

# 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: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
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
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://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

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8771903091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
INTERVENÇÃO DIDÁTICA NAS AULAS DE FÍSICA: EXPERIMENTO SOBRE ESPELHOS PLANOS E ÓPTICA GEOMÉTRICA	
Adriane Beatriz Liscano Janisch Karin Ritter Jelinek Alana Amaral Rotter	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8771903092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>19</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8771903093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>29</b>
AS NOÇÕES BÁSICAS DE GEOMETRIA ESPACIAL X ORIGAMIS MODULARES VISTOS SOBRE O CONTEXTO DA SALA DE AULA DE TEMPO INTEGRAL	
José Erildo Lopes Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8771903094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>41</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8771903095</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>51</b>
PROPORÇÕES ENTRE PRODUTOS EXPONENCIAIS	
Guilherme Cavichiolo Moreira Barbosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8771903096</b>	

**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 BLENDAS 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**

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>235</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>236</b>

## 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 poluidoras 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.

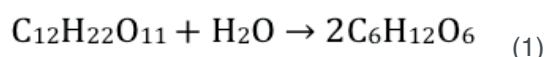
## 2 | REVISÃO DA LITERATURA

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

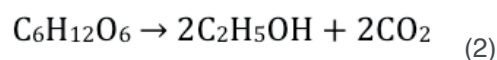
### 2.1 Produção de etanol via cana de açúcar

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.

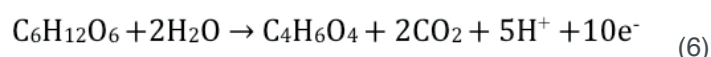
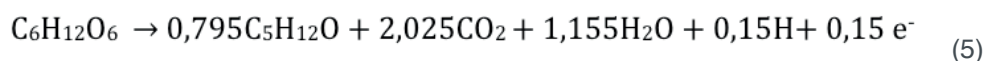
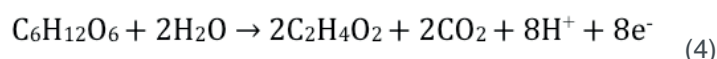
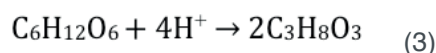
O mosto resultante da extração do caldo passa por etapas de pré-tratamento, até chegar a unidade de fermentação, onde toda a sacarose é hidrolisada para formar glicose, de acordo com a Equação (1):

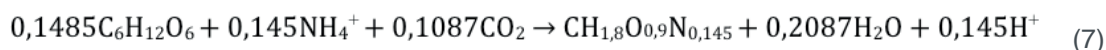


A glicose gerada através da hidrólise da sacarose é fermentada pela levedura, onde ocorre a produção de etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) e gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), de acordo com a Equação (2).



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

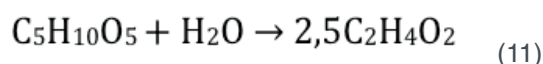
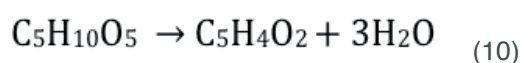
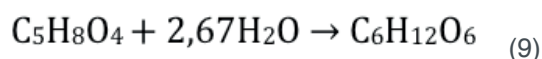
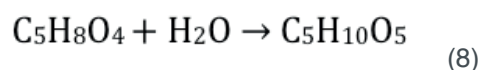
No processo estudado, o bagaço utilizado como matéria prima lignocelulósica é proveniente das moendas, este bagaço normalmente é queimado para geração de energia elétrica e vapor, porém através do processo de hidrólise, é possível dar um destino mais nobre para este material, neste caso servindo de matéria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

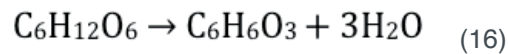
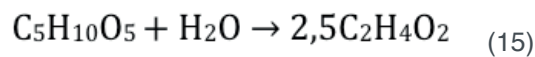
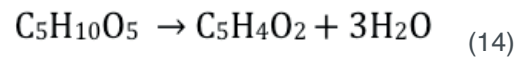
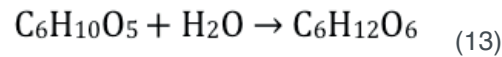
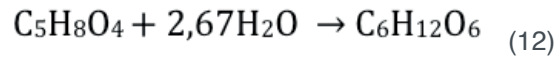
Na etapa da pré-hidrólise ocorre a formação de pentose, glicose, furfural e ácido acético, de acordo com as reações abaixo:



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 NRTL, 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.

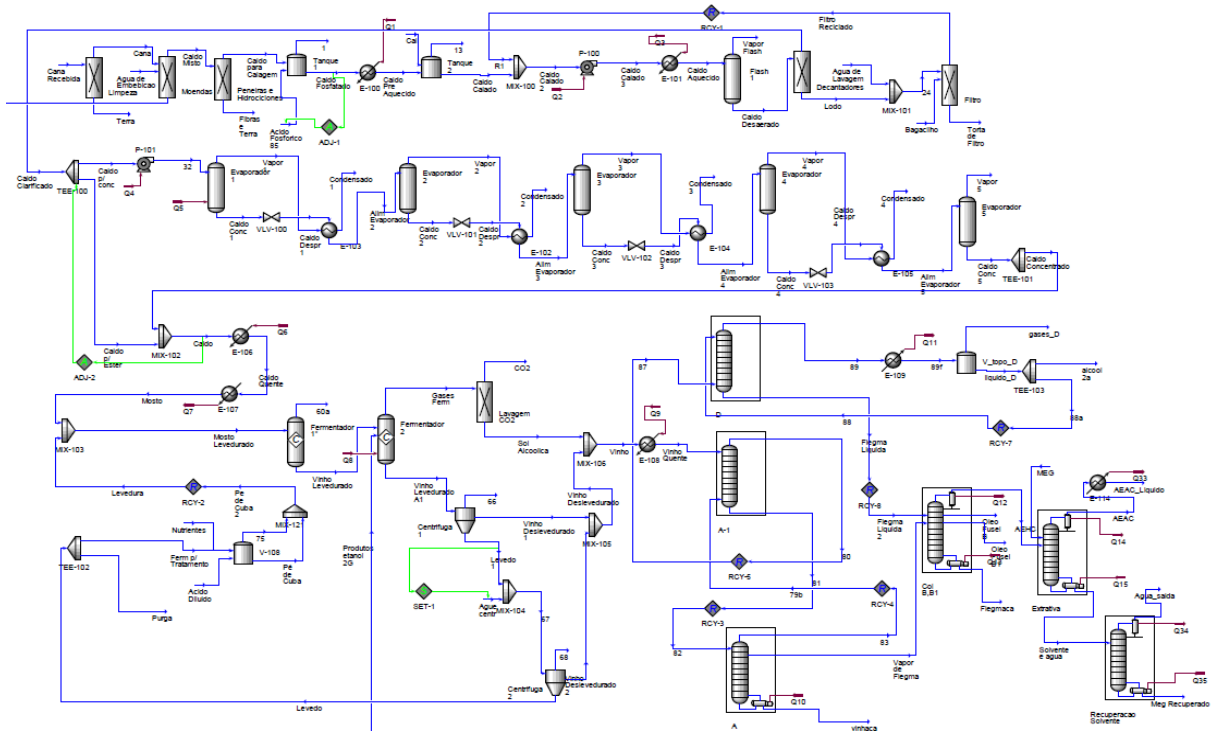


Figura 1. Planta de etanol de primeira geração simulada no UniSim R390

	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)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Celulose*</b>	Bagaço	Aldeído	-	162,14	1530
<b>Hemicelulose*</b>	Bagaço	Aldeído	-	132,12	1530
<b>Lignina*</b>	Bagaço	Aldeído	-	122,49	1500
<b>Terra*</b>	Terra	Inorgânico	-	60,06	2300
<b>Fosfato Calcio*</b>	Sais	Sais Inorgânicos	-	310,17	2820
<b>Levedura*</b>	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)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Tc (°C)	Pc (kPa)	Vc (m <sup>3</sup> /kmol)	$\omega$
<b>Sais Potassio*</b>	Sais	Sais Inorgânicos	1550,00	116,00	2250	2069	911	4,530	1,022
<b>Minerais*</b>	Sais	Sais Inorgânicos	350,00	94,20	2320	1044	9469	0,360	-0,186
<b>Ca(OH)<sub>2</sub>*</b>	Insumos	Inorgânico	580,00	74,10	2211	1252	6303	0,590	-0,018
<b>Sol H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>*</b>	Insumos	Inorgânico	580,00	74,10	1834	703	9332	0,268	-0,131
<b>Acido Aconítico*</b>	Impurezas	Ácido Carboxílico	192,00	174,10	1130	326	4627	0,420	1,465
<b>Pentose*</b>	Hidrolise	Aldeído	445,85	150,13	1505	617	6577	0,342	2,300
<b>HMF*</b>	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
<b>Glicose</b>	Dextrose
<b>Sacarose</b>	Sucrose
<b>Água</b>	H <sub>2</sub> O
<b>Etanol</b>	Ethanol
<b>Dióxido de Carbono</b>	CO <sub>2</sub>
<b>Glicerol</b>	Glycerol
<b>Hidrogênio</b>	Hydrogen
<b>Ácido Succínico</b>	SuccinicAcid
<b>Ácido Acético</b>	AceticAcid
<b>Álcool Iso-amílico</b>	3-M-1-C4ol
<b>Amônia</b>	Ammonia
<b>Ácido Sulfúrico</b>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>

**Tabela 4.** Componentes da base de dados do UniSim

#### 4.1.1 Seção de Alimentação e Limpeza

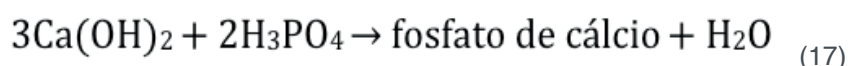
A corrente de alimentação de cana (corrente Cana Recebida) chega no processo a temperatura de 25 °C e 1 bar, na vazão de 490020 kg/h. A tabela 5 mostra

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 H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), 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)<sub>2</sub>, 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

<b>Evaporador 3</b>	100,5	1,013
<b>Evaporador 4</b>	83,61	0,532
<b>Evaporador 5</b>	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.

<b>Produto</b>	<b>Conversão (%)</b>	<b>Reator</b>	<b>Equação</b>
<b>Glicose</b>	100,00	1	1
<b>Etanol</b>	90,48	2	2
<b>Glicerol</b>	2,67	2	3
<b>Ácido Acético</b>	1,19	2	4
<b>Alcool Iso-amílico</b>	0,00031	2	5
<b>Ácido Succínico</b>	0,29	2	6
<b>Levedura</b>	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 CO<sub>2</sub> 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)
<b>Coluna A1</b>	8	136,30	139,30
<b>Coluna A</b>	18	139,30	152,50
<b>Coluna D</b>	6	133,80	136,30
<b>Coluna B,B1</b>	45	116,00	135,70
<b>Coluna Extrativa</b>	35	101,30	101,30
<b>Coluna Rec Solvente</b>	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.

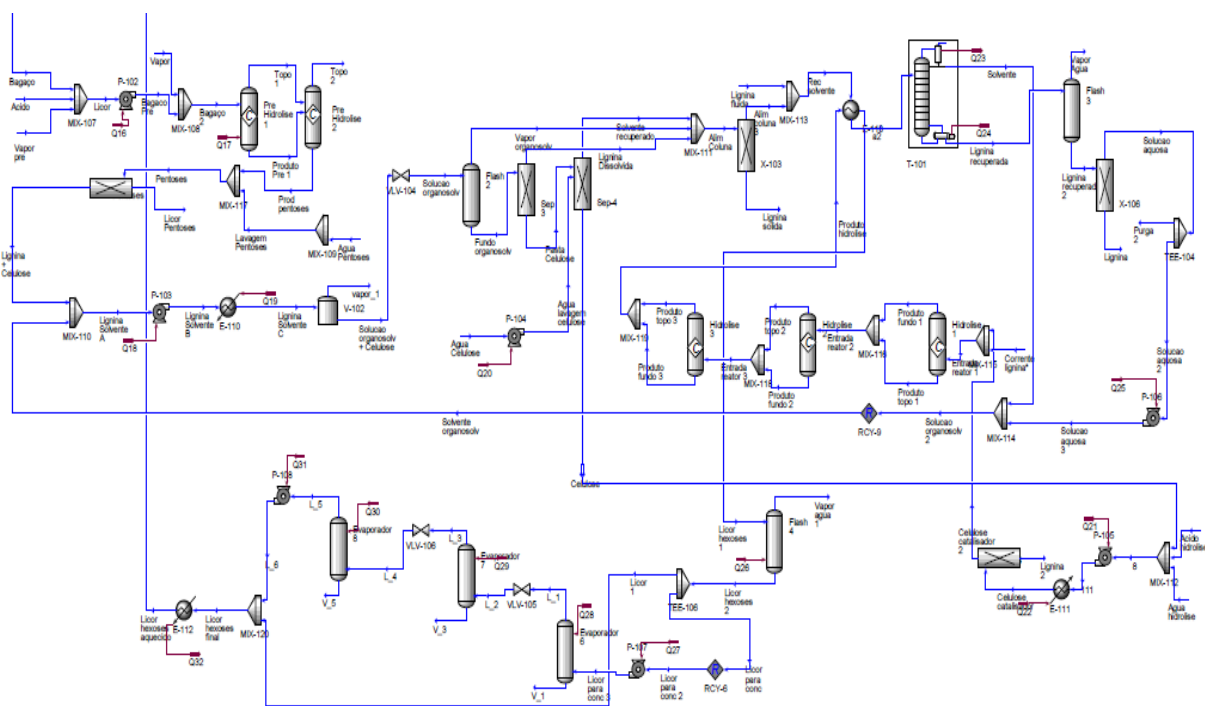


Figura 2. Planta de etanol de segunda geração simulada no UniSim.

### 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 CO<sub>2</sub>. 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](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