

# Estudos Transdisciplinares nas Engenharias

João Dallamuta  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

**João Dallamuta**

(Organizador)

# Estudos Transdisciplinares nas Engenharias

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: Karine de Lima  
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 Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
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. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
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. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
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> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof.<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

| <b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)<br/>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b> |  |
|---|--|
| E82   | Estudos transdisciplinares nas engenharias [recurso eletrônico] / Organizador João Dallamuta. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Transdisciplinares nas Engenharias; v. 1)<br><br>Formato: PDF<br>Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader<br>Modo de acesso: World Wide Web<br>Inclui bibliografia<br>ISBN 978-85-7247-355-2<br>DOI 10.22533/at.ed.552193005<br><br>1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Transdisciplinaridade.<br>I. Dallamuta, João. II. Série.<br><br>CDD 620 |
| <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

Caro(a) leitor(a)

Nesta obra temos um compendio de pesquisas realizadas por alunos e professores atuantes em ciências exatas, engenharia e tecnologia. São apresentados trabalhos teóricos e vários resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens de simulação, projetos e caracterização no âmbito da engenharia e aplicação de tecnologia.

Tecnologia e pesquisa de base são os pilares do desenvolvimento tecnológico e da inovação. Uma visão ampla destes temas é portanda fundamental. É esta amplitude de áreas e temas que procuramos reunir neste livro.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Optamos pela divisão da obra em dois volumes, como forma de organização e praticidade a você leitor. Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

João Dallamuta

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....   | <b>1</b>  |
| ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO E QUALIDADE DO BIOGÁS   |           |
| Carla Caroline Carvalho Poças<br>Arlison Darlison Lima Leal<br>Aroldo José Teixeira de Souza Filho<br>João Areis Ferreira Barbosa Junior                                      |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5521930051</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....   | <b>6</b>  |
| ANÁLISE DO COMPORTAMENTO FÍSICO-QUÍMICO DE ROCHAS CARBONÁTICAS QUANDO SUBMETIDAS A INJEÇÃO DE CO <sub>2</sub> SUPERCRÍTICO  |           |
| Deodório Barbosa de Souza<br>Katia Botelho Torres Galindo<br>Analice França Lima Amorim<br>Cecília Maria Mota Silva Lins<br>Leonardo José do Nascimento Guimarães             |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5521930052</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 3</b> .....   | <b>17</b> |
| ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DO POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE PROVENIENTE DO PROCESSO DE RECICLAGEM MECÂNICA E DO POLIESTIRENO PROVENIENTE DA DEGASAGEM DO POLIESTIRENO EXPANDIDO |           |
| Fabiula Danielli Bastos de Sousa<br>Thiago Czermainski Gonçalves Alves<br>Matheus Alves Rodrigues   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5521930053</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 4</b> .....   | <b>31</b> |
| ASSOCIAÇÃO DA FILTRAÇÃO DIRETA E USO DE COAGULANTES NATURAIS E QUÍMICOS NO TRATAMENTO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO  |           |
| Edilaine Regina Pereira<br>Dandley Vizibelli<br>Thaís Ribeiro<br>Fellipe Jhordã Ladeia Janz<br>José Euclides Stipp Paterniani   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5521930054</b>  |           |
| <b>CAPÍTULO 5</b> .....   | <b>38</b> |
| AUTOMATIZAÇÃO DE BRAÇO ROBÓTICO PARA COLETA EM CORPOS HÍDRICOS COM CONTAMINANTES NOCIVOS A SAÚDE HUMANA   |           |
| Louise Aimeé Reis Guimarães<br>Jussiléa Gurjão de Figueiredo<br>Ylan Dahan Benoliel Silva   |           |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.5521930055</b>  |           |

**CAPÍTULO 6 ..... 47**

AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA ESTRUTURAL DE PÓRTICOS PLANOS DE AÇO PROJETADOS COM ANÁLISE AVANÇADA

Danilo Luiz Santana Mapa  
Marcílio Sousa da Rocha Freitas  
Ricardo Azoubel da Mota Silveira

**DOI 10.22533/at.ed.5521930056**

**CAPÍTULO 7 ..... 62**

AVALIAÇÃO DA VAZÃO DE ASPERSORES SUBMETIDOS A DIFERENTES PRESSÕES

Anderson Crestani Pereira  
Adroaldo Dias Robaina  
Marcia Xavier Peiter  
Bruna Dalcin Pimenta  
Jardel Henrique Kirchner  
Wellington Mezzomo  
Marcos Vinicius Loregian  
Jhosefe Bruning  
Luis Humberto Bahú Ben

**DOI 10.22533/at.ed.5521930057**

**CAPÍTULO 8 ..... 70**

AVALIAÇÃO DO BINÔMIO TEMPO-TEMPERATURA DE REFEIÇÕES SERVIDAS EM RESTAURANTES *SELF-SERVICE* DE PICOS-PI

Nara Vanessa dos Anjos Barros  
Mateus da Conceição Araújo  
Adolfo Pinheiro de Oliveira  
Iraildo Francisco Soares  
Ennya Cristina Pereira dos Santos Duarte  
Rodrigo Barbosa Monteiro Cavalcante

**DOI 10.22533/at.ed.5521930058**

**CAPÍTULO 9 ..... 77**

AVALIAÇÃO DO EFEITO DE ANTIOXIDANTES NATURAIS NA ESTABILIDADE OXIDATIVA DO BIODIESEL

Ingrid Rocha Teixeira  
Jander Teixeira Peneluc  
Matheus Andrade Almeida  
Selmo Queiroz Almeida

**DOI 10.22533/at.ed.5521930059**

**CAPÍTULO 10 ..... 86**

AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE SEVERIDADE DE SECA DE PALMER (PDSI) PARA O MUNICÍPIO DE CRUZ ALTA/RS

Suélen Cristiane Riemer da Silveira  
Claudia Fernanda Almeida Teixeira-Gandra  
Rita de Cássia Fraga Damé  
Marcia Aparecida Simonete  
Emanuele Baifus Manke  
Maria Clotilde Carré Chagas Neta  
Henrique Michaelis Bergmann

**DOI 10.22533/at.ed.55219300510**

**CAPÍTULO 11 ..... 93**

**AVALIAÇÃO DO SUCO MISTO DE ACEROLA COM MANJERICÃO**

Michele Alves de Lima  
Elynne Kryslen do Carmo Barros  
Clélia de Moura Fé Campos  
Marilene Magalhães de Brito  
Maria Márcia Dantas de Sousa  
Karine Aleixes Barbosa de Oliveira  
Thamires Mendonça de Carvalho  
Robson Alves da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.55219300511**

**CAPÍTULO 12 ..... 102**

**COLORIMETRIA APLICADA A ESPÉCIES FLORESTAIS EM MATO GROSSO**

Edilene Silva Ribeiro  
Joaquim Carlos Gonzalez  
William Cardoso Lima  
Luzia Elaine Domingues Pimenta Vargas  
Roberta Santos Souza

**DOI 10.22533/at.ed.55219300512**

**CAPÍTULO 13 ..... 114**

**COMPORTAMENTO DA ALFACE COM DISTINTAS DOSAGENS DE ESTERCO CAPRINO EM DIFERENTES REGIÕES**

Thaís Rayane Gomes da Silva  
Marcelo Rodrigues Barbosa Júnior  
Cinara Bernardo da Silva  
Luan Wamberg dos Santos  
Márcio Aurélio Lins dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.55219300513**

**CAPÍTULO 14 ..... 122**

**COMPORTAMENTO DA ALTURA DO CACAUEIRO SOB DIFERENTES QUANTIDADES DE ÁGUA E NITROGÊNIO**

Roger Luiz Da Silva Almeida  
Roger Luiz Da Silva Almeida Filho  
Gustavo Victor De Melo Araújo Almeida

**DOI 10.22533/at.ed.55219300514**

**CAPÍTULO 15 ..... 127**

**CORRELAÇÕES ENTRE AS TEORIAS DE EULER-BERNOULLI E DE SHI-VOYIADJIS PARA VIGAS: UMA ABORDAGEM TEÓRICA E NUMÉRICA**

Hilton Marques Souza Santana  
Fabio Carlos da Rocha

**DOI 10.22533/at.ed.55219300515**



|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO 16</b> .....   | <b>144</b> |
| EFICIÊNCIA DOS PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS NA REDUÇÃO DA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)  |            |
| Júlia Buffon<br>Laura Cerezolli De Carli<br>Gabriela Madella Kranz<br>Maria Luiza Danielli Zanandréa<br>Murilo Cesar Costelli            |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.55219300516</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 17</b> .....   | <b>151</b> |
| ESTUDO DA REAÇÃO DE ELETRO-OXIDAÇÃO DE GLICEROL EM MEIO ALCALINO   |            |
| Micaeli Caldas Gloria<br>Elson Almeida de Souza<br>Paulo José de Sousa Maia  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.55219300517</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 18</b> .....   | <b>167</b> |
| ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICO ECONÔMICA DO BIOGÁS DA SUINOCULTURA PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA                                    |            |
| Arilson Darlison Lima Leal<br>Carla Caroline Carvalho Poças<br>Aroldo José Teixeira de Souza Filho<br>João Areis Ferreira Barbosa Junior |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.55219300518</b>  |            |
| <b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....   | <b>172</b> |

## AVALIAÇÃO DO EFEITO DE ANTIOXIDANTES NATURAIS NA ESTABILIDADE OXIDATIVA DO BIODIESEL

### Ingrid Rocha Teixeira

Universidade Salvador, Escola de Arquitetura,  
Engenharia e TI.  
Salvador – Bahia

### Jander Teixeira Peneluc

Universidade Salvador, Escola de Arquitetura,  
Engenharia e TI.  
Salvador - Bahia

### Matheus Andrade Almeida

Universidade Salvador, Escola de Arquitetura,  
Engenharia e TI.  
Salvador - Bahia

### Selmo Queiroz Almeida

Universidade Salvador, Escola de Arquitetura,  
Engenharia e TI.  
Salvador - Bahia

**RESUMO:** O uso do biodiesel como combustível torna-se problemático, devido à sua baixa estabilidade oxidativa. A oxidação ocorre durante sua estocagem em contato com o oxigênio ou quando submetido a altas temperaturas nas condições de operação do motor. Tais reações podem ocasionar a formação de espécies insolúveis, poliméricas, e, conseqüentemente, entupir linhas e bombas de combustíveis. Uma alternativa para inibir ou retardar essa degradação, é a adição de antioxidantes naturais. Dentre as fontes naturais, o extrato da casca da laranja, hortelã

e da película de amendoim têm se destacado por terem em suas composições uma elevada quantidade de compostos fenólicos, os quais são responsáveis pela ação antioxidante. Baseado nisso, o objetivo do presente trabalho é avaliar o efeito destes antioxidantes naturais na estabilidade oxidativa do biodiesel 80/20 % (m/m) Soja/Sebo, através da técnica de oxidação acelerada no equipamento Rancimat. Os experimentos realizados evidenciaram que todos antioxidantes utilizados elevaram a estabilidade oxidativa do biodiesel, sendo o extrato da película de amendoim o aditivo que apresentou o maior efeito, elevando em mais de 60% o tempo médio de indução do blend de estudo, para todas as concentrações testadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Antioxidante, Biodiesel, Estabilidade oxidativa.

### 1 | INTRODUÇÃO

O constante aumento na demanda por fontes de energia e o esgotamento das reservas de petróleo de fácil extração, têm motivado a diversificação da matriz energética mundial e elevado à busca por tecnologias que permitam a utilização de energias renováveis (WILSON, 2006). Neste cenário, o biodiesel apresenta-se como um biocombustível que vem se destacando na produção mundial. Industrialmente é obtido

pela reação de transesterificação, que consiste na reação química de triglicerídeos presentes nos óleos e gordura animal, com um álcool primário na presença de um catalisador, sendo o glicerol um subproduto desta reação.

No contexto energético mundial, o biodiesel destaca-se por ser uma das fontes alternativas ao diesel fóssil. A substituição do diesel por este biocombustível é ambientalmente favorável, uma vez que, o biodiesel é praticamente livre de enxofre e compostos aromáticos, biodegradável, não tóxico, além de apresentar uma maior lubricidade, maior ponto de fulgor e menor emissão de poluentes na atmosfera (KNOTHE, GERPEN e KRAHL, 2005). No entanto, uma das principais desvantagens do biodiesel em relação ao diesel, diz respeito a sua maior suscetibilidade à degradação oxidativa, atribuída principalmente a diferenças na composição química das oleaginosas (BOUAID, MARTINEZ e ARACIL, 2007).

Um dos principais mecanismos de oxidação do biodiesel é a auto-oxidação, que ocorre quando o oxigênio atmosférico encontra os sítios reativos das moléculas dos ácidos de ésteres graxos (KARAVALAKIS et al., 2010). Esta reação radicalar ocorre, preferencialmente, nas insaturações dos ésteres, e acontece em cadeia, sendo comumente dividida em três etapas: iniciação, propagação e terminação (ARAÚJO, 2004). Este mecanismo está representado na Imagem 1.

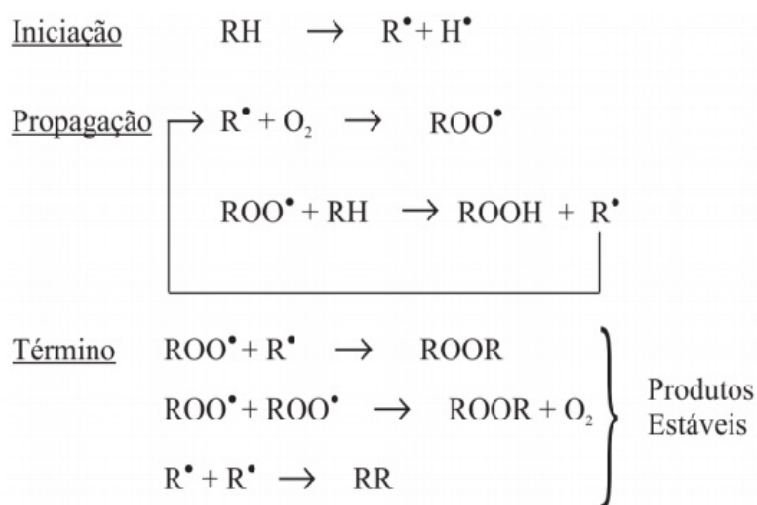


Imagem 1: Mecanismo de auto-oxidação do biodiesel.

Fonte: RAMALHO, 2006.

Na primeira etapa (iniciação) o radical livre, espécie química altamente reativa e instável, é formado através da abstração de um hidrogênio da molécula do éster de ácido graxo. O oxigênio, se presente, reage com esses radicais de forma extremamente rápida produzindo os radicais peróxidos, os quais são capazes de abstrair novos átomos de hidrogênio de outras cadeias de ésteres graxos, a fim de produzir hidroperóxidos e novos radicais livres, que podem reagir com o oxigênio, tornando esta etapa auto catalítica (fase de propagação). Por fim, a última etapa do processo, ocorre com a interação de duas espécies radicalares formando uma espécie

não radicalar (ARAÚJO, 2004).

Os produtos finais do processo oxidativo são derivados da decomposição dos hidroperóxidos, que geram aldeídos, cetonas, ácidos, ésteres, alcoóis e hidrocarbonetos de cadeias curtas. Sendo que, a presença de alcoóis acarreta diminuição do ponto de fulgor do biodiesel, tornando a mistura mais perigosa de manusear, enquanto a presença de ácidos aumenta a acidez total e o risco de corrosão (XIN; SAKA, 2010). Além disso, reações poliméricas também podem ocorrer, levando a produtos de maior massa molecular e, eventualmente, elevando a viscosidade do combustível (WAYNICK, 2005).

Em virtude do exposto, a estabilidade oxidativa apresenta-se como um parâmetro de qualidade extremamente importante para a comercialização deste biocombustível. Sendo assim, o estudo de aditivos que possam inibir ou retardar essas reações indesejáveis torna-se promissor. O uso de antioxidantes naturais como aditivo mostrou-se satisfatório quando comparado aos sintéticos, devido a não toxicidade e baixo custo. A atividade antioxidante dos aditivos, deve-se principalmente às propriedades redutoras e estrutura química dos compostos fenólicos presente em sua composição (SOUZA et al., 2007). Estes compostos permitem a doação do hidrogênio fenólico a um radical livre, regenerando-o e interrompendo deste modo o mecanismo de oxidação. Assim sendo, os compostos fenólicos transformam-se em radicais livres, os quais são estabilizados por ressonância (RAMALHO; JORGE, 2006).

Dentre os antioxidantes naturais ricos em compostos fenólicos, destaca-se a casca da laranja. A maioria dos antioxidantes presentes em citros, como a laranja, são vitamina C e polifenóis, especialmente flavonoides polimetoxilados, caratenóides, terpenóides, como o limoneno e linalol (BERMEJO et al., 2011). Em virtude do seu alto poder redutor, o ácido ascórbico, oferece proteção contra as reações oxidativas, enquanto, os polifenóis apresentam função de estabilizar os radicais livres (KLIMCKAC et al., 2007; JAYAPRAKASHA; PATIL, 2007).

Outra importante fonte de compostos fenólicos, é a película do amendoim, um resíduo que atualmente não possui aplicações, tendo como destino a queima para geração de energia ou o tratamento de rejeitos. Estudos realizados por Bergamaschi (2010) identificou que os principais compostos fenólicos presentes no extrato etanólico da película do amendoim são a epicatequina (28,5 %) e ácido p-cumárico (13,47%). A atividade antioxidante da película de amendoim já foi relatada em alguns estudos. O'keefe e Wang (2006) evidenciaram que o extrato da película em concentrações superiores a 200ppm estendeu a vida útil e elevou a estabilidade oxidativa da carne moída bovina refrigerada. Bem como, testes conduzidos em Rancimat por Camargo (2012) comprovaram a eficiência antioxidante da película retardando a oxidação do óleo de soja.

A hortelã é uma das espécies mais populares de óleos essenciais, com diversas aplicações nas indústrias de alimentos, cosmética e farmacêutica (COSTA et al., 2012). O óleo essencial desta planta é composto por mentol, mentona, mentofurona, pineno,

limoneno, cânfora, flavonóides, apigenina, luteína, betaína, heterosídeos e ácidos orgânicos (Vaz; Jorge, 2005). Segundo Almeida et al. (2012) a atividade antioxidante (DPPH) e os compostos fenólicos (CG-MS) presente nos extratos de hortelã foram obtidas por extração soxhlet utilizando etanol como solvente. Além disso, estudos realizados por Feldmann et al. (2008) evidencia a hortelã como uma das espécies que contêm alto teor de compostos fenólicos, dentre as diferentes plantas que foram avaliadas.

Vários estudos têm demonstrado que os extratos naturais possuem um elevado poder antioxidante. Sendo assim, tendo em vista que de acordo com a ANP (2016), o biodiesel comercializado no país tem como principal matéria prima o óleo de soja e o sebo bovino, o objetivo do presente trabalho é verificar como a adição destes extratos influenciam na estabilidade oxidativa, do biodiesel de composição semelhante ao que é comercializado, com blend 80/20% (m/m) Soja/Sebo, utilizando a técnica de oxidação acelerada no equipamento Rancimat.

## **2 | METODOLOGIA**

### **2.1 BIODIESEL**

O biodiesel de estudo é sintetizado a partir de uma mistura de óleo de soja comercial da marca Soya e sebo bovino, cedido pela empresa Frimasa, na proporção de 80/20% (m/m) Soja/Sebo, utilizando como álcool primário o metanol (Química Moderna), na razão molar óleo/álcool 1:6, e como catalisador o KOH (Dinâmica), 2,35% m/m. Inicialmente, a mistura soja e sebo é exposta ao aquecimento até se tornar uma solução homogênea. Em seguida a solução é misturada ao metóxido de potássio, previamente preparado, por um tempo reacional de 30 minutos, temperatura de 60°C, sob agitação constante. Ao término dessa reação, a mistura é posta para decantar em funil de vidro, até que ocorra a completa separação entre o biodiesel, produto desejado, e a glicerina, subproduto. Após a separação, a glicerina é removida e o biodiesel é purificado com uma solução de cloreto de amônio (Merck), 5% (m/v), a fim de retirar as impurezas do meio e ajustar o pH em uma faixa de 7 a 8. Por fim, o biodiesel sintetizado é encaminhado para a etapa de secagem, onde se objetiva retirar o excesso de água proveniente da solução utilizada na purificação. Nesta etapa, o biodiesel é aquecido a uma temperatura de 110°C, durante um tempo médio de 20 a 30 minutos, sendo posteriormente resfriado a temperatura ambiente e armazenado em vidro de âmbar.

### **2.2 EXTRAÇÃO DE ADITIVOS**

Os aditivos naturais utilizados no presente trabalho são a película do amendoim, cedida pela empresa Coplana, folhas de hortelã e casca de laranja, ambos adquiridos comercialmente. Inicialmente cada aditivo foi posto em um cartucho, o qual foi

tampado com algodão e colocado em extratores Soxhlet (Fisatom). Em seguida, são adicionados cerca de 200 mL de etanol PA (Química Moderna) em um balão de fundo chato, o qual foi aquecido até sua evaporação. O vapor do solvente, etanol, ao chegar ao condensador retorna a sua fase líquida e entra em contato com o cartucho, solubilizando os compostos de interesses dos respectivos aditivos. Esse processo se repete até uma quantidade considerada seja extraída, sendo a cor do solvente um indicativo do mesmo.

Após o processo descrito acima, a solução é encaminhada para a etapa de secagem, com o intuito de separar solvente e aditivo. Para este processo, utilizou-se um rotaevaporador (Fisatom), com um banho de aquecimento a 80°C, sob rotação constante e auxílio de uma bomba a vácuo. Quando o solvente vaporiza, ele entra em contanto com um condensador, se liquefaz e é recuperado, enquanto o extrato do aditivo é removido e armazenado.

### **2.3 ADITIVAÇÃO DO BIODIESEL**

Nessa fase o aditivo extraído é adicionado ao biodiesel em porcentagem mássica. Após a massa de biodiesel ser pesada a quantidade de aditivo a ser adicionada é determinada através da proporção especificada, sendo esta inicialmente 1% e ao final da pesquisa 0,05 %. Em seguida, a mistura é levada a aquecimento, sob agitação constante, numa temperatura ente 90-100°C, por um tempo médio de 20 minutos.

### **2.4 AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE OXIDATIVA**

O estudo da estabilidade oxidativa é realizado no equipamento Rancimat, do fabricante Metrohm, e baseia-se na detecção de produtos voláteis de oxidação, seguindo a norma EN 14112. Esta norma é uma padronização da metodologia empregada para avaliar a estabilidade oxidativa e define inclusive a metodologia de cálculo para determinação do tempo de indução. No método empregado, 3 gramas da amostra são envelhecidas a 110°C, com um fluxo de ar de 10 L/min. O aumento acelerado da taxa de oxidação é medido pela elevação da condutividade na água Milli-Q, sendo um indicativo da decomposição dos ésteres de ácidos graxos e pela formação de voláteis solúveis em água (KNOTHE; GERPER; KRAHL, 2005). Tais compostos foram expressos através de uma curva de condutividade elétrica versus o tempo, na qual o período de indução ou estabilidade à oxidação pode ser calculado pela intersecção de duas linhas: a tangente de inclinação e a outra tangente nivelada à curva.

O resultado desta análise é apresentado como período ou tempo de indução, ao qual representa o tempo necessário para a amostra atingir 200  $\mu$ S de condutividade. Atualmente, a Resolução n° 45/2014 da ANP preconiza um período de indução mínimo de 8 horas para o biodiesel à temperatura de 110°C. Sendo assim, quanto maior for o tempo de indução mais resistente o biodiesel é aos processos oxidativos.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras de biodiesel puro (BP) e aditivado com os extratos da casca da laranja (BL), hortelã (BH) e película de amendoim (BA), foram submetidas ao ensaio previsto na norma EN 14112 e estão representadas no Gráfico 1. As análises foram realizadas em triplicata e as concentrações dos aditivos utilizadas nos ensaios foram de 1% (m/m).

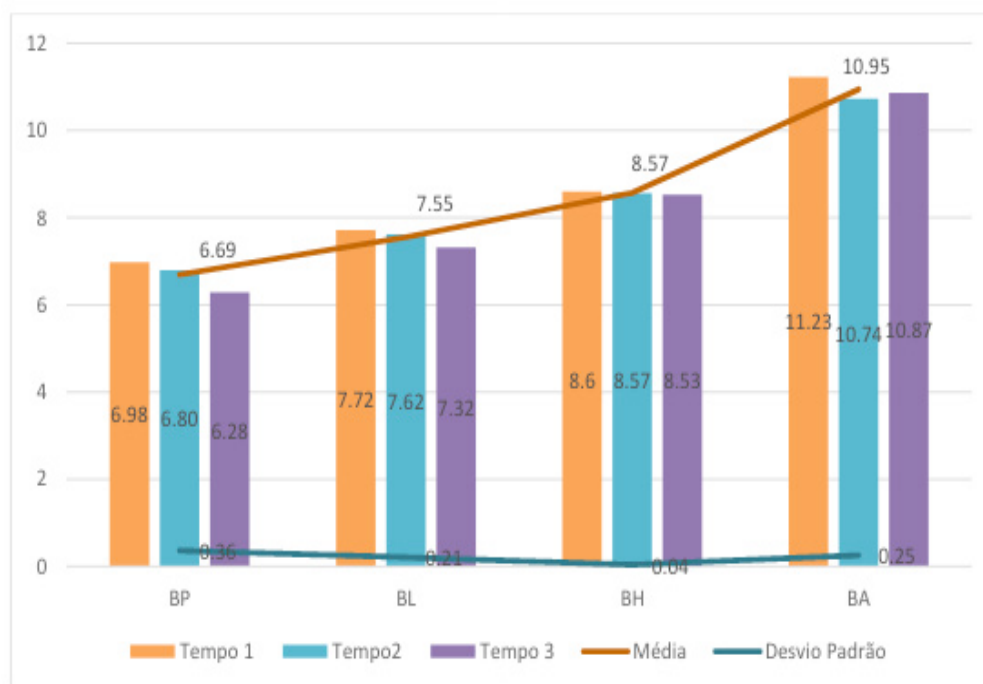


Gráfico 1. Tempo de indução do biodiesel puro e aditivado com 1% (m/m).

No que se refere ao estudo da estabilidade oxidativa, os resultados do Rancimat contidos no Gráfico 1, explicitam como 6,69 horas o tempo de indução médio do biodiesel puro, que por sua vez, não atingiu o limite mínimo de 8 horas que a ANP, órgão que regulamenta a qualidade dos combustíveis no país, exige para a comercialização deste biocombustível. As amostras de biodiesel que foram aditivadas com os extratos da casca de laranja, hortelã e película do amendoim, obtiveram respectivamente 7,55, 8,57 e 10,95 horas de tempo médio de indução.

Diante de todas as amostras aditivadas e testadas na primeira etapa desta pesquisa, verifica-se que, para a concentração utilizada, a casca da laranja não foi eficaz em estabilizar o biodiesel de estudo, tendo um aumento do tempo de indução de apenas 13,43%. Enquanto, os extratos de hortelã e da película do amendoim elevaram o tempo de indução em 28,36% e 63,38% respectivamente, quando comparado ao biodiesel puro, sendo que ambos os aditivos conseguiram atender a especificação mínima da estabilidade oxidativa exigida pela ANP.

Em virtude do exposto, verifica-se que a película de amendoim foi o aditivo que mais elevou o tempo de indução do *blend* de estudo. Sendo assim, visando analisar o desempenho deste aditivo, a segunda etapa desta pesquisa buscou avaliar o efeito

que a variação da concentração acarreta na estabilidade oxidativa. A concentração de aditivo inicialmente utilizada foi de 1% (m/m), no entanto, a fim de diminuir a quantidade de extrato, com o intuito de tornar o processo mais viável economicamente, a proposta foi reduzir a concentração. No Gráfico 2 estão presentes os resultados das novas análises realizadas no Rancimat para adição de 0,1% e 0,05% da película de amendoim no biodiesel de estudo.

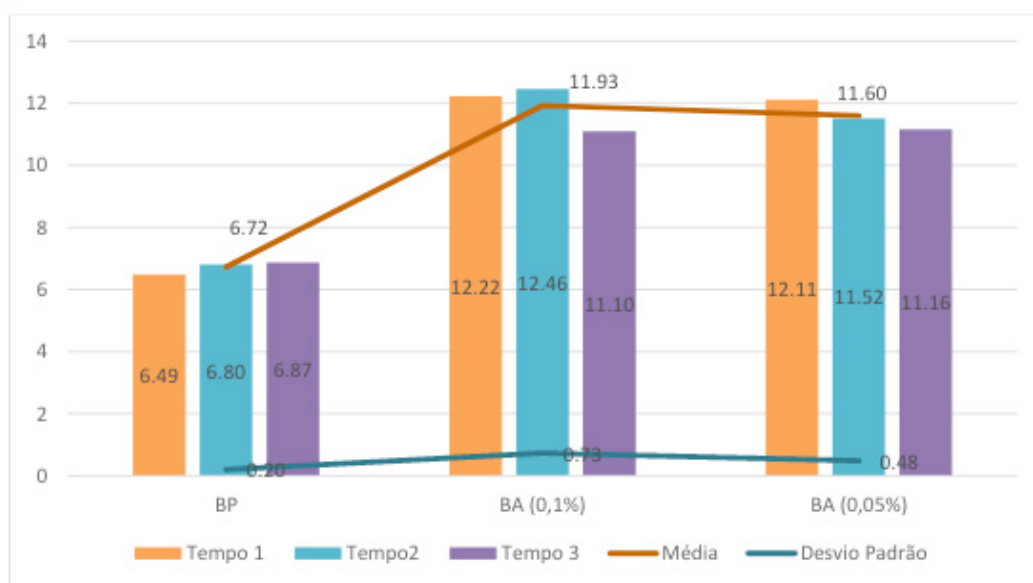


Gráfico 2: Tempo de indução do biodiesel puro e aditivado com película de amendoim 0,05% (m/m)

Nos dados apresentados no Gráfico 2, verifica-se que o tempo de indução do biodiesel de estudo para as concentrações de 0,1% e 0,05% são de 11,93 e 11,60 horas respectivamente. Dessa forma, levando em consideração o desvio padrão das análises, verifica-se que a variação de concentração utilizada não altera de forma significativa o tempo de indução, logo o menor valor passou a ser adotado como objeto de estudo para análises futuras. Ademais, de acordo com o Gráfico 2, para esta nova batelada, o biodiesel puro obteve um tempo de indução médio de 6,87 horas, sendo que a adição da película de amendoim, na concentração escolhida de 0,05 %, elevou esse tempo em 68,85% .

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os aditivos examinados nesta pesquisa, para concentração 1% (m/m), o extrato da película de amendoim é o que apresenta melhor resultado na estabilização do biodiesel 80/20% (m/m) Soja/Sebo, elevando o período de indução do blend de estudo em 63,85 %. Além disso, verificou-se que a casca da laranja não demonstra ação antioxidante relevante para este biocombustível, já o extrato de hortelã apesar de exibir efeito antioxidante significativo, este é inferior quando comparado a película de amendoim.



As análises realizadas com a adição da película de amendoim nas concentrações de 1%, 0,1% e 0,05% (m/m), mostram que estas variações de concentrações não alteram de forma relevante a estabilidade oxidativa do blend de estudo, sendo a de 0,05% selecionada para análises futuras. Desta maneira, torna-se possível reduzir em vinte vezes a quantidade de aditivo necessária para aditar o biodiesel 80/20% (m/m) Soja/Sebo, obtendo resultados semelhantes e reduzindo custos de operação.

Em virtude do exposto, verifica-se que os resultados encontrados estão de acordo com Vilela (2014), o qual sugere que a adição de antioxidantes eleva o tempo de indução do biodiesel a períodos acima do estabelecido pela ANP, aumentando o seu tempo de estocagem e favorecendo a comercialização deste produto.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPESB pelo apoio financeiro, a Coplana por ceder a película de amendoim, a UFBA e ao IBTR por fornecer os equipamentos, e a UNIFACS por disponibilizar o uso dos laboratórios para a realização da presente pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). Resolução nº 45, de 25 de agosto de 2014. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 de agosto de 2014. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=274064>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

ALMEIDA, P., P.; **Extração de óleo essencial de Hortelã (*Mentha spicata* L.) com misturas de Solventes a alta pressão**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Santa Clara, Florianópolis, 2006.

ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), **Boletim mensal do biodiesel**, Brasília, DF, setembro 2016. Disponível em <[http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/boletinsanp/Boletim\\_Mensal\\_do\\_Biodiesel/Boletim\\_Biodiesel\\_SETEMBRO\\_2016\\_FVP.pdf](http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/publicacoes/boletinsanp/Boletim_Mensal_do_Biodiesel/Boletim_Biodiesel_SETEMBRO_2016_FVP.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2019.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: teoria e prática**. 3ª Ed. Viçosa: UFV, 2004. 478 p.

BERGAMASCHI, K. B. **Capacidade antioxidante e composição química de resíduos vegetais visando seu aproveitamento**. 2010. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

Botrel, P. P.; Bertolucci, S. K. V.; Pinto, J. E. B. P.; Ferraz, V.; Figueiredo, F. C.; Corrêa, R.M. Composição química do óleo essencial de hortelã do campo (*Hyptis marruboides*) em função da sazonalidade. IV **Simpósio Brasileiro De Óleos Essenciais**. Fortaleza, nov, 2007.

BOUAID, A; MARTINEZ, M; ARACIL, J. Long storage stability of biodiesel from vegetable and used frying oils. **Fuel**, v.86, p. 2596-2602, 2007.

CAMARGO, A. C. **Efeitos físico-químicos da radiação gama no amendoim e a utilização da sua película como antioxidante natural**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

EM 14112, **Determination of oxidation stability (accelerated oxidation test). European Committee for Standardization.** Berlin, 2003.

JAYAPRAKASHA, G. K; PATIL, B. S. In vitro evaluation the antioxidante activities in frui extracts from citron and blood Orange. **Food Chemistry**, v. 101, n.1, p.410-418,2007.

KARAVALAKIS, G.; STOURNAS, S.; KARONIS, D. Evaluation of the Oxidation Stability of Diesel/ Biodiesel Blends. **Fuel**, 89:2483-2489, 2010.

KLIMCZAK, I. et al. Effect of storage on the contente of polyphenols, vitamin C and antioxidante activity of Orange juices. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 3-4, p.313-322, 2007.

KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J. The biodiesel handbook. Illinois: **AOCS Press**, 286 p. 2005.

O'KEEFE, S. F., WANG, H. Effects of peanut skin extract on quality and storage stability of beef products. **Meat Science**, Barking, v. 73, n. 2, p.278-286, 2006.

RAMALHO, V. C., JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006

SOUZA, C., M., M.; SILVA, H., R.; VIEIRA, G., M., Jr.; AYRES, M., C., C.; COSTA, C., L., S.; ARAÚJO, D., S.; CAVALCANTE, L., C., D.; BARROS, D., S.; ARAÚJO, P., B., M.; BRANDÃO, M., S.; CHAVES, M., H.; Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**. Vol. 30. No. 2, 351-355, 2007

VAZ, A., P., A.; JORGE, M., H., A.; **Hortelã**. In: Embrapa. 2005.

VILELA, R. F. **Avaliação de aminas aromáticas como antioxidantes para biodiesel**. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Química, UFPB, João Pessoa, 2014

WAYNICK, J. A. Characterization of biodiesel oxidation and oxidation products. Texas: **SwRI Project**, 2005. 51 p.

WILSON, S.D. A produção do biodiesel: uma perspectiva para a agroenergia no Nordeste brasileiro; In: O futuro da indústria: biodiesel (coletânea de artigos), Brasília: **MDIC-ST/IEL**, p. 27-36, 2006.

XIN, J.; SAKA, S. Test methods for the determination of biodiesel stability. **Biofuels**, 1(2), 1-15, 2010.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**João Dallamuta:** Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre pela UEL. Trabalha com Gestão da Inovação, Empreendedorismo e Inteligência de Mercado.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-355-2

