente significativos) para as variáveis respostas estudadas no delineamento. A Figura 1 apresenta a superfície de resposta e a curva de contorno para modelo de 1ª ordem para produção de bioetanol (que é a variável mais importante do processo).

Variável resposta	Modelo reduzido de 1ª ordem	R ²	R	Teste F	p-valor
Etanol (%) (Y1)	$Y1 = 7,53 + 0,23X1 + 2,51X2$	0,997	0,998	603,4	$1,0 \cdot 10^{-5}$
ART _i (%) (Y2)	$Y2 = 0,17 - 0,14X1 + 0,15X2 - 0,14X1 \cdot X2$	0,869	0,932	6,66	$7,6 \cdot 10^{-2}$
Glicerol (ppm) (Y3)	$Y3 = 859,2 + 197,7X2$	0,959	0,979	118,6	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Ác. Succínico (ppm) (Y4)	$Y4 = 862,0 + 125,2X2$	0,710	0,843	12,26	$1,7 \cdot 10^{-2}$
Ác. Acético (ppm) (Y5)	$Y5 = 1203,7 + 360,3X2$	0,909	0,953	46,3	$1,0 \cdot 10^{-3}$
Ác. Láctico (ppm) (Y6)	-	-	-	-	-

Tabela 2 – Modelos reduzidos de 1ª ordem na produção de bioetanol com leveduras rugosas (LR) e/ou leveduras do processo transformadas (LPT).

Os modelos apresentados consideraram os coeficientes de regressão com $p \leq 0,10$.

Fonte: Autores, 2020.

Da análise da Tabela 2 verifica-se que para todas as variáveis respostas, exceto ácido láctico, foi possível a obtenção de modelos de 1ª ordem com coeficientes estatisticamente significativos com 90% de confiança ($p \leq 0,10$). Dos modelos apresentados, todos foram preditivos (p-valor bastante pequeno) e apenas o modelo pra produção de ácido succínico apresentou coeficiente de correlação (R) e de determinação (R²) mais baixos, indicando que não houve um ajuste tão bom do modelo aos dados experimentais obtidos.

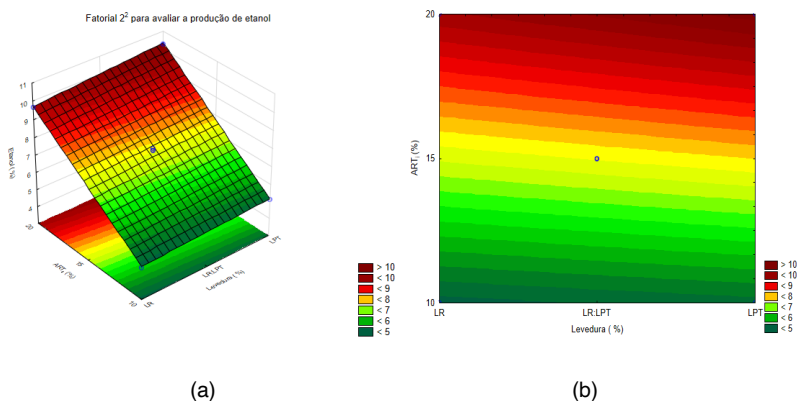


Figura 1 – (a) superfície de resposta e (b) curva de contorno para produção de bioetanol em função das variáveis independentes: proporção de leveduras LR:LPT e concentração de ART inicial

Do ponto de vista de processo, os modelos apresentados mostram que a concentração inicial de ART (X₂) teve influencia sobre todas as respostas estudadas, sendo que o aumento da concentração do ART_i provocou aumento na produção de todos os metabólitos, bem como resultou em maior concentração de ART_f, um resultado esperado, uma vez que na faixa estudada não há inibição do processo

fermentativo pelo substrato. Com relação à substituição das leveduras LR pelas LPT é possível verificar que esta substituição não teve impacto sobre os metabólitos secundários da fermentação, porém o uso das leveduras LPT provocam maior consumo de ART e maior rendimento de bioetanol, o que indica que a aplicação da levedura LPT foi mais eficiente do que a levedura LR para produção do bioetanol. Tais resultados demonstram ser interessante a aplicação do processo desenvolvido pelo MicroBioServ para recuperar as leveduras LR transformando-as em LPT com vistas a melhorar o aproveitamento do mosto e aumentar a produção de bioetanol, sem outras alterações de processo.

3.2 Avaliação do tipo de levedura (LL, LR e LPT) sobre a produção de bioetanol

Como os resultados do delineamento fatorial indicaram que os efeitos da concentração inicial de ART encontravam-se de acordo com a literatura e a prática observada nas usinas de bioetanol, decidiu-se fixar esta variável em 15% m/v. Esse valor foi escolhido por ser aquele que comumente é utilizado nas usinas de produção de bioetanol, mesmo que delineamento indique que a concentração de 20% m/v como sendo a melhor na etapa anterior. Foi incluída nesta etapa uma linhagem de levedura lisa (LL), inoculado no início da safra, que não foi avaliada no delineamento fatorial. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 3.

Variável resposta	LL	LPT	LR
Etanol (%)	9,10 ± 0,15 ^A	9,10 ± 0,03 ^A	8,49 ± 0,02 ^B
ART _i (%)	0,134 ± 0,006 ^A	0,134 ± 0,003 ^A	0,129 ± 0,002 ^A
Glicerol (ppm)	1069 ± 17 ^A	1066 ± 6 ^A	1033 ± 14 ^B
Ác. Succínico (ppm)	960 ± 32 ^A	1010 ± 19 ^A	1096 ± 22 ^B
Ác. Acético (ppm)	1473 ± 275 ^A	1460 ± 12 ^A	1388 ± 60 ^A
Ác. Láctico (ppm)	363 ± 60 ^A	398 ± 13 ^A	598 ± 33 ^B

*Resultados marcados com letras diferentes apresentam diferença estatisticamente significativa com 95 % de confiança ($p \leq 0,05$) pelo Teste de média de Tukey.

Tabela 3 – Comparação entre as leveduras lisas (LL), transformadas do processo (LPT) e as rugosas (LR) sobre a produção de bioetanol com concentração inicial de açúcares redutores (ART_i) fixa em 15%.

Fonte: Autores, 2020.

Os resultados apresentados na Tabela 3 indicam que a levedura transformada do processo (LPT) não apresentou diferença significativa em nenhuma resposta com relação à levedura lisa (LL) que não havia passado por estresse térmico na usina. Isto significa dizer que o processo empregado para transformação das leveduras de rugosas novamente para lisas (LPT) é realmente eficiente para recuperar as propriedades das leveduras. Além disso, verifica-se que quando utilizada a levedura

rugosa (LR) houve menor produção de bioetanol, menor produção de glicerol e maior produção de ácido succínico e ácido láctico, mesmo sem a presença de outros microrganismos no mosto, como por exemplo, bactérias lácticas, uma vez que o estudo foi conduzido em condições assépticas. Isso indica que o desempenho da LR é realmente inferior tanto em relação à LL (cepa original) quanto em relação à LPT (levedura do processo transformada). O rendimento de etanol das leveduras LL e LPT neste caso foi 7,18% maior do que com a utilização da LR, o que gera um impacto econômico muito grande considerando-se o volume de produção de bioetanol de uma usina.

3.3 Avaliação da produção de bioetanol em escala industrial

Da experiência prática de trabalho em usinas de bioetanol da equipe do Laboratório MicroBioServ sabe-se que se as leveduras forem submetidas a temperaturas superiores a 32° C, elas rapidamente começam a sofrer processo de enrugamento devido ao estresse térmico. Os dados coletados ao longo das safras analisadas demonstra que as temperaturas de operação das dornas são frequentemente superiores a esse valor, pois não há uma grande preocupação com controle rigoroso de temperatura da fermentação. A figura 2 exemplifica o comportamento da temperatura dentro do período analisado.

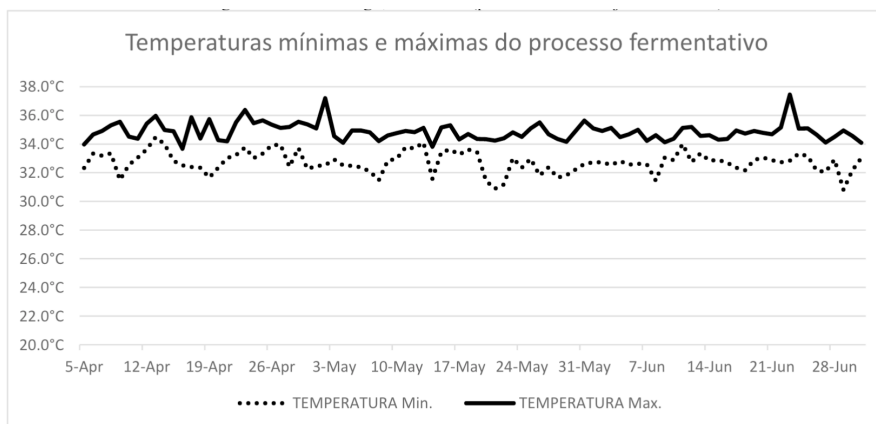


Figura 2 – Intervalo de temperatura (mínimo e máximo) de operação das dornas na produção de bioetanol em usina da região de Pirassununga, São Paulo (período de abril a junho de 2018).

Fonte: Autores, 2020.

É fácil notar pela figura 2 que as temperaturas na maioria das medidas atingem valores máximos e mesmo valores mínimos superiores a 32 °C, com picos atingindo 37,2° C na dorna 1 (linha contínua) e 34,4° C na dorna 2 (linha pontilhada). Nessa faixa de operação as leveduras LL se convertem rapidamente em LR e ocorre queda no rendimento de bioetanol. As temperaturas no processo industrial são

geralmente acima de 32° C devido à baixa eficiência da refrigeração, que pode ser provocada por baixa capacidade de troca térmica dos trocadores de calor acoplados aos tanques de fermentação; falha de projeto devido à subdimensionamento da quantidade de placas e a área de troca térmica ou ainda pelo fato de existirem usinas sem torres de refrigeração. Outro fato que constantemente se observa é a má qualidade da água de refrigeração, que permite a formação de filmes microbianos na superfície das placas e assim o coeficiente global de transferência de calor é reduzido. Outra dificuldade diz respeito à limpeza das placas, que é executada manualmente placa a placa, em um processo demorado, pois os trocadores de calor possui número elevado de placas.

Diante do resultado de queda de rendimento na produção de bioetanol, a usina avaliada passou a adquirir e aplicar em sua produção as leveduras do processo transformadas (LPT) a partir da safra 2018. A Tabela 4 mostra um comparativo da safra 2017, com aplicação inicial de leveduras LL e das safras 2018 e 2019 em que foram utilizadas as leveduras LPT.

Eficiência fermentação Industrial (EF%)			
Mês	2017	2018	2019
Abril	82,59	89,70	90,17
Mai	83,59	89,91	90,64
Junho	83,44	90,33	90,20
Julho	83,35	89,05	89,63
Agosto	83,91	89,22	90,71
Setembro	81,69	89,93	88,29
Outubro	89,26	90,95	-
Novembro	90,74	88,28	-
Dezembro	97,06	88,64	-
MÉDIA	86,18	89,56	89,94
PORCENTAGEM DE AUMENTO		3,92	4,36

Tabela 4 - Eficiência da produção de bioetanol em escala industrial nas safras 2017 (utilizando leveduras lisas- LL), 2018 e 2019 (com aplicação das leveduras transformadas do processo-LPT).

- sem estes dados, pois usina ainda estava em moagem no período de finalização do presente estudo.

Fonte: Autores, 2020.

A Tabela 4 mostra dados da eficiência de fermentação (EF %) da usina de bioetanol da região de Pirassununga. Essa eficiência leva em consideração a razão entre a quantidade de bioetanol produzido e o valor teórico bioetanol calculado a partir consumo total da concentração inicial de ART. Na safra de 2017, não foi colocada a levedura LPT na fermentação, enquanto que nas safras seguintes 2018 e 2019

utilizou-se para iniciar a fermentação as leveduras do processo transformadas (LPT). Como pode ser observado houve um aumento médio eficiência de fermentação na ordem de 4% na produção de bioetanol.

A divergência dos resultados em escala laboratorial (acréscimo de 6,89% na produção quando a fermentação foi conduzida com leveduras LPT) e industrial (acréscimo de 4,17% na produção com fermentação com leveduras LPT) se deve muito provavelmente aos fatores de interferência no processo de produção industrial. Essas influências rebaixando o resultado podem ser bactérias no processo fermentativo consumindo o substrato, demora no processo para a separação da levedura após fermentação, erros nas medições e amostragens e métodos, dentre outras interferências.

Ressalta-se que na safra de 2017 a usina teve que trocar todo o fermento, pois a eficiência de fermentação (EF) diminuiu para 81,69% em setembro de 2017, por esta razão a EF aumentou no período de outubro a dezembro. Essa necessidade de troca do fermento antes do final da safra deve-se provavelmente a completa transformação das leveduras LL em LR.

A partir da safra 2018 foi introduzido o uso da levedura LPT na usina avaliada e neste ano fez-se um acompanhamento do percentual de leveduras LPT e LR ao longo da safra, como está mostrado na Tabela 5. Verifica-se que com uso das leveduras LPT que o percentual de leveduras LR ficou bastante baixo nos primeiros meses (julho a setembro), havendo um aumento ao final da safra, porém esse aumento foi relativamente baixo, chegando ao final da safra com um teor de levedura LPT superior a 70%. Estes dados sugerem que as leveduras LPT tem uma resistência maior ao estresse térmico (resistindo bem até o final da safra) ao contrário das leveduras LL da safra anterior, que precisaram ser substituídas em setembro de 2017.

Levedura	04/07/18	10/07/18	20/07/18	25/07/18	29/08/18	09/09/18	11/09/18
LPT	100,00%	98,89%	100,00%	98,86%	100,00%	96,67%	98,27%
LR	0,00%	1,11%	0,00%	1,14%	0,00%	3,33%	1,73%
	06/11/18	13/11/18	06/12/18	10/12/18	11/12/18	13/12/18	14/12/18
LPT	84,15%	78,38%	51,50%	63,39%	59,23%	62,37%	73,65%
LR	15,85%	21,62%	48,50%	36,61%	40,77%	37,63%	26,35%

Tabela 5 - Acompanhamento das porcentagens de leveduras LPT e LR ao longo da safra 2018 da unidade industrial da região de Pirassununga em estudo.

LPT- levedura do processo transformada, LR- levedura rugosa.

Fonte: Autores, 2020.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos no estudo foi possível verificar que:

- As temperaturas de operação das dornas de fermentação para produção de bioetanol facilmente atingem temperaturas elevadas, o que contribui para provocar estresse térmico das leveduras provocando alteração em sua morfologia ao longo da safra.
- As leveduras lisas (LL) submetidas ao estresse térmico passam para formato de leveduras rugosas (LR) o que reduz o rendimento na produção de bioetanol.
- Os estudos em escala laboratorial demonstraram que as leveduras do processo transformadas (LPT) que foram transformadas de rugosas para lisas pelo processo desenvolvimento pelo Laboratório MicroBioSer apresentam maior rendimento na produção de bioetanol em comparação das leveduras LR e mesmo desempenho que as leveduras LL inoculadas no início do processo fermentativo.
- Houve incremento de 6,86% e 4,17% do rendimento da produção de bioetanol em escala laboratorial e industrial, respectivamente, quando foram aplicadas as leveduras LPT. Esse aumento de rendimento, embora seja percentual pequeno, tem um impacto bastante significativo do ponto de vista econômico, pois ele ocorre apenas com a utilização da levedura LPT sem alteração em outras condições de processo e nem na estrutura física.
- O acompanhamento da morfologia das leveduras ao longo da safra 2018 sugere que as leveduras LPT são bastante resistentes ao estresse térmico e conseguem manter o rendimento de etanol elevado durante toda a safra.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, campus Fernando Costa, Pirassununga, à usina de bioetanol que cedeu os dados para análise e à equipe do Laboratório MicroServBio, todos na região de Pirassununga, São Paulo, pelo suporte acadêmico e técnico para realização deste estudo. Este capítulo é parte da Dissertação de Mestrado Profissional da aluna Teresa Cristina Vieira Viana no programa de Mestrado Profissional em Gestão e Inovação na Indústria Animal (GIIA) da Universidade de São Paulo.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, H. V.; OLIVEIRA, A. J. **Infecção na fermentação: como evitá-la**. STAB Álcool & Açúcar, Piracicaba, v. 2, n. 5, p. 12-18, 1982.
- AMORIM, H. V. **Fermentação alcoólica: ciência e tecnologia**. São Paulo: Fermentec, 448 p. 2005.
- ATALA, D. I. P. **Fermentação alcoólica com alta densidade celular: modelagem cinética, convalidação de parâmetros e otimização de processo**. 2000. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA**. Portaria n. 75, de 5 de março de 2015. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 mar. 2015. Seção 1, p. 17. Disponível: <<http://portal.imprensanacional.gov.br/consulta>>. Acesso em: 30 jan. 2018.
- GRASSI, M. C.B.; PEREIRA, G.A.G. **Energy-cane and RenovaBio: Brazilian vectors to boost the development of biofuels**, Industrial Crops & Products, v. 129, p. 201-205, 2019.
- KOHLHEPP, G. **Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 223-253, 2010.
- OLIVÉRIO, J. L. **Brazilian sugar cane sector: evolution, trends, sustainability**. São Paulo, 2008.
- REIS, V. R. **Caracterização de linhagens selvagens de *Saccharomyces cerevisiae* isoladas de processos fermentativos para produção de etanol**. 2011. 80 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.
- REIS, V. R. et al. **Bioethanol strains of *Saccharomyces cerevisiae* characterised by microsatellite and stress resistance**. Brazilian Journal of Microbiology, São Paulo, v. 48, n. 2, p. 268-274, 2017.
- SOUSA, D. D. P. et al. **Efeito de aditivo químico e inoculantes microbianos na fermentação e no controle da produção de álcool em silagens de cana-de-açúcar**. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 37, n. 9, p. 1564-1572, 2008.
- SOUZA, J. P. et al. **Improvement of Brazilian bioethanol production – Challenges and perspectives on the identification and genetic modification of new strains of *Saccharomyces cerevisiae* yeasts isolated during etanol process**. Fungal Biology, v. 122, p. 583-591, 2018.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alumínio 29, 31, 32, 34, 35, 215, 216, 225
Arco 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28
Arduino 103, 104, 107, 108, 109, 110, 111, 112

C

Coleta Seletiva 79, 80, 81, 83, 86, 87, 88
Conhecimento Organizacional 48, 50, 52

D

Desempenho Térmico 89

E

Educação Ambiental 79, 80, 83, 86, 87, 88
Eletrônica 103, 112, 192, 314, 339
EMG 103, 104, 106, 107, 108, 111, 112, 113
Energia 16, 17, 18, 126, 141, 142, 149, 151, 172, 260, 262, 265, 270, 271, 272, 274, 276
Energia Cinética 16, 17, 18

F

Fator 61, 67, 68
Fator de Recuperação 61, 63, 65, 67, 68

G

Gestão do Conhecimento 36, 48, 49, 50, 51, 59, 60
Gestão do Conhecimento em IFES 48

I

Injeção de Polímeros 61, 62, 67
ISO/IEC 29110 36, 37, 40, 41

M

Mão Mecânica 103, 107, 110
MPS.Br 36, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 46, 47

N

Nióbio 29, 30, 31, 32, 34, 35

P

Planejamento Desenvolvimento Institucional 48
Planejamento Estratégico 48, 49, 51, 59, 60, 267
Potencial 16, 17, 18, 37, 104, 111, 112, 135, 136, 151, 170, 172, 173, 174, 181, 227, 262, 263, 269, 284, 330, 332, 333, 336, 337, 338

Propriedades Mecânicas 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 188, 193, 215, 216, 217, 224, 296, 300

Prótese 103, 104, 107, 108, 110, 111, 112, 113

R

Reciclagem 80, 84, 87, 88, 298, 315

Refino de Grão 29

Resíduos Sólidos 79, 80, 81, 88, 298, 313, 314

Resistência Térmica Equivalente 89

S

Simulação Numérica 61

Solidificação Unidirecional 29, 32, 33, 214, 218

Sustentabilidade 80, 181, 260, 298, 316

T

Telhados Verdes 89

Tiro 16, 17, 22, 24, 26, 27, 28


V


Variáveis Térmicas 29, 32, 33, 35, 214, 215, 217, 224, 225


ENGENHARIA NA PRÁTICA:

IMPORTÂNCIA TEÓRICA E TECNOLÓGICA

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](#) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2020

ENGENHARIA NA PRÁTICA:

IMPORTÂNCIA TEÓRICA E TECNOLÓGICA

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora
Ano 2020