

Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2

Alexandre Igor Azevedo Pereira
(Organizador)

Alexandre Igor Azevedo Pereira
(Organizador)

**Estudos Interdisciplinares: Ciências
Exatas e da Terra e Engenharias
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: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
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
Profª Drª 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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª 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. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.ª Dr.ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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
Profª Drª 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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	Estudos interdisciplinares: ciências exatas e da terra e engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizador Alexandre Igor Azevedo Pereira. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 2) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-587-7 DOI 10.22533/at.ed.877190309 1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. I. Pereira, Alexandre Igor Azevedo. II. Série. CDD 507
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A obra “*Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2*” aborda um considerável acervo técnico-científico de publicação da Atena Editora. Este primeiro volume, apresenta 21 capítulos dedicados às Ciências Exatas. De leitura compreensível, com resultados relevantes envolvendo aplicações teóricas, práticas e atualizadas nas áreas de Matemática, Química e Física, a presente obra configura-se como um conglomerado de estudos que utilizam (não apenas) o raciocínio lógico, cálculos, modelagem e teste de hipóteses fortemente atrelados à área de Ciências Exatas; mas uma proposta contextual mais ampla através da resolução e direcionamento de inovação para manipulação de problemas atuais.

O reconhecimento das Ciências Exatas como de grande utilidade e importância para a humanidade reside no fato dos avanços e inovações tecnológicas terem sido apresentadas desde muito tempo e em escala de descobertas bastante amplas, como no caso da eletricidade, computadores e smartphones, por exemplo; a até as temáticas abordadas na presente obra, sob caráter contemporâneo, como simulação computacional, modelagem, ensino de matemática, biocombustíveis, vulcanização, manipulação de resíduos industriais, ensaios eletroquímicos, química da nutrição, nanofibras, componentes poliméricos, fibras vegetais e suas propriedades mecânicas, educação de jovens e adultos, manipulação química de etanol de segunda geração, empregabilidade de novos componentes químicos sob contextos multidisciplinares e etc.

No meio profissional, os cursos ligados às Ciências Exatas ilustram um futuro promissor no mercado de trabalho devido ao seu amplo espectro funcional. Por isso, desperta o interesse de jovens estudantes, técnicos, profissionais e na sociedade como um todo, pois o ritmo de desenvolvimento atual observado em escala global gera uma robusta, consolidada e pungente demanda por mão-de-obra qualificada na área. Não obstante, as Ciências Exatas estão ganhando cada vez mais projeção, através da sua própria reinvenção frente às suas intrínsecas evoluções e mudanças de paradigmas impulsionadas pelo cenário tecnológico e econômico. Para acompanhar esse ritmo, a humanidade precisa de recursos humanos atentos e que acompanhem esse ritmo através da incorporação imediata de conhecimento com qualidade.

Esperamos que o presente e-book, de publicação da Atena Editora, possa representar como legado, em seu primeiro volume da obra “*Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2*”, a oferta de conhecimento para capacitação de mão-de-obra através da aquisição de conhecimentos técnico-científicos de vanguarda praticados por diversas instituições em âmbito nacional; instigando professores, pesquisadores, estudantes, profissionais (envolvidos direta e indiretamente) com as Ciências Exatas e a sociedade (como um todo) frente a construção de pontes de conhecimento de caráter lógico, aplicado e com potencial de transpor o limiar fronteiro do conhecimento, o que - inclusive - sempre caracterizou

as Ciências Exatas ao longo dos tempos.

Alexandre Igor de Azevedo Pereira

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA ONDULAÇÃO GEOIDAL NA MEDIÇÃO DE PONTOS SOBRE A SUPERFÍCIE FÍSICA	
Plinio Temba Júlia Couto Nogueira Vitoria Ellen da Silva Oliveira Marcelo Antonio Nero Marcos Antonio Timbó Elmiro Sandra Cristina Deodoro Daniel Henrique Carneiro Salim	
DOI 10.22533/at.ed.8771903091	
CAPÍTULO 2	14
INTERVENÇÃO DIDÁTICA NAS AULAS DE FÍSICA: EXPERIMENTO SOBRE ESPELHOS PLANOS E ÓPTICA GEOMÉTRICA	
Adriane Beatriz Liscano Janisch Karin Ritter Jelinek Alana Amaral Rotter	
DOI 10.22533/at.ed.8771903092	
CAPÍTULO 3	19
A UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE STELLARIUM COMO RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ECLIPSES E ESTAÇÕES DO ANO NO ENSINO MÉDIO	
Arilson Paganotti Marcos Rincon Voelzke Graciene Carvalho Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.8771903093	
CAPÍTULO 4	29
AS NOÇÕES BÁSICAS DE GEOMETRIA ESPACIAL X ORIGAMIS MODULARES VISTOS SOBRE O CONTEXTO DA SALA DE AULA DE TEMPO INTEGRAL	
José Erildo Lopes Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.8771903094	
CAPÍTULO 5	41
O ENSINO DE MATEMÁTICA NA EJA: A FORMAÇÃO DE PROFESSORES E AS PRÁTICAS	
Janaina da Conceição Martins Silva Cibele Paula Silva Marta Aparecida Quintiliano Rabelo Vânia Lúcia Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.8771903095	
CAPÍTULO 6	51
PROPORÇÕES ENTRE PRODUTOS EXPONENCIAIS	
Guilherme Cavichiolo Moreira Barbosa	
DOI 10.22533/at.ed.8771903096	

CAPÍTULO 7 63

ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE DISSIPADORES DE CALOR PARA FONTES LED RGB POR MEIO DE MODELAGEM E SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

Thiago Lopes Quevedo
Filipe Melo Aguiar

DOI 10.22533/at.ed.8771903097

CAPÍTULO 8 76

CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DAS HIDROTALCITAS DE MAGNÉSIO E ALUMÍNIO MODIFICADAS COM FERRO (III) E CRÔMIO (III) SINTETIZADAS PELO MÉTODO DA PRECIPITAÇÃO POR HIDRÓXIDOS

Graciele Vieira Barbosa
Cintia Hisano
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Maria Aparecida Zaghete Bertochi
Jusinei Meireles Stropa
Lincoln Carlos Silva de Oliveira
Alberto Adriano Cavalheiro

DOI 10.22533/at.ed.8771903098

CAPÍTULO 9 88

CATALISADORES DE ARGILA BENTONÍTICA NA35 PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Alan Gabriel Adamczewski
Edson Cezar Grzebielucka
Eder Carlos Ferreira de Souza
Maria Elena Payret Arrúa
André Vitor Chaves de Andrade
Sandra Regina Masetto Antunes

DOI 10.22533/at.ed.8771903099

CAPÍTULO 10 101

EMBALAGENS: UM ESTUDO DE CASO DA SUA APLICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE SABONETES

Caroline de Souza Rodrigues
Carolina Laguna Pimenta
Laís Cabrerizo Vargas de Almeida
Marcos Vinícius Pereira da Costa
Sara Rudek
Raquel Teixeira Campos

DOI 10.22533/at.ed.87719030910

CAPÍTULO 11 108

ESTUDOS DOS PROCESSOS CORROSIVOS DO ALUMÍNIO AA 3003 EM MEIO DE ETANOL E GASOLINA

Mayara Soares
Carine Vieira
Cynthia Beatriz Fürstenberger
Danielle Borges
Danielle Cristina Silva Olizeski
Felipe Staciaki da Luz
Everson do Prado Banczek

DOI 10.22533/at.ed.87719030911

CAPÍTULO 12 120

EXTRAÇÃO, ANÁLISE E ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE OBTENÇÃO DE ERGOSTEROL EM RESÍDUOS DE *Ganoderma lucidum* (FR.) KRAST (GANODERMATACEAE)

Bianca de Araujo Ribeiro Rodrigues
Marcelo Telascrêa
Raquel Teixeira Campos
Oswaldo Luiz Gonçalves da Cunha
Márcia Ortiz Mayo Marques

DOI 10.22533/at.ed.87719030912

CAPÍTULO 13 132

FABRICAÇÃO DE SENSOR DE GÁS AMÔNIA ATRAVÉS DA TÉCNICA DE ELETROFIAÇÃO DE POLÍMEROS CONDUTORES EM MATRIZES ISOLANTES

Deuber Lincon da Silva Agostini
André Antunes da Silva
Bruno Henrique de Santana Gois
Jessyka Carolina Bittencourt
Clarissa de Almeida Olivati
Pedro Leonardo Silva
Vagner dos Santos
Wilson Silva Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.87719030913

CAPÍTULO 14 142

INVESTIGAÇÃO DO DIÓXIDO DE TITÂNIO ESTABILIZADO COM ZIRCÔNIO E SILÍCIO COMO MATRIZ PARA NOVOS DOPANTES

Natali Amarante da Cruz
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Maria Aparecida Zaghete Bertochi
Silvanice Aparecida Lopes dos Santos
Lincoln Carlos Silva de Oliveira
Alberto Adriano Cavalheiro

DOI 10.22533/at.ed.87719030914

CAPÍTULO 15 154

MATERIAIS COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER E FIBRA DE CAPIM CAPETA: RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

Douglas Santos Silva
Igor dos Santos Gomes
Edil Silva de Vilhena
Edielson Silva de Vilhena
Rodrigo da Silva Magalhães Dias
Maurício Maia Ribeiro
Roberto Tetsuo Fujiyama

DOI 10.22533/at.ed.87719030915

CAPÍTULO 16 167

MICROBALANÇA DE CRISTAL DE QUARTZO NO MONITORAMENTO DE REAÇÕES EM TEMPO-REAL

Cesar Augusto Tischer
Gina Alejandra Gil Giraldo

DOI 10.22533/at.ed.87719030916

CAPÍTULO 17 180

PRODUÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE UMA PLANTA INTEGRADA DE PRIMEIRA E SEGUNDA GERAÇÃO

Rafael Rodrigues Gomes
Diego Martinez Prata
Lizandro de Sousa Santos

DOI 10.22533/at.ed.87719030917

CAPÍTULO 18 193

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES DE BLENDA DE POLI(CAPROLACTONA) E ACETATO DE CELULOSE CONTENDO ÁCIDO ASCÓRBICO

Sthefany Ananda Bruna Almeida Mendes
Maria Oneide Silva de Moraes
Tainah Vasconcelos Pessoa
Taisa Lorene Sampaio Farias
Catarina Barbosa Levy
Ivanei Ferreira Pinheiro
Walter Ricardo Brito
João de Deus Pereira de Moraes Segundo

DOI 10.22533/at.ed.87719030918

CAPÍTULO 19 202

SÍNTESE DA ESTRUTURA PEROVSKITA DE TITANATO DE CÁLCIO E COBRE EM BAIXA TEMPERATURA PELO MÉTODO SOL-GEL

Eliane Kujat Fischer
Vinícius Moreira Alves
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Maria Aparecida Zaghete Bertochi
Graciele Vieira Barbosa
Cintia Hisano
Silvanice Lopes dos Santos
Lincoln Carlos Silva de Oliveira
Alberto Adriano Cavalheiro

DOI 10.22533/at.ed.87719030919

CAPÍTULO 20 214

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE HIDROTALCITAS FOSFATADAS DE MAGNÉSIO E ALUMÍNIO POR COPRECIPITAÇÃO

Alberto Adriano Cavalheiro
Sabrina Vitor Gonçalves
Creuza Kimito Caceres Kawahara
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Graciele Vieira Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.87719030920

CAPÍTULO 21 225

COMPÓSITO DE BORRACHA NATURAL REFORÇADO COM BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR: EFEITOS MECÂNICOS DO TRATAMENTO ALCALINO

Fábio Friol Guedes de Paiva

Vitor Peixoto Klienchen de Maria
Giovani Barrera Torres
Guilherme Dognani
Renivaldo José dos Santos
Flávio Camargo Cabrera
Aldo Eloizo Job

DOI 10.22533/at.ed.87719030921

SOBRE O ORGANIZADOR.....	235
ÍNDICE REMISSIVO	236

PRODUÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE UMA PLANTA INTEGRADA DE PRIMEIRA E SEGUNDA GERAÇÃO

Rafael Rodrigues Gomes
Diego Martinez Prata
Lizandro de Sousa Santos

1 | INTRODUÇÃO

A cana de açúcar é uma das culturas mais utilizadas no mundo, presente em mais de 100 países se mostra como um grande expoente agrícola em todo o globo, incluindo o Brasil, onde juntamente com a China representam cerca de 50% da área de cultivo mundial (NOVA CANA, 2013).

A região da América do Sul e Central então entre as principais produtoras de energias provenientes da biomassa, contribuindo com quase 30% da energia renovável do planeta (WEC, 2016). No Brasil, a principal cultura que serve de matéria prima para o etanol é a cana de açúcar. O estado de São Paulo aparece como líder na produção de etanol proveniente da cana de açúcar, possuindo cerca de quase 50% da produção nacional (CONAB, 2015). O impulsionamento do setor sucroalcooleiro veio através do Programa Nacional do Álcool (Próalcool), criado em 1975 pelo governo brasileiro, o programa alterou o percentual de etanol misturado à gasolina, passando de 5% para 20-30%, além de gerar incentivos fiscais

para a indústria nacional, ajudando a solidificar a presença do etanol como um dos principais combustíveis da frota veicular do país.

No Brasil a agroindústria sucroalcooleira produz cerca de 597 milhões de toneladas de resíduos por ano, como a palha e bagaço da cana (MENDES, 2015). Todo este resíduo muitas vezes é queimado ou levado para destinos onde não serão reutilizados. Visto esta grande quantidade de resíduo gerada pela indústria, aliado ao apelo cada vez maior para a diminuição dos gases do efeito estufa, a produção de bioetanol através do bagaço da cana de açúcar mostra-se cada vez mais uma alternativa viável para a produção de etanol.

Dado o cenário global de mudança na matriz energética, é previsto para o bioetanol um aumento na demanda significativo (HEINIMO; JUNGINGER, 2009), devido a flutuação constante nos últimos anos do preço do barril de petróleo e da busca de fontes menos poluídas do meio ambiente. Especialmente no Brasil, as atenções se voltam para o etanol de segunda geração de fonte lignocelulósica, pois possui um baixo custo da matéria prima, além da possibilidade de utilização do bioetanol misturado a gasolina (SANTOS, 2011), visto que desde março de 2015 é obrigatório a adição de 27% de etanol anidro combustível misturado a

gasolina comum (Portaria nº 75, de 5 de março de 2015, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), e 25% de etanol anidro combustível misturado a gasolina premium (Resolução nº 1, 4 de março de 2015, do Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool (CIMA)).

Este trabalho está separado em cinco seções, além da introdução. A segunda seção revisa o método de produção do etanol tradicional e de segunda geração. A terceira seção apresenta a metodologia para a simulação da planta de etanol e bioetanol integrada. A quarta seção apresenta os resultados obtidos e a sexta seção a conclusão.

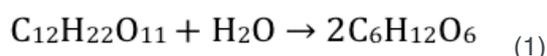
2 | REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção apresenta os métodos de produção utilizados para produção do etanol de primeira e segunda geração mais comuns utilizados em escala industrial.

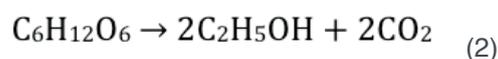
2.1 Produção de etanol via cana de açúcar

O processo de produção do etanol anidro (99,5% em massa) ocorre através da fermentação dos açúcares presentes no caldo que foram extraídos da cana de açúcar. Para o processo fermentativo é utilizado a levedura conhecida como pé-de-cuba, que fermenta os açúcares presentes no mosto, transformando-os em etanol.

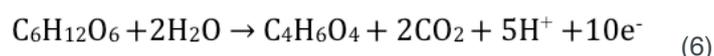
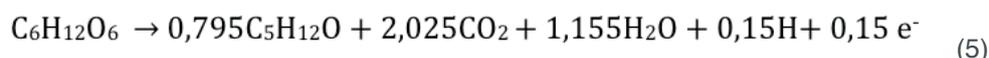
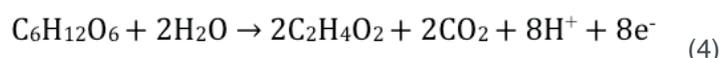
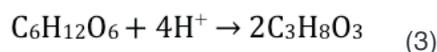
O mosto resultante da extração do caldo passa por etapas de pré-tratamento, até chegar a unidade de fermentação, onde toda a sacarose é hidrolisada para formar glicose, de acordo com a Equação (1):

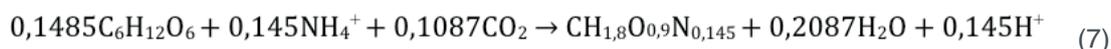


A glicose gerada através da hidrólise da sacarose é fermentada pela levedura, onde ocorre a produção de etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) e gás carbônico (CO_2), de acordo com a Equação (2).



Paralelamente a produção de etanol, outros subprodutos são formados durante o processo, como a produção de glicerol, ácido acético, álcool iso-amílico e ácido succínico, conforme as equações abaixo:





O etanol resultante da etapa de fermentação é levado para a unidade de destilação, onde é destilado até chegar a pureza de 99% em massa, que é especificado como etanol anidro segundo o Instituto de Pesos e Medidas (INPM).

2.2 Produção de etanol via bagaço da cana de açúcar

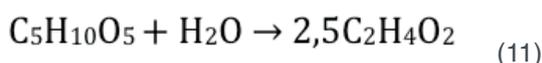
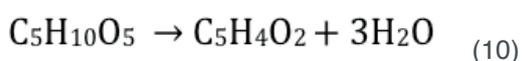
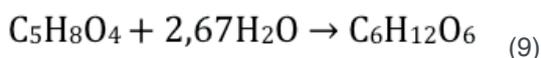
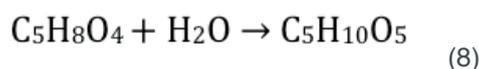
No processo estudado, o bagaço utilizado como matéria prima lignocelulósica é proveniente das moendas, este bagaço normalmente é queimado para geração de energia elétrica e vapor, porém através do processo de hidrólise, é possível dar um destino mais nobre para este material, neste caso servindo de matéria prima para produção de etanol.

O processo utilizado para realizar a hidrólise da matéria prima lignocelulósica é conhecido como processo *Organosolv*, este processo é uma adaptação do processo Dedini Hidrólise Rápida (DHR). O processo *Organosolv* é composto por três etapas: a primeira é a pré-hidrólise do bagaço da cana de açúcar para recuperar parte da hemicelulose, a segunda etapa é a deslignificação, em seguida, a terceira e última etapa, a hidrólise da celulose, onde são formados os açúcares que serão posteriormente fermentados.

Este processo adaptado evita o favorecimento de reações inibidoras do processo fermentativo. Outra vantagem do processo que foi adaptado é que a lignina obtida não possui sulfatos contaminantes, o que ocorre normalmente quando se realiza a deslignificação e hidrólise da celulose ao mesmo tempo. A lignina obtida sem contaminantes pode ser queimada livremente nas caldeiras, pois ela não oferece perigos quanto a questão da corrosão nos equipamentos.

Antes da etapa da pré-hidrólise, é adicionado ácido sulfúrico no bagaço da cana de açúcar, sendo posteriormente pressurizado e aquecido, onde é enviado para os reatores de pré-hidrólise de acordo com as especificações de operação de 2 bar e 123 °C.

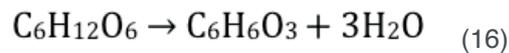
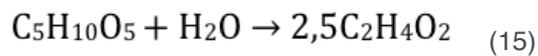
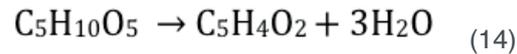
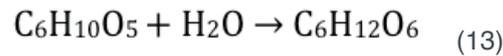
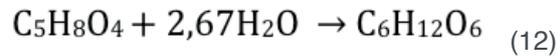
Na etapa da pré-hidrólise ocorre a formação de pentose, glicose, furfural e ácido acético, de acordo com as reações abaixo:



Após a etapa da pré-hidrólise, o licor resultante do processo é misturado junto ao hidrosolvente, onde é separado em duas correntes, a primeira possui lignina que

será descartada no processo, e a segunda possui celulose que será enviada para a etapa de hidrólise para formação dos açúcares.

A etapa de hidrólise consiste na conversão da hemicelulose restante que não foi convertida no processo da pré-hidrólise em glicose, conversão da celulose em glicose, além da formação de subprodutos, como formação de furfural e ácido acético. As reações desta etapa estão listadas abaixo:



Os produtos da etapa de hidrólise serão tratados e enviados para a unidade de fermentação, juntamente a corrente do processo de produção do etanol tradicional.

3 | METODOLOGIA

Esta seção apresenta a metodologia utilizada na simulação para obtenção do etanol anidro utilizando a cana de açúcar como matéria prima.

3.1 Metodologia de Simulação

Para realização da simulação, é necessário preencher as especificações apresentadas da planta original, proposta por (DIAS, 2008). Portanto, torna-se necessária especificar o pacote termodinâmico utilizado, a corrente de alimentação (temperatura, pressão, vazão e composição), conversões fixas adotadas nas etapas reacionais, além da configuração adotada em torres de destilação. Como resultado, a simulação disponibilizará a vazão, composição, temperatura e pressão do produto de interesse ao final da planta.

4 | PLANTA DE ETANOL DE PRIMEIRA E SEGUNDA GERAÇÃO

Nesta seção será apresentado o processo que foi utilizado como base para a simulação do etanol de primeira e segunda geração de forma separada, assim como a simulação realizada.

4.1 Planta de Etanol de Primeira Geração

A planta de etanol escolhida como base para o processo de simulação foi proposta por (DIAS, 2008). Foi utilizado o pacote termodinâmico General NTRL, que está presente na biblioteca do simulador. Devido a problemas deste pacote na separação do sistema água-etanol-monoetilenoglicol(MEG), foi utilizado o pacote termodinâmico UNIQUAC na coluna Extrativa que está presente no final do processo, onde retira o produto final de interesse, o etanol anidro (AEAC). Além da troca do pacote termodinâmico, também foram adicionados parâmetros binários para este sistema, afim de atingir resultados mais próximos do autor original.

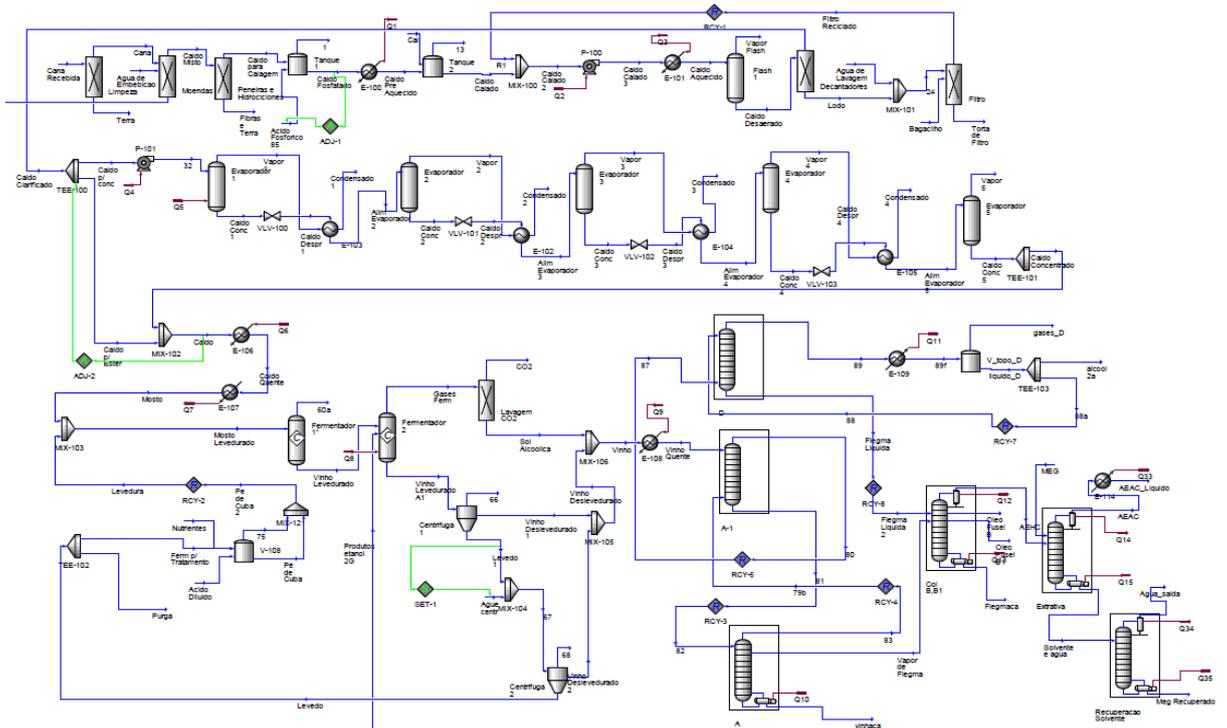


Figura 1. Planta de etanol de primeira geração simulada no UniSim R390

	MEG	Água	Etanol
Etanol	676,739	20,313	-
MEG	-	-533,993	-413,948
Água	-843,190	-	1722,763

Tabela 1. Parâmetros binários de mistura

Diversos componentes utilizados na simulação não estão presentes na biblioteca do software UniSim, portanto foram criados como componentes hipotéticos conforme a tabela 2. Todos os componentes criados fora do banco de dados do Unisim foram representados com um asterisco no final (*).

- Dados para os componentes hipotéticos sólidos

Composto	Grupo	Categoria	PE (°C)	MM (g/mol)	ρ (kg/m ³)
Celulose*	Bagaço	Aldeído	-	162,14	1530
Hemicelulose*	Bagaço	Aldeído	-	132,12	1530
Lignina*	Bagaço	Aldeído	-	122,49	1500
Terra*	Terra	Inorgânico	-	60,06	2300
Fosfato Calcio*	Sais	Sais Inorgânicos	-	310,17	2820
Levedura*	Levedura	Amina	-	30,23	1000

Tabela 2. Componentes hipotéticos sólidos - Dias (2008)
- Dados para os componentes hipotéticos líquidos/em solução

Composto	Grupo	Categoria	PE (°C)	MM (g/mol)	ρ (kg/m ³)	Tc (°C)	Pc (kPa)	Vc (m ³ /kmol)	ω
Sais Potassio*	Sais	Sais Inorgânicos	1550,00	116,00	2250	2069	911	4,530	1,022
Minerais*	Sais	Sais Inorgânicos	350,00	94,20	2320	1044	9469	0,360	-0,186
Ca(OH)₂*	Insumos	Inorgânico	580,00	74,10	2211	1252	6303	0,590	-0,018
Sol H₃PO₄*	Insumos	Inorgânico	580,00	74,10	1834	703	9332	0,268	-0,131
Acido Aconítico*	Impurezas	Ácido Carboxílico	192,00	174,10	1130	326	4627	0,420	1,465
Pentose*	Hidrolise	Aldeído	445,85	150,13	1505	617	6577	0,342	2,300
HMF*	Hidrolise	Aldeído	276,32	126,11	1290	696	5926	0,320	-0,009

Tabela 3. Componentes hipotéticos líquidos/em solução – Dias (2008) adaptado

A tabela 4 apresenta os componentes utilizados que estão presentes na base de dados do Unisim.

Componente	Nome no Banco de Dados
Glicose	Dextrose
Sacarose	Sucrose
Água	H ₂ O
Etanol	Ethanol
Dióxido de Carbono	CO ₂
Glicerol	Glycerol
Hidrogênio	Hydrogen
Ácido Succínico	SuccinicAcid
Ácido Acético	AceticAcid
Álcool Iso-amílico	3-M-1-C4ol
Amônia	Ammonia
Ácido Sulfúrico	H ₂ SO ₄

Tabela 4. Componentes da base de dados do UniSim

4.1.1 Seção de Alimentação e Limpeza

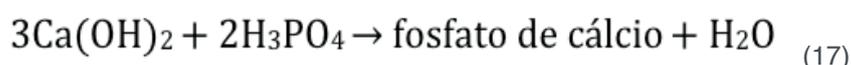
A corrente de alimentação de cana (corrente Cana Recebida) chega no processo a temperatura de 25 °C e 1 bar, na vazão de 490020 kg/h. A tabela 5 mostra

o percentual mássico dos componentes de entrada do processo.

Componente	(%) mássica
Sacarose	13,30
Celulose	4,77
Hemicelulose	4,53
Lignina	2,62
Dextrose	0,62
Minerais	0,20
Impurezas	1,79
Água	71,57
Terra	0,60

Tabela 5. Componentes da cana de açúcar

A corrente de cana recebida passa por um Splitter que retira 70% de terra em massa da cana de açúcar. Depois a corrente passa por um segundo Splitter (Moendas) que retira o bagaço da cana que será utilizado como matéria prima para a produção de etanol de segunda geração. O bagaço retirado possui 50% de umidade. A última etapa de limpeza é o Splitter (Peneiras e Hidrociclones), onde retira-se terra e as fibras restantes do caldo, e o caldo resultante é enviado para um tanque (Tanque 1). Neste tanque é adicionado ácido fosfórico (SOL H₃PO₄), afim de atingir uma concentração de 0,03% de ácido no caldo. Este caldo é aquecido para 45 °C e enviado para um segundo tanque (Tanque 2), onde é adicionado Ca(OH)₂, onde ocorre a reação 8:



O caldo fosfatado é pressurizado para 2,5 bar e 105 °C. O caldo aquecido é enviado para um Flash (Flash 1), onde é retirado o excesso de água em forma de vapor. A corrente do caldo desaerado passa por um Splitter (Decantadores), onde retira-se o lodo, enquanto o caldo clarificado é enviado para uma bateria de evaporadores, com cerca de 12,5% de sacarose em massa. A corrente de lodo é misturada junto a corrente de água de lavagem, e enviada para um Splitter (Filtro), onde é retirado a torta de filtro. A corrente filtrada resultante do equipamento (Filtro Reciclado) é recirculado no processo junto a corrente de caldo calado.

4.1.2 Seção de concentração da sacarose

A corrente do caldo clarificado é separada em duas, a primeira é o caldo para concentração, que é pressurizada para 1,69 bar. A segunda é o caldo para esterificação, que irá se misturar posteriormente a corrente do caldo para concentração ao final da bateria de evaporadores. A tabela 6 mostra a configuração dos evaporadores.

Equipamento	Temperatura (°C)	Pressão (bar)
Evaporador 1	111,5	1,699
Evaporador 2	108,8	1,357

Evaporador 3	100,5	1,013
Evaporador 4	83,61	0,532
Evaporador 5	62,02	0,203

Tabela 6. Condições operacionais dos evaporadores

O caldo concentrado que sai da bateria de evaporadores possui 55% de sacarose em massa. Este caldo é misturado junto ao caldo para esterificação, onde seu teor de sacarose final é cerca de 22% (corrente caldo).

4.1.3 Seção de Fermentação

A corrente caldo é enviada para esterelização, onde primeiramente é aquecida a 130°C e depois resfriada para 32 °C. Realizado a esterelização do caldo, a corrente Mosto é misturada a corrente Levedura, onde irá passar por dois reatores de fermentação de conversão fixa. As reações desta etapa estão descritas na seção 2.1. A tabela 7 apresenta as conversões adotadas nos reatores.

Produto	Conversão (%)	Reator	Equação
Glicose	100,00	1	1
Etanol	90,48	2	2
Glicerol	2,67	2	3
Ácido Acético	1,19	2	4
Alcool Iso-amílico	0,00031	2	5
Ácido Succínico	0,29	2	6
Levedura	1,37	2	7

Tabela 7. Conversões da etapa fermentativa

A corrente de saída do reator 2 (Vinho Levedurado) passa por um vaso de separação, onde a levedura é retirada para ser recirculada no processo, enquanto a corrente de vinho delevedurado é misturado a saída da torre que retira o CO₂ resultante da fermentação (Equipamento Lavagem de Gases). A corrente que contém levedura do equipamento Centrifuga 2 é purgada e depois levada para um tanque, onde é adicionado nutrientes em forma de amônia e ácido sulfúrico diluído (10% em massa). A levedura recuperada é misturada junto ao mosto, para recircular na etapa de fermentação do processo.

4.1.4 Seção de Destilação e Desidratação

Antes da etapa de destilação, o vinho é aquecido para 82 °C, passando depois por uma bateria de torres de destilação e absorção conforme as tabelas abaixo:

O solvente utilizado para separar etanol e água foi o monoetilenoglicol (MEG), onde seus parâmetros binários de mistura foram adicionados conforme a tabela 1

para o sistema água-etanol-MEG na coluna extrativa.

	Número Pratos	Pressão Topo (kPa)	Pressão Fundo (kPa)
Coluna A1	8	136,30	139,30
Coluna A	18	139,30	152,50
Coluna D	6	133,80	136,30
Coluna B,B1	45	116,00	135,70
Coluna Extrativa	35	101,30	101,30
Coluna Rec Solvente	10	20,00	20,00

Tabela 8. Dados operacionais da Coluna A1

4.2 Planta de Etanol de Segunda Geração

A planta de etanol lignocelulósico foi proposta por (DIAS,2008). Esta é uma planta complementar ao processo de etanol tradicional, que reaproveita o bagaço descartado para realizar a hidrólise do mesmo, sendo posteriormente fermentado e destilado. A planta utiliza a mesma unidade de fermentação e destilação/desidratação da planta de primeira geração.

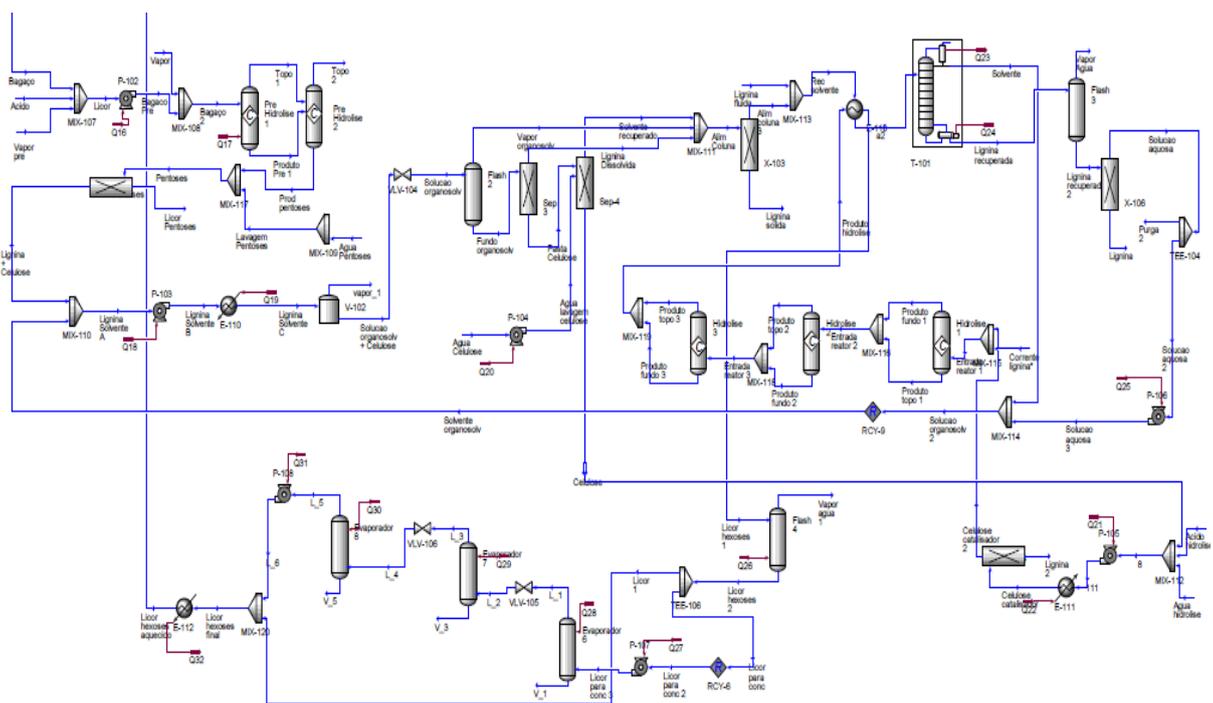


Figura 2. Planta de etanol de segunda geração simulada no UniSim.

4.2.1 Seção de Alimentação e Pré-Hidrólise

A corrente que chega de bagaço na unidade de produção de etanol 2G possui 50% de umidade e vazão de 115400 kg/h a pressão de 1 bar e 25°C. É adicionado ácido sulfúrico concentrado (90% molar) e vapor para aquecer a corrente de licor a 80 °C. A corrente de licor aquecida é pressurizada para 2 bar e levada para os reatores de pré-hidrólise, onde ocorrerá a formação de glicose, pentoses e demais subprodutos. As reações desta etapa foram descritas na seção 2.2. A tabela 9 mostra

as conversões fixas adotadas no processo.

Reação	Conversão (%)	Reator de Pré-Hidrólise	Equação
Formação de pentose	81,39	1	8
Formação de glicose	1,76	1	9
Formação de furfural	0,40	2	10
Formação de ácido acético	1,82	2	11

Tabela 9. Conversões utilizadas nas reações de pré-hidrólise

Os produtos resultantes do reator 2 de pré hidrólise são misturados a água de lavagem de pentoses a uma vazão de 72060 kg/h a temperatura ambiente. A corrente resultante (corrente Pentoses) é enviada para um filtro, onde retira-se 55% de pentoses no Splitter (Filtro Pentoses), obtendo um licor de pentoses com 8,7% de pentoses em massa.

A corrente de saída do filtro de pentoses que possui lignina e celulose é adicionada juntamente ao solvente *Organosolv*, a corrente resultante da mistura é pressurizada para 19 bar e 180 °C. Depois de devidamente pressurizada e aquecida, a corrente Solução Organosolv é enviada para um Flash (Flash 2) que opera a 130 °C. O vapor organosolv que sai do Flash 2 será misturada direto com a corrente de lignina dissolvida do Splitter (Sep 3) e a corrente Solvente Recuperado de saída do Splitter (Sep 4).

A corrente de fundo do Flash 2 (Fundo organosolv) é enviada para um Splitter (Sep 3), onde metade da lignina é separada para a corrente de topo, e a outra metade para corrente de fundo (corrente Pasta Celulose). A corrente de pasta de celulose é enviada para outro Splitter (Sep 4), onde recebe água de lavagem na vazão de 360 kg/h a temperatura ambiente. Este equipamento promove a separação de 90% de água para a corrente de solvente recuperado, enquanto 10% vai para a corrente Celulose.

As correntes de saída no topo do Flash 2, Sep 3 e 4 são misturadas para servirem de alimentação para a coluna de recuperação do solvente (coluna T-101). As especificações de operação da coluna estão presentes na tabela 10.

Coluna T-101	
Quantidade de pratos	5
Pressão no topo (kPa)	500,00
Pressão no fundo (kPa)	500,00

Tabela 10. Especificações de operação da Coluna T-101

A corrente de fundo (Lignina Recuperada) passa por um Flash (Flash 3) que promove a retirada de água a 170 °C.

4.2.2 Seção de Hidrólise

A corrente de celulose de saída do Splitter (Sep 4) é adicionada juntamente a corrente ácido de hidrólise, que possui 10% de ácido sulfúrico em massa na vazão de 1569 kg/h e uma corrente de água na vazão de 180000 kg/h. A corrente é pressurizada para 30 bar e 205 °C antes de entrar nos reatores de hidrólise. As reações presentes na etapa de hidrólise estão presentes na seção 2.2 e suas conversões são mostradas na tabela 11.

Reação	Conversão (%)	Reator de Hidrólise	Equação
Formação de glicose (celulose)	80,60	1	13
Formação de glicose (hemicelulose)	99,00	2	12
Formação de furfural (pentose)	80,00	3	14
Formação de ácido acético	1,82	3	15
Formação de furfural (glicose)	2,00	3	16

Tabela 11. Conversões das Reações de Hidrólise

Os produtos da etapa de hidrólise passam por um Flash (Flash 4) que opera a 100 °C. A corrente de licor resultante do Flash (corrente Licor Hexoses 2) é separada em duas outras correntes, 25% da corrente original vai para a corrente Licor p/ conc, enquanto os outros 75% vão para a corrente Licor 1. A corrente Licor p/conc passa por uma bomba (P-107), onde é pressurizada para 1,69 bar, sendo preparada para passar por uma bateria de evaporadores, conforme a tabela 12.

Equipamento	Temperatura (°C)	Pressão (bar)
Evaporador V-105	115,5	1,696
Evaporador V-106	120,0	1,000
Evaporador V-107	150,0	0,200

Tabela 12. Condições operacionais dos evaporadores

Após passar pelos evaporadores, a corrente de licor concentrado é misturada a corrente Licor 1, passando por um cooler que esfria a corrente para 33 °C e enviada para a unidade de fermentação do processo de produção do etanol convencional.

5 | RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados encontrados na simulação, juntamente com dados comparativos a planta original proposta.

5.1 Resultados da simulação

Os resultados obtidos da planta de etanol de primeira e segunda geração estão

apresentados na Tabela 13 e 14. Somente os dados das principais correntes que integram o processo foram apresentados devido a falta de espaço para a apresentação completa dos resultados.

Corrente	Vazão (kg/h) UniSim	Vazão (kg/h) Dias (2008)	Erro (%)
Cana de açúcar recebida	490200	490200	0,00
Caldo misto	508400	508900	0,10
Bagaço (50% umidade)	115400	117900	2,12
Caldo clarificado	501900	514300	2,41
Torta Filtro	15094	16300	7,40
Caldo para concentração	280300	288300	2,77
Caldo para esterelização	221600	226000	1,95
Mosto	284800	279000	2,08

Tabela 13. Dados da simulação

Etanol Anidro (AEAC)	Vazão (kmol/h)	Erro (%)	Fração Mássica	Erro (%)
UniSim	737,70	2,03	0,9903	0,29
Dias (2008)	723,00	-	0,9932	-

Tabela 14. Dados do produto final

A simulação realizada mostrou-se próxima da original proposta por Dias (2008), pequenas diferenças se devem ao fato da autora não especificar detalhadamente todas as correntes e equipamentos utilizados no processo, o que gerou valores distintos em relação a vazão de algumas correntes. Outro fator que pode ter contribuído para a variação de resultados foi a discrepância de dados referente a corrente de entrada do processo fornecido pela autora, pois a mesma apresenta dois valores diferentes de vazão de entrada no processo (490200 kg/h e 493100 kg/h). O valor adotado para realizar a simulação foi de 490200 kg/h, pois o dado foi apresentado na metodologia da dissertação, enquanto a outra vazão apresentada aparece em uma tabela de principais correntes do processo, realizada pela autora.

6 | CONCLUSÃO

Os resultados obtidos via simulação computacional foram satisfatórios em comparação a simulação original proposta. As vazões encontradas divergiram entre 0 a 7,5%, enquanto o produto final (etanol anidro) obteve uma diferença de 2,03% em relação a vazão encontrada pela autora.

Análises futuras serão realizadas para efeito de comparação entre a planta de etanol 1G e a planta integrada de etanol 1G/2G, com base em ecoindicadores de consumo energético, consumo de água, produção de resíduos, produção de efluentes e emissões de CO₂. Análises de ecoeficiência de plantas de etanol de primeira e

segunda geração não foram encontradas na literatura, servindo de pretexto para posterior utilização destes indicadores de avaliação na planta.

Este trabalho possui a função de servir como base para avaliações de foco ambiental e econômico nesta planta, contribuindo para a disseminação do tema sobre biocombustíveis e seus efeitos produtivos via simulação computacional.

REFERÊNCIAS

COMPANHIA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO. CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira Cana-de-açúcar**. Brasília: CONAB, 2015. Disponível em <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_12_17_09_03_29_boletim_cana_portugues_-_3o_lev_-_15-16.pdf>. Acesso em: 25 maio. 2017.

DIAS. M.S., “**Simulação do processo de produção de etanol a partir do açúcar e do bagaço, visando a integração do processo e a maximização da produção de energia e excedentes do bagaço**”, dissertação de mestrado UNICAMP, Campinas, 2008.

HEINIMO. J, JUNGINGER. M., **Production and trading of biomass energy – an overview of the global status**. Biomass and Bioenergy, v. 33, p 1310-1320. 2009.

MENDES. F.M.T., MARQUES, A.C.C., MENDONÇA. D.L., **High Surface Area Activated Carbon from Sugar Cane Straw**. Waste Biomass Valor, v. 6, p 433-440, 2015.

NOVA CANA. **A produção da cana-de-açúcar no Brasil (e no mundo)**. São Paulo: NOVA CANA, 2013 Disponível em: <<https://www.novacana.com/cana/producao-cana-de-acucar-brasil-e-mundo>>. Acesso em: 24 maio. 2017.

SANTOS. R,R., “**Análise da viabilidade energética e econômica da produção de etanol em microdestilarias**”, dissertação de mestrado UNIFEI, Itajubá, 2011.

WORLD ENERGY COUNCIL. WEC. **World Energy Resources 2016**. London: WEC, 2016. Disponível em <<https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Resources-Full-report-2016.10.03.pdf>>. Acesso em: 25 maio. 2017

SOBRE O ORGANIZADOR

Alexandre Igor Azevedo Pereira - é Engenheiro Agrônomo, Mestre e Doutor em Entomologia pela Universidade Federal de Viçosa. Professor desde 2010 no Instituto Federal Goiano e desde 2012 Gerente de Pesquisa no Campus Urutaí. Orientador nos Programas de Mestrado em Proteção de Plantas (Campus Urutaí) e Olericultura (Campus Morrinhos) ambos do IF Goiano. Alexandre Igor atuou em 2014 como professor visitante no John Abbott College e na McGill University em Montreal (Canadá) em projetos de Pesquisa Aplicada. Se comunica em Português, Inglês e Francês. Trabalhou no Ministério da Educação (Brasília) como assessor técnico dos Institutos Federais em ações envolvendo políticas públicas para capacitação de servidores federais brasileiros na Finlândia, Inglaterra, Alemanha e Canadá. Atualmente, desenvolve projetos de Pesquisa Básica e Aplicada com agroindústrias e propriedades agrícolas situadas no estado de Goiás nas áreas de Entomologia, Controle Biológico, Manejo Integrado de Pragas, Amostragem, Fitotecnia e Fitossanidade de plantas cultivadas no bioma Cerrado.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Argila aniônica 76
Astronomia 19, 20, 21, 23, 27, 28
Ativação ácida 88, 90

B

Biocompósitos 225

C

CCT 203, 209
Cerâmica dielétrica 203
Combustível 119
Compósitos poliméricos 155

D

Dissipação de calor 63

E

Eclipses 19, 20
Educação em tempo integral 29
Eletrofiação 9, 132
Embalagem 101, 106, 107
Ensino de matemática 29
Ergosterol 120, 121, 122, 123, 127, 128, 129
Espectrofotometria 120, 125
Etanol 109, 114, 115, 118, 119, 184, 185, 187, 188, 191

F

Filmes 173, 174, 193
Filmes poliméricos 193
Formação de professores 41

G

Ganodermalucidum 130

M

Método Sol-Gel 144, 203, 205, 206
Modelagem 63

N

Nanofibras 134, 136

O

Oficina 14, 16, 18
Ondulação geoidal 6, 10, 11

Origami modular 29

P

Padrão 10, 51, 126

Perfilamento laser 1

Perovskita 203, 204, 205, 206, 209, 210, 211

Potenciação 51

Proporção 51, 61

S

Sabonetes 101

Semicondutor 143

Simulação computacional 63

Sohxlet 120, 121

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-587-7



9 788572 475877