

Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 2

Alan Mario Zuffo
(Organizador)



Alan Mario Zuffo

(Organizador)

Engenharia Sanitária e Ambiental: Tecnologias para a Sustentabilidade 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele 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
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

E57 Engenharia sanitária e ambiental [recurso eletrônico]: tecnologias para a sustentabilidade 2 / Organizador Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Engenharia Sanitária e Ambiental; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos do sistema: Adobe Acrobat Reader.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-250-0

DOI 10.22533/at.ed.500191104

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária.
3. Sustentabilidade. I. Zuffo, Alan Mario.

CDD 628

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

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

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia Sanitária e Ambiental Tecnologias para a Sustentabilidade*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu II volume, apresenta, em seus 22 capítulos, os conhecimentos tecnológicos da engenharia sanitária e ambiental.

As Ciências estão globalizadas, englobam, atualmente, diversos campos em termos de pesquisas tecnológicas. Com o crescimento populacional e a demanda por alimentos tem contribuído para o aumento da poluição, por meio de problemas como assoreamento, drenagem, erosão e, a contaminação das águas pelos defensivos agrícolas. Tais fatos, podem ser minimizados por meio de estudos e tecnologias que visem acompanhar as alterações do meio ambiente pela ação antrópica. Portanto, para garantir a sustentabilidade do planeta é imprescindível o cuidado com o meio ambiente.

Este volume dedicado à diversas áreas de conhecimento trazem artigos alinhados com a Engenharia Sanitária e Ambiental Tecnologias para a Sustentabilidade. A sustentabilidade do planeta é possível devido o aprimoramento constante, com base em novos conhecimentos científicos.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos, os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a Engenharia Sanitária e Ambiental, assim, garantir perspectivas de solução de problemas de poluição dos solos, rios, entre outros e, assim garantir para as atuais e futuras gerações a sustentabilidade.

Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| A INFLUÊNCIA DAS ANOMALIAS DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR SOBRE A PRECIPITAÇÃO DO NORDESTE DO BRASIL | |
| Luanny Gabriele Cunha Ferreira Alexandre Kemenes | |
| DOI 10.22533/at.ed.5001911041 | |
| CAPÍTULO 2 | 9 |
| ADSORÇÃO DE CORANTES TÊXTEIS UTILIZANDO A CASCA DA CASTANHA DO PARÁ | |
| Jordana Georjin Letícia de Fátima Cabral de Miranda Paola Rosiane Teixeira Hernandes Daniel Allasia Guilherme Luiz Dotto | |
| DOI 10.22533/at.ed.5001911042 | |
| CAPÍTULO 3 | 16 |
| AGRICULTURA: UMA ALTERNATIVA PARA O USO DO LODO GERADO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE IBEROSTAR NA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR-BA | |
| Iolanda de Almeida Bispo Sheila dos Santos Almeida Selma Souza Alves | |
| DOI 10.22533/at.ed.5001911043 | |
| CAPÍTULO 4 | 32 |
| ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO DOS MANGUEZAIS NA CAPITAL SERGIPANA | |
| Fabrícia Vieira Vanessa Guirra Almeida Paulo Sérgio de Rezende Nascimento | |
| DOI 10.22533/at.ed.5001911044 | |
| CAPÍTULO 5 | 38 |
| ANÁLISE DO DESCARTE INADEQUADO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO EM TERRENOS BALDIOS NO MUNICÍPIO DE ALAGOINHAS - BA | |
| Crislane Santos Nascimento Amanda Pereira Bispo Rêgo Crisliane Aparecida Pereira dos Santos David Brito Santos Junior Hebert França Oliveira Leidiane de Jesus Santana Renato Santos da Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.5001911045 | |
| CAPÍTULO 6 | 45 |
| ANÁLISE DO SANEAMENTO BÁSICO NO CONJUNTO COHAB EM ICOARACI NO MUNICÍPIO DE BELÉM-PA | |
| Lucas Cortinhas Cardoso Ferreira Helenice Quadros de Menezes | |
| DOI 10.22533/at.ed.5001911046 | |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 7 | 53 |
| ANÁLISE E MAPEAMENTO DE REGIÕES DE DESPEJO DE EFLUENTES NO RIO POXIM POR MÉTODOS DE GEOPROCESSAMENTO NA CAPITAL SERGIPANA | |
| José Alves Bezerra Neto | |
| Nicole Príncipe Carneiro da Silva | |
| Paulo Sérgio de Rezende Nascimento | |
| DOI 10.22533/at.ed.5001911047 | |
| CAPÍTULO 8 | 61 |
| APA DA FAZENDINHA: CONSCIENTIZAÇÃO DOS PROBLEMAS AMBIENTAIS LOCAIS POR PARTE DOS MORADORES ENTRE OS ANOS DE 2013 A 2015 | |
| Pedro Ribeiro da Silva Neto | |
| Tatiana Santos Saraiva | |
| Bruno Alves Lima Porto | |
| DOI 10.22533/at.ed.5001911048 | |
| CAPÍTULO 9 | 66 |
| ARMAZENAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM AQUÍFEROS DO AGRESTE SERGIPANO: ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA DAS POTENCIALIDADES HÍDROGEOLÓGICAS POR TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO | |
| Nicole Príncipe Carneiro da Silva | |
| Ana Karolyne Fontes Andrade | |
| Paulo Sérgio de Rezende Nascimento | |
| DOI 10.22533/at.ed.5001911049 | |
| CAPÍTULO 10 | 75 |
| AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO EXTRATO DE <i>Euphorbia tirucalli</i> Linneau NA PRODUÇÃO DO BIODIESEL DE SOJA | |
| William Frederick Schwanz Kiefer | |
| Yvanna Carla de Souza Salgado | |
| José Osmar Castagnolli Junior | |
| Maria Elena Payret Arrua | |
| Sandra Regina Masetto Antunes | |
| DOI 10.22533/at.ed.50019110410 | |
| CAPÍTULO 11 | 91 |
| AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA ELETRODIÁLISE NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DO SETOR DE GEMAS | |
| Maria de Lourdes Martins Magalhães | |
| Simone Stülp | |
| Eduardo Miranda Ethur | |
| Verônica Radaelli Machado | |
| DOI 10.22533/at.ed.50019110411 | |
| CAPÍTULO 12 | 102 |
| AVALIAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA E COMPOSTOS NITROGENADOS EM <i>WETLANDS</i> COMO ALTERNATIVA NO PÓS-TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO | |
| Isadora Godoy Brandão | |
| Beatriz Santos Machado | |
| Juliane Gonçalves da Silva | |
| DOI 10.22533/at.ed.50019110412 | |

CAPÍTULO 13 112

AVALIAÇÃO DA REDUÇÃO FOTOCATALÍTICA DE $HgCl_2$, EM FASE AQUOSA, POR ZNO E TiO_2 COMERCIAIS ATIVADOS POR RADIAÇÃO ARTIFICIAL OU SOLAR

Ana Letícia Silva Coelho
Giane Gonçalves Lenzi
Luiz Mário de Matos Jorge
Onélia Aparecida Andreo dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.50019110413

CAPÍTULO 14 119

AVALIAÇÃO DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA AVENIDA LITORÂNEA, SÃO LUÍS/MA

Karla Bianca Novaes Ribeiro
Karine Silva Araujo
James Werllen de Jesus Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.50019110414

CAPÍTULO 15 127

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM UMA USINA DE ASFALTO LOCALIZADO NO MUNICÍPIO DE RECIFE-PE

Júlio César Pinheiro Santos

DOI 10.22533/at.ed.50019110415

CAPÍTULO 16 134

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS: UM ESTUDO DE CASO NO AÇUDE GRAVATÁ, MUNICÍPIO DE SERRINHA-BA

Gilberto Ferreira da Silva Neto
Maria Auxiliadora Freitas dos Santos
Jackeline Lisboa Araújo Santos
Marcio Ricardo Oliveira dos Santos
Istefany Oliveira de Santana Lima

DOI 10.22533/at.ed.50019110416

CAPÍTULO 17 142

AVALIAÇÃO DO PADRÃO COMERCIAL DA GÉRBERA ESSANDRE SOB APLICAÇÃO DE EFLUENTE DE LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO

Pedro Henrique Máximo de Souza Carvalho
João Vitor Máximo de Souza Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.50019110417

CAPÍTULO 18 148

BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO: UMA ALTERNATIVA VIÁVEL PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES EM ZONAS RURAIS

Heitor Soares Machado
Saulo Paulino Salgado
Luiz Gomes Ferreira Junior
Andréia Boechat Delatorre
Bárbara Diniz Lima
Antônio Delfino de Jesus Junior
Wellington Pacheco David

DOI 10.22533/at.ed.50019110418

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 19 | 163 |
| BALNEABILIDADE DA PRAIA DE ONDINA_ UM ESTUDO SOBRE A INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO E A RELAÇÃO COM O SANEAMENTO BÁSICO | |
| Luciano da Silva Alves | |
| Laís Lage dos Santos | |
| Catiana da Silva Alves | |
| Ivo Cruz Teixeira | |
| DOI 10.22533/at.ed.50019110419 | |
| CAPÍTULO 20 | 172 |
| BARREIRAS DE PROTEÇÃO EM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO – UMA EXPERIÊNCIA NA DIRETORIA DE OPERAÇÃO DO INTERIOR DA EMBASA | |
| João Marcelo Gonçalves Coelho | |
| Itaiara Sá Marques | |
| Ricardo de Macedo Lula Silva | |
| Alex Oliveira Cruz | |
| Márcio Santana Rocha de Souza | |
| DOI 10.22533/at.ed.50019110420 | |
| CAPÍTULO 21 | 182 |
| BIODEGRADABILIDADE ANAERÓBIA DE EFLUENTES DA AGROINDÚSTRIA ACEROLEIRA | |
| Nayara Evelyn Guedes Montefusco | |
| Andreza Carla Lopes André | |
| Patrícia da Silva Barbosa | |
| Ruanna Souza Matos | |
| Miriam Cleide Cavalcante de Amorim | |
| DOI 10.22533/at.ed.50019110421 | |
| CAPÍTULO 22 | 194 |
| BIOENSAIOS DE TOXICIDADE AGUDA COM SEMENTES DE <i>Lactuca sativa</i> UTILIZANDO O SULFATO FERROSO | |
| Geórgia Peixoto Bechara Mothé | |
| Camila de Miranda Pereira Corrêa | |
| Glacielen Ribeiro de Souza | |
| Jader José dos Santos | |
| Ruann Carlos Marques Rodrigues da Silva | |
| Aline Chaves Intorne | |
| DOI 10.22533/at.ed.50019110422 | |
| SOBRE O ORGANIZADOR | 200 |

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO EXTRATO DE *Euphorbia tirucalli* Linneau NA PRODUÇÃO DO BIODIESEL DE SOJA

William Frederick Schwanz Kiefer

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Laboratório de Análises de Combustíveis e
Biocombustíveis - LACBIO.

Ponta Grossa – Pr

Yvanna Carla de Souza Salgado

Instituto Brasil de Pós Graduação, Capacitação e
Assessoria.

Ponta Grossa – Pr

José Osmar Castagnolli Junior

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Laboratório de Análises de Combustíveis e
Biocombustíveis - LACBIO.

Ponta Grossa – Pr

Maria Elena Payret Arrua

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Laboratório de Análises de Combustíveis e
Biocombustíveis - LACBIO.

Ponta Grossa – Pr

Sandra Regina Masetto Antunes

Universidade Estadual de Ponta Grossa,
Laboratório de Análises de Combustíveis e
Biocombustíveis - LACBIO.

Ponta Grossa – Pr

RESUMO: A maior parte da energia consumida no mundo provém de combustíveis de fontes fósseis. No entanto, estas fontes são limitadas, o que torna maior o interesse por um combustível alternativo. O biodiesel é preparado a partir de

óleos vegetais e/ou gordura animal. Os óleos vegetais são geralmente provenientes de oleaginosas regionais consideradas, portanto matérias primas renováveis. O meio ambiente pode exercer ações sobre o biodiesel que afetam a sua estabilidade oxidativa, como a exposição ao ar, à luz e à temperatura. O objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade oxidativa do biodiesel de soja utilizando um extrato metanólico de Avelós (*Euphorbia tirucalli* Linneau) como antioxidante. Foram adicionados ao biodiesel concentrações de 500ppm a 3000ppm de extrato de Avelós. O valor do potencial redutor do extrato de *Euphorbia tirucalli* L. foi de 3988 mg de EAG100g; próximo a valores de erva mate e chá verde. O aumento do tempo de indução para 500, 1000, 2000 e 3000 ppm de extrato foi respectivamente: 9%, 19%, 26% e 34%. O extrato metanólico de Avelós apresentou potencial redutor relativamente alto e proporcionou maior estabilidade oxidativa, quando aplicado no biodiesel.

PALAVRAS-CHAVE: Biodiesel; Antioxidante; Avelós; *Euphorbia tirucalli* Linneau.

ABSTRACT: Most of the energy consumed in the world comes from fossil fuels. However, these sources are limited, which makes the interest for an alternative fuel greater. Biodiesel is prepared from vegetable oils and / or animal fats. Vegetable oils are generally derived from

regional oilseeds considered, thus renewable raw materials. The environment can exert actions on biodiesel that affect its oxidative stability, such as exposure to air, light and temperature. The objective of this study was to evaluate the oxidative stability of soybean biodiesel using a methanolic extract of Avelós (*Euphorbia tirucalli* Linneau) as antioxidant. Concentrations of 500 ppm to 3000 ppm of Avelós extract were added to the biodiesel. The potential value of the *Euphorbia tirucalli* L. extract was 3988 mg of EAG100g; close to values of mate grass and green tea. The increase in induction time for 500, 1000, 2000 and 3000 ppm of extract were respectively: 9%, 19%, 26% and 34%. The methanol extract from Avelós presented relatively high reduction potential and provided greater oxidative stability when applied to biodiesel.

KEYWORDS: Biodiesel; Antioxidant; Avelós; *Euphorbia tirucalli* Linneau.

1 | INTRODUÇÃO

Os primeiros motores a diesel foram motores de injeção indireta, alimentados por petróleo filtrado, extratos vegetais e até mesmo por óleo de peixe. Entretanto, a partir do século XX, o óleo mineral tornou-se o combustível para esse tipo de motor, devido ao seu menor custo e a melhores propriedades físico-químicas em comparação aos extratos vegetais (BEZERRA, 2015). Atualmente, a maior parte de toda a energia consumida no mundo vem de fontes fósseis como: petróleo, carvão e gás natural. No entanto, estas fontes são limitadas, o que torna ainda maior o interesse por um combustível alternativo (DERMIBAS, 2005; BEZERRA, 2015).

O biodiesel é obtido a partir de matérias primas oleaginosas regionais, é relativamente seguro, fácil de utilizar e apresenta propriedades comparáveis às do diesel de petróleo. Além disso, o biodiesel reduz o impacto ambiental por ser um recurso renovável em comparação com os combustíveis fósseis; por não conter compostos sulfurados, não contribuindo para formação de chuvas ácidas; por ser atóxico e biodegradável; por reduzir as emissões de hidrocarbonetos e de monóxido de carbono, visto que sua matéria prima também contribui para o sequestro de carbono; e, como apresenta um alto ponto de inflamação, proporciona um manuseio e armazenamento mais seguros (YAAKOB et al., 2014; GUIMARÃES, 2011).

É composto de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, obtidos a partir da reação de transesterificação de triglicerídeos e/ou gordura animal, álcool metílico ou etílico e um catalisador homogêneo. (FERRARI et al., 2005; PINTO et al., 2005; YAAKOB et al., 2014). Nesta reação um mol de triglicerídeo reage com três mols de álcool (3:1) para formar um mol de glicerol e três mols dos respectivos ésteres alquílicos de ácidos graxos. O processo é uma sequência de três reações reversíveis, em que a molécula de triglicerídeo é convertida passo a passo em diglicerídeo, monoglicerídeo e glicerol (MITTELBAACH; REMSCHMIDT, 2004).

O comprimento da cadeia, o número de duplas ligações e quantidades de cada ácido graxo determinam as características físicas do biodiesel (MITTELBAACH;

REMSCHMIDT, 2004).

Vários tipos de óleos vegetais, com composição variada em ácidos graxos, podem ser utilizados para a produção de biodiesel. Entre estes, alguns se destacam como a soja (SENSÖZ; KAYNAR, 2006; XIE et al., 2006), a colza (CVENGROS; POVAZANEC, 1996; PETERSON et al., 1996), o palmito (KALAM; MASJUKI, 2002) e o girassol entre outros (ANTOLÍN et al., 2002; VICENTE et al., 2005). No Brasil, o Congresso Nacional aprovou a lei nº 11.097, em 13/01/2005, que tornou obrigatória a adição de 2% de biodiesel ao diesel (B2) até 2008 e a adição de 5% (B5) até 2013 (GERIS et al., 2007; YAAKOB et al., 2014). Atualmente a percentagem de biodiesel no diesel é de 10 % (B10) (ANP, 2018).

A estabilidade do biocombustível é um dos critérios mais importantes a serem avaliados, sendo que a do biodiesel é menor que a do diesel comum. Vários fatores podem interferir neste sentido, como por exemplo, a formação de depósitos e escurecimento como resultado de contaminantes, que são produtos da oxidação que ocorre durante o armazenamento do mesmo (YAMANE et al., 2007; DUNN, 2008).

Fatores externos podem afetar a estabilidade oxidativa do biodiesel, tais como a exposição ao ar, à luz, à umidade, à temperatura e os materiais dos quais são constituídos os tanques de armazenamento. Além destes, existem os de ordem química, como o seu conteúdo em antioxidantes naturais, a quantidade total de glicerina presente e a composição dos ésteres metílicos de ácidos graxos (TANG et al., 2008; TEXEIRA, TANG et al., 2008).

Outro fator interferente é a composição da porção insaturada dos ácidos graxos do biodiesel, que varia de matéria prima para matéria prima utilizada para sua produção do mesmo. À medida que o número de insaturações aumenta, o biodiesel se torna mais instável. O tipo de ácido graxo e, por tanto o tipo de cadeias insaturadas presentes no biodiesel irá influenciar na facilidade ou não de oxidação. A presença maior ou menor de hidrogênios alílicos ou bis-alílicos, ou seja, hidrogênios vizinhos às duplas ligações determinam a taxa de oxidação (FERRARI; OLIVERIA; SCABIO, 2005).

Como resultado da oxidação, misturas de compostos, incluindo ácidos carboxílicos, aldeídos, ésteres, cetonas, peróxidos e álcoois, afetam as características do biodiesel e seu desempenho no motor (XIN; SAKA, 2010). Para amenizar estes problemas são adicionados ao biodiesel antioxidante sintéticos, de origem fóssil, como TBHQ, BHA e BHT (DUNN, 2008). Entretanto, na literatura são descritos vários antioxidantes naturais com potencial para utilização (SOUSA et al., 2014).

Os compostos fenólicos e polifenólicos estão entre os metabólitos secundários presentes nos antioxidantes naturais encontrados em diferentes fontes vegetais e microbianas, amplamente explorados na última década (SANTOS et al., 2014; MAXCHEIX et al., 1990; BIERHALS et al., 2009). Estes compostos podem atuar de diversas maneiras, incluindo complexação com íons metálicos, no sequestro de radicais livres e decomposição de peróxidos, incluindo mecanismos distintos e sinérgicos (BIERHALS et al., 2009).

Oliveira et al. (2014) avaliou os potenciais antioxidantes de diferentes extratos naturais como: candeia, hortelã, alecrim, erva mate e pólen da abelha jataí (*Tetragonisca angustula*) em biodiesel. Entre estes, o pólen da abelha jataí processado apresentou melhor resultado, inclusive em relação ao antioxidante sintético comercial BHT.

Em um estudo conduzido por Orlanda e Vale (2015) foram relacionados o teor de fenóis totais e a atividade antioxidante do extrato de Avelós, indicando que as substâncias fenólicas presentes no extrato são responsáveis pela boa atividade antioxidante desta espécie.

A Avelós (*Euphorbia tirucalli* Linneau) é uma planta pertencente à família *Euphorbiaceae*, representada por cerca de 300 gêneros e, aproximadamente 7500 espécies. É conhecida popularmente também como: “cachorro pelado”, “pau-pelado”, “cega-olho”, entre outros nomes. É uma planta suculenta, produtora de um látex branco, podendo medir até dez metros de altura (ORLANDA; VALE, 2015). O arbusto tem uma ampla distribuição na África e foi introduzido em muitas regiões tropicais como o Brasil, especialmente no norte e nordeste (JULIANI et al., 2013). O presente trabalho buscou avaliar a influência da ação antioxidante do extrato metanólico de *Euphorbia tirucalli* L. no biodiesel de soja.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 REAGENTES

Este estudo utilizou óleo de soja comercial da marca Liza, álcool metílico (Nuclear 99,8%), e o catalisador hidróxido de sódio (*Synth*, 99,0%). Também foram empregados ácido clorídrico 0,1 mol L⁻¹ (*Biotec*, 37%), sulfato de sódio, tiosulfato de sódio (*Vetec*, 99,5%), amido (*Synth*, 99,6%), iodeto de potássio (*Synth*, 99,4%), solução de Wijs (*Synth*), álcool etílico (*Biotec* 99,5%), éter etílico, fenoltaleína, biftalato de potássio (*Synth*, 99,90%), cloreto férrico hexahidratado, hexacianoferrato (III) de potássio e clorofórmio (*Synth*, 99,80%).

2.2 PRODUÇÃO DO BIODIESEL

As amostras de biodiesel foram produzidas a partir da reação de transesterificação metílica, em que foram empregados álcool metílico e hidróxido de sódio como catalisador. Na reação de transesterificação, a relação álcool:óleo foi de 1:2. A reação foi realizada à temperatura de 60°C, sob agitação constante por 1 h. O biodiesel produzido foi purificado em 4 etapas: decantação para separação do biodiesel da glicerina residual; lavagens do biodiesel com solução aquosa de ácido clorídrico 0,1 mol L⁻¹, com água destilada levemente aquecida e por último utilizou-se um secante (Na₂SO₄) e em seguida filtração (adaptado de MORAIS et al., 2013).

2.3 CARACTERIZAÇÃO DO BIODIESEL

2.3.1 Espectroscopia de ressonância magnética nuclear de ^1H

A análise de espectroscopia de ressonância magnética nuclear (RMN de ^1H) foi realizada com o equipamento Ascend 400 MHz /Bruker, do Complexo de Laboratórios Multiusuários (C-LABMU), utilizando clorofórmio deuterado como solvente.

2.3.2 Índice de iodo

Foram pesados 0,25g da amostra num Erlenmeyer, adicionados 10 mL de clorofórmio e homogeneizados. Foram adicionados 10 mL da solução de Wijs (solução de monocloreto de iodo), sob agitação até mistura ficar homogênea, então a solução foi deixada em repouso por 30 minutos, a 25° C, na ausência de luz. Foram adicionados 5 mL de solução de iodeto de potássio a 15% m/v e homogeneizado, em seguida foram incluídos 100 mL de água destilada a temperatura ambiente. Após isso, foi realizada a titulação com a solução de tiosulfato de sódio a 0,1%, até que a cor amarela da solução quase desaparecesse, e posteriormente adicionado 2 mL de solução indicadora de amido a 1%. Seguiu-se a titulação, utilizando o tiosulfato de sódio até que a coloração desaparecesse (LEONARDI et al., 2018).

2.3.3 Índice de acidez

O índice de acidez foi determinado pelo método de titulometria de neutralização. Foram pesadas num *Erlenmeyer* 2,0 g da amostra e adicionados 25 mL da mistura (etanol + éter etílico na proporção 1:2), e de 3 a 5 gotas de solução alcoólica a 0,2% do indicador fenolftaleína. A mistura foi titulada com solução padronizada de NaOH a 0,1 mol L⁻¹ até o ponto de transição de incolor para róseo. A solução titulante de NaOH foi padronizada com o padrão primário biftalato de potássio (VIEIRA et al., 2018).

2.3.4 Massa específica

A específica das amostras foi determinada através de um densímetro digital da marca *Anton Paar*, modelo DMA 4500. As medidas foram realizadas segundo a norma ASTM D 4052, modificando-se apenas a temperatura, a qual variou de 15°C a 90°C em intervalos de 5°C.

2.4 OBTENÇÃO DO EXTRATO DE *Euphorbia tirucalli* L.

A planta *Euphorbia tirucalli* L. foi picada, seca por 3 dias em estufa de circulação de ar do Laboratório de Mecanização Agrícola da UEPG (LAMA), na temperatura de 40°C. Em seguida, foi realizada uma extração contínua sólido-líquido com aparelho de *Soxhlet*, por 8 horas. A seguir o solvente foi evaporado em evaporador rotativo até

obter o extrato metanólico seco.

2.5 PODER REDUTOR DE ÍONS FÉRRICOS DO EXTRATO DE *Euphorbia tirucalli* L.

Uma alíquota de 100 μL de cloreto férrico hexahidratado ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0,5 mMol preparado em HCl 0,01 Mol, foi adicionada a 100 μL de amostra devidamente diluída. Então, 100 mL de uma solução de hexacianoferrato (III) de potássio 0,5 mMol foi adicionada e a microplaca foi agitada por 20 s. A absorbância foi medida em $\lambda=725$ nm após 15 min de reação no escuro a 25 °C. O conteúdo fenólico total foi expresso em mg de ácido gálico equivalente por litro de extrato (MARGRAF, 2015).

2.6 DETERMINAÇÃO DA ESTABILIDADE OXIDATIVA

A estabilidade oxidativa foi determinada com o equipamento *Rancimat* modelo 893 marca *Metrohm*. Os ensaios foram conduzidos com uma amostra de $(3,00 \pm 0,01)$ g de biodiesel de soja, a qual foi submetida ao processo de oxidação acelerado com uma taxa de insuflação de ar constante de 10L h^{-1} e mantendo a temperatura de 110°C, conforme metodologia estabelecida pela norma EN14112. Utilizaram-se 50 mL de água deionizada, monitorada continuamente através de eletrodos. O aparelho é acoplado ao computador e, com auxílio do *software Stabnet* as informações geradas são armazenadas e processadas. O *software* estabelece por cálculos integrais o ponto máximo entre o aumento da condutividade da água e o tempo de análise, chamado de tempo de indução, que corresponde à oxidação secundária do biodiesel (LOYALL; ZUMBRÄGEL; KALCHER, 2017). Para avaliação da atividade antioxidante, foram adicionadas diferentes concentrações do extrato metanólico de Avelós.

2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram apresentados como *média* e erro padrão. Para os dados obtidos na análise do tempo de indução, foi utilizando o *software* estatístico *GraphPad Prism 3.0*[®], San Diego, Califórnia, EUA. Os dados foram avaliados pela análise normalidade, análise de variância (ANOVA), seguido do teste de múltipla comparação de Tukey. Valores de p inferiores a 0,05 ($p < 0,05$) foram considerados como indicativos de significância. As amostras para avaliação da atividade antioxidante foram processadas em duplicata; para o índice de iodo e índice de acidez em triplicata e para poder redutor de íons férricos do extrato de *Euphorbia tirucalli* L. em quadruplicata.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise Do Óleo De Soja E Do Biodiesel Pela Espectroscopia De Ressonância Magnética Nuclear De ^1H

Uma análise comparativa dos espectros de RMN de ^1H , do óleo de soja (Figura 1) e do biodiesel metílico de óleo de soja (Figura 2), permite verificar se houve conversão em biodiesel. Isto pode ser feito pela análise da presença ou não dos sinais correspondentes aos hidrogênios metilênicos ligados à porção glicerólica do óleo (CH_2 glicerólicos), na região de deslocamento (d 4 a d 4,5 ppm). No óleo estes hidrogênios, pelo acoplamento entre si, se apresentam como um duplo quarteto no deslocamento indicado. No biodiesel os hidrogênios metilênicos da porção glicerólica não farão parte da molécula do éster metílico de ácido graxo por tanto estes sinais desaparecem indicando dessa forma que o óleo foi total/ou parcialmente consumido. (GUZZATTO; DE MARTINI; SAMIOS, 2011). Assim, para avaliar a conversão de óleos em ésteres metílicos de ácidos graxos, é observado o aparecimento de um novo sinal em d 3,6 ppm correspondente aos hidrogênios metoxílicos do éster ($-\text{OCH}_3$). Este sinal indica a formação de biodiesel, porque está na região do espectro correspondente aos átomos de hidrogênio metoxílicos ($-\text{OCH}_3$). A conversão foi analisada pelo surgimento deste sinal além da comparação com os sinais que desaparecem relacionados com o óleo de partida.

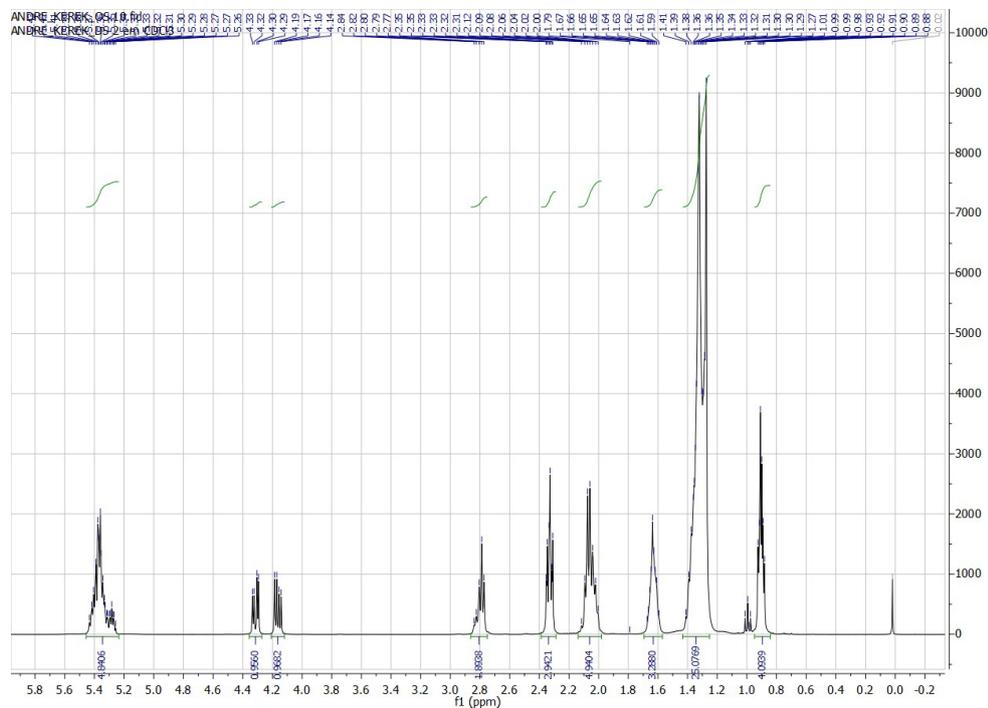


Figura 1 - Espectro de RMN de ^1H de óleo de soja comercial.

Fonte: (LACBIO)

Para avaliar a taxa de conversão em ésteres metílicos (CME), utilizou-se a comparação do sinal do hidrogênio do grupo metileno adjacente ao grupo carbonila ($\alpha\text{-CH}_2$) em d 2,3 ppm, pois esses hidrogênios se encontram presentes tanto na matéria

prima (óleo) como no produto (biodiesel), com o singlete dos hidrogênios metoxílicos do produto.

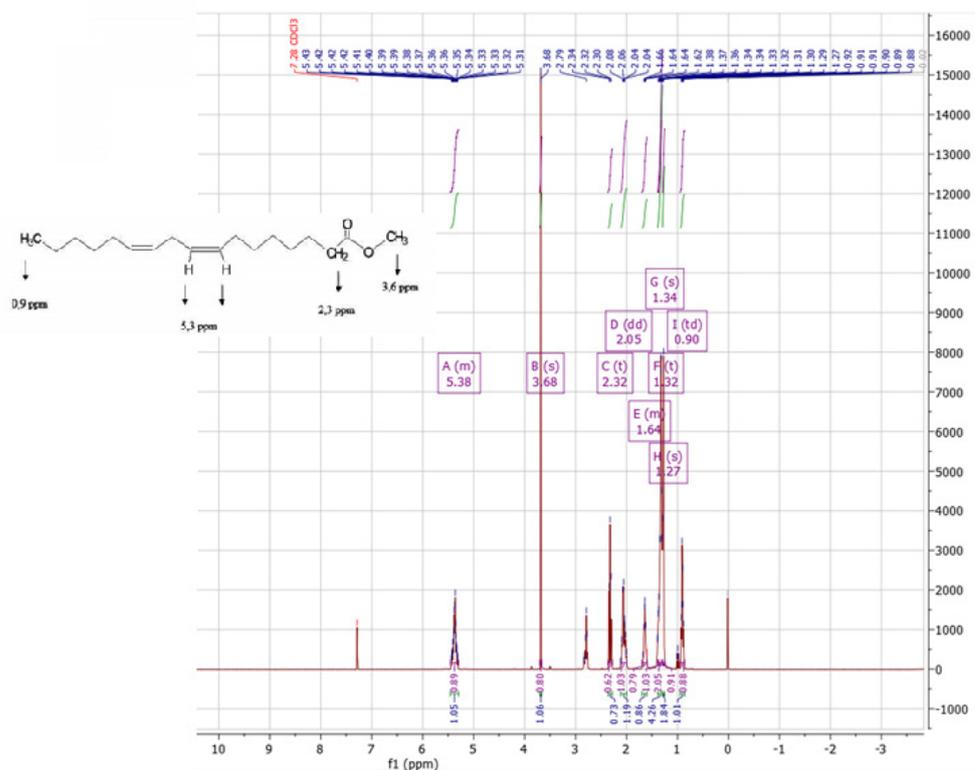


Figura 2 - Espectro de RMN ¹H do biodiesel de soja obtido no trabalho.

Fonte: O autor

Para calcular a taxa de conversão em biodiesel, foi utilizada a equação abaixo que relaciona os valores das integrais dos sinais de RMN de ¹H dos hidrogênios do éster metílico (*Ime*) (1,06) e dos sinais do grupo metileno adjacente à carbonila (*Iα-CH₂*) (0,73). Assim, a integral do éster metílico foi dividida pelo fator 3 e a integral do grupo metileno foi dividida pelo fator 2, uma vez que o éster metílico tem três hidrogênios em cada sinal -OCH₃ em d 3,6 ppm e dois hidrogênios do sinal referente ao grupo metileno adjacente à carbonila (α-CH₂) em d 2,3 ppm (RUSCHELA et al., 2016).

$$Cme = 100 \times \left(\frac{\frac{Ime}{3}}{\frac{I\alpha - CH2}{2}} \right)$$

Utilizando a equação acima, para o cálculo da conversão do óleo de soja em ésteres metílicos, foi obtida uma taxa de conversão de 96,80% valor este que se encontra acima da taxa de conversão aceita pela ANP para comercialização do biocombustível.

3.2 Determinação Do Índice De Iodo

As normas EN 14214 e RANP 07/08 adotaram o índice de iodo (método analítico EN ISO 1411) para determinar o número de insaturações. O método baseia-se no tratamento da amostra com halogênios, que se adicionarão às duplas ligações. Os halogênios em excesso são então titulados com o tiosulfato de sódio e o resultado expresso como gramas de iodo que reagem com as insaturações em 100 g de amostra (LÔBO; FERREIRA; CRUZ, 2009).

Os valores obtidos pela titulação, a massa de amostra e o índice de iodo estão representados na tabela 1 abaixo:

| | M | Índice de iodo |
|-------|-----------------|---|
| N1 | 0,2548 g | 70,14 g I ₂ /100 g |
| N2 | 0,2651 g | 71,26 g I ₂ /100 g |
| N3 | 0,2489 g | 93,22 g I ₂ /100 g |
| Média | 0,2563 g | 78,21 (± 6,13) g I₂/100 g |

Tabela 1 - Índice de iodo

Fonte: O autor

A média dos valores obtidos é 78,21((± 6,13) g I₂/100g, e está de acordo com o limite aceitável pela ANP, visto que o valor máximo aceito na norma EN 14214 é de 120 g I₂/100 g. Ferrari, Oliveira, Scabio (2005) obtiveram em seu estudo o valor de índice de iodo de 104,45g I₂/100 g e, Froehner, Leithold (2007) o valor de 106,21 g I₂/100 g. Isso demonstra que o biodiesel produzido tem menos insaturações que o produzido por estes autores.

Segundo Lôbo e colaboradores (LOBO et al., 2009), o número de insaturações está relacionado com a densidade, viscosidade e estabilidade oxidativa do biodiesel. Quanto maior o número de insaturações mais suscetível o biodiesel estará ao processo de oxidação; e, portanto o biodiesel terá uma degradação maior.

3.3 Determinação Do Índice De Acidez

Quando dosado o índice de acidez, os seguintes valores foram obtidos:

| N1 | N2 | N3 | Média |
|------------------|------------------|-------------------|---------------------------------|
| 0,591mg de KOH/g | 0,464mg de KOH/g | 0,338 mg de KOH/g | 0,46 (±0,06) mg de KOH/g |

Tabela 2 - índice de acidez de biodiesel metílico

Fonte: O autor

O monitoramento da acidez no biodiesel é de grande importância durante a

estocagem, na qual a alteração dos valores neste período pode significar a presença de água (CRUZ, ROSENIRA, SERPA, 2009). O método recomendado pela EN 14214 é o EN 14104, utiliza uma solução alcoólica de KOH como titulante e fenolftaleína como indicador.

Estas normas estabelecem os limites máximos de acidez de 0,5 mg de KOH g⁻¹, o que torna a acidez obtida neste estudo (0,46 (±0,06) mg de KOH g⁻¹) aceitável. Froehner, Leithold (2007) e Ferrari, Oliveira, Scabio (2005) obtiveram ambos o valor de 0,5 mg de KOH g⁻¹ na produção do biodiesel do óleo de soja.

3.4 Determinação Da Densidade

O valor obtido da densidade foi de 882,03 kg m⁻³. A norma Europeia estabelece valores de densidade entre 860 a 900 kg m⁻³, outros autores obtiveram os valores de: 877,5 kg m⁻³ e 880 kg m⁻³ para o biodiesel de óleo de soja (FERRARI; OLIVEIRA; SCABIO, 2005; FROEHNER; LEITHOLD, 2007).

A densidade do biodiesel está diretamente ligada à estrutura das suas moléculas; quanto maior o comprimento da cadeia carbônica do alquiléster, maior será a densidade. No entanto, este valor decrescerá quanto maior for o número de insaturações presentes na molécula. A presença de impurezas também poderá influenciar na densidade do biodiesel como, por exemplo, o álcool ou substâncias adulterantes (LÔBO, FERREIRA, CRUZ, 2009).

3.5 Preparação Do Extrato De *Euphorbia Tirucalli* L. E Determinação Do Poder Redutor De Íons Férricos

No que se refere ao extrato utilizado, vale lembrar que existem várias metodologias descritas para a preparação de extratos vegetais, visando o isolamento de seus constituintes químicos (CECHINEL FILHO; YUNES, 1998). Barbi (2016), por exemplo, demonstrou que o melhor solvente para a extração de compostos fenólicos presente na semente de chia foi o metanol, pois apresentou maiores valores se comparados ao etanol.

Para avaliação antioxidante, utilizamos o método do Azul da Prússia, os compostos fenólicos presentes no extrato reagem com íon hexacianoferrato (III) [Fe(CN)₆]³⁻, o qual é reduzido para íon hexacianoferrato (II), [Fe(CN)₆]²⁻ (MARGRAF, 2015). Entretanto, outros agentes antioxidantes também podem reagir, tornando maior a sua inespecificidade (MONTEIRO et al. 2005). Ainda sim, este método é indicado para análise de compostos fenólicos em uma grande variedade de substratos, por ser menos susceptível à interferência de proteínas que o método de Folin-Ciocalteu, por exemplo (SILVA et al., 2010).

Na tabela 3 encontram-se os valores referentes ao poder redutor do extrato de *Euphorbia tirucalli* L.:

| Extrato de avelós | mg EAG/100g |
|-------------------|----------------------|
| Amostra 1 | 4133,33 |
| Amostra 2 | 3920,06 |
| Amostra 3 | 3967,46 |
| Amostra 4 | 3929,54 |
| Média | 3988 (±42,99) |

Tabela 3 – Poder redutor do extrato de *Euphorbia tirucalli* L.:

Fonte: o autor

A média obtida para o extrato de *Euphorbia tirucalli* L. é de 3988 (±42,99) mg EAG/100g, e está de acordo com valores obtidos de outros extratos naturais, a exemplo do mate: 4245 mg EAG/100g e do chá verde: 4002 mg EAG/100g, cujo potencial antioxidante já foi demonstrado (SOUZA, 2007). Segundo CHOI et al. (2002) os radicais livres reagem com os polifenóis formando radicais estáveis.

Em um estudo conduzido por Orlanda e Vale (2015), em que os autores realizaram a análise fitoquímica do extrato etanólico de Avelós, além dos compostos fenólicos, foram encontradas diferentes classes de metabólitos secundários como: alcaloides, açúcares redutores, esteroides, flavonoides, saponinas, taninos e triterpenos.

3.6 Determinação Da Estabilidade Oxidativa

Foi avaliada a estabilidade oxidativa do biodiesel juntamente com o extrato de *Euphorbia tirucalli* L. através do método de estabilidade oxidativa *Rancimat*; aceito como padrão na norma EN 14214 e na RANP 07/08, com valor mínimo de período de indução de 8 h desde 2014 (ANP n°45/2014).

Neste método, uma amostra do biodiesel é mantida em um vaso de reação, a temperatura de 110 °C e sob um fluxo de ar. Sob estas condições, em um determinado tempo inicia-se a formação de peróxidos, que são os principais produtos formados na primeira etapa de oxidação do biodiesel. Subsequentemente, formam-se compostos orgânicos voláteis, como os ácidos orgânicos de baixa massa molecular; que são transportados pelo fluxo de ar para outro recipiente contendo água destilada, cuja detecção é realizada pelo aumento da condutividade no sistema. O tempo decorrente até a detecção dos ácidos orgânicos é denominado de período de indução (LÔBO, FERREIRA, CRUZ, 2009).

Os antioxidantes naturais dos óleos vegetais promovem uma maior estabilidade à oxidação; entretanto, estes antioxidantes podem ser reduzidos durante o processo de refino ou por degradação térmica (FERRARI; OLIVERIA; SCABIO, 2005). O período de indução de *Rancimat* é um parâmetro que podem ser utilizados para monitoramento da degradação oxidativa do biodiesel durante o período de estocagem.

Os resultados obtidos neste estudo da estabilidade do biodiesel de soja e com as concentrações de extrato são expostos na tabela 5:

| Concentração de extrato | Tempo de indução n1 | Tempo de indução n2 | Média e % de aumento |
|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|
| 3000 ppm | 6,14 h | 6,40 h | 6,27 (±0,09) h (34%) |
| 2000 ppm | 5,88 h | 5,90 h | 5,89 (±0,01) h (26%) |
| 1000 ppm | 5,62 h | 5,57 h | 5,59 (±0,02) h (19%) |
| 500 ppm | 5,06 h | 5,17 h | 5,12 (±0,04) h (9%) |
| 0 ppm | 4,67 h | 4,68 h | 4,68 (±0,01)h |

Tabela 05 - Tempo de indução do biodiesel, obtido pelo método *Rancimat*, com diferentes concentrações de extrato de Avélos.

Fonte: O autor

Os resultados apresentados na tabela 5 indicam o aumento do tempo de indução para 500, 1000, 2000 e 3000 ppm de extrato foi respectivamente: 9%, 19%, 26% e 34%. Isso demonstra a eficácia na redução da oxidação das moléculas que compõem o biodiesel, quando comparados ao biodiesel puro utilizado como controle (Gráfico 1). Os compostos fenólicos presentes nesses antioxidantes naturais, estabilizam os radicais livres na estrutura, através da ressonância no anel aromático (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006; SOARES, 2002; BARREIROS; DAVID; DAVID, 2006).

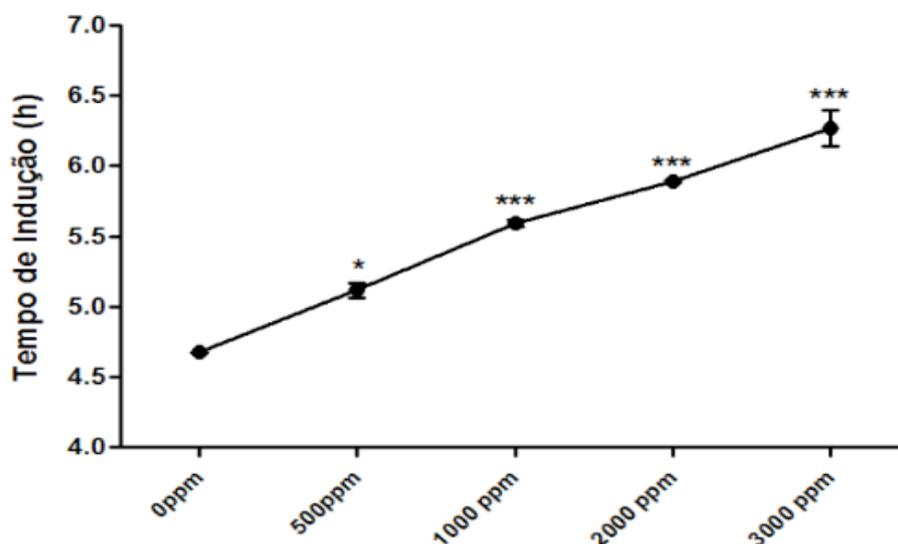


Gráfico 1 - Tempo de indução pelo método *Rancimat*.

Fonte: O autor

Nota: (*) : $p < 0,05$; (**) : $p < 0,01$; (***) : $p < 0,001$ – os valores foram comparados com ao do Biodiesel sem a adição das amostras.

Fonte: Dados da pesquisa

O tempo máximo de indução obtido foi de 6,27 (±0,09) h para 3000 ppm do extrato. Até o ano 2014 as normas EN 14112 e EN 15751 traziam o limite mínimo de 6 h para a estabilidade à oxidação a 110°C, o que foi alterado posteriormente

pela Resolução ANP nº45/2014 para o mínimo de 8 horas. Embora o resultado esteja inferior às exigências atuais, ressalta-se que o presente estudo, foi realizado com o extrato bruto metanólico de Avelós, que além dos compostos fenólicos com já descrita atividade antioxidante, contém outros metabólitos secundários que poderiam interferir direta ou indiretamente podendo subestimar um potencial resultado antioxidante dos compostos isolados.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de obtenção de biodiesel a partir do óleo de soja comercial promoveu uma conversão de 96,8% do óleo em ésteres metílicos, a partir da reação de transesterificação metílica básica. Os parâmetros físico-químicos analisados: índice de iodo, índice de acidez e densidade estão de acordo com os limites estabelecidos pela Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

O extrato metanólico de *Euphorbia tirucalli* L. apresenta valores de potencial redutor equivalente aos encontrados em outras plantas com potencial antioxidante conhecido. Na sua maior concentração (3000 ppm) o extrato proporcionou um tempo de indução de 6,27 horas indicando maior estabilidade oxidativa quando adicionado ao biodiesel (4,68 h); demonstrando que há potencial antioxidante nesse extrato. Entretanto, novos estudos são necessários para avaliar seus reais potenciais antioxidantes dos compostos fenólicos isolados no biodiesel de soja ou em adição aos sintéticos já existentes.

REFERÊNCIAS

ANTOLÍN, G., TINAUT, F. V., BRICEÑO, Y., CASTAÑO, V., PÉREZ, C., RAMÍREZ, A. I. Optimisation of biodiesel production by sunflower oil transesterification. **Bioresource Technology**, n. 83, p. 111–114, 2002.

BARBI, R. C. T. **Extração e quantificação de compostos fenólicos e antioxidantes da chia (*Salvia hispânica* L) usando diferentes concentrações de solventes**. 2016. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre gerações de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v.29, n. 1, p.113-123, 2006.

BEZERRA, G. **Estudo da Influência de Antioxidantes na avaliação da Estabilidade Oxidativa de Biodiesel pelo Método PetroOXY**. 2015. . 82f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2015.

BIERHALS, V. S.; MACHADO, V. G.; ECHEVENGUÁ, W. O.; COSTA, J. A. V.; FURLONG, E. B. Compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e antifúngica de multimisturas enriquecidas com a microalga *Spirulina platensis*. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 68, n. 1, p. 42-8, 2009.

Biodiesel Handling and use Guide. 4ed. United States Government Department of Energy. December, 2009. Disponível em: < <https://www.nrel.gov/docs/fy09osti/43672.pdf>> Acesso em outubro

de 2018.

ANP. Boletim mensal do biodiesel. Superintendência de Refino, Processamento de Gás Natural e Produção de Biocombustíveis. Fevereiro, 2017. Disponível em: < http://www.anp.gov.br/images/publicacoes/boletins-anp/Boletim_Mensal_do_Biodiesel/2017/Boletim_Biodiesel_FEVEREIRO_2017.pdf> Acesso em outubro de 2018.

BRASIL. Resolução nº 42 de 16 de Dezembro de 2009. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível. 2009.

CECHINEL FILHO, V.; YUNES, R. A. Estratégias para a obtenção de compostos farmacologicamente ativos a partir de plantas medicinais. conceitos sobre modificação estrutural para otimização da atividade. **Química Nova**, v. 21, p. 1, 1998.

CHOI C. W., KIM, S. C.; HWANG, S. S.; CHOI, B. K. AHN, H. J.; LEE, M. Y.; PARK, S. H.; KIM, S. K. Antioxidant activity and free radical scavenging capacity between Korean medicinal plants and flavonoids by assay-guided comparison. **Plant Science**, n. 163, p.1161 - 1168, 2002.

CRUZ, R. S. Biodiesel: Parâmetros de Qualidade e Métodos Analíticos. **Química Nova**, v. 32, n. 6, 2009.

CVENGROS, J., POVAZANEC, F., Production and treatment of rapeseed oil methyl esters as alternative fuels for diesel engines. **Bioresource Technology**, v. 55, p. 145 – 152, 1996.

DERMIBAS, A. Biodiesel production from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical methanol transesterification methods. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 31, p. 466-487, 2005.

DUNN R. O. Effect of temperature on the oil stability index (OSI) of biodiesel. **Energy Fuels**; v. 22, p. 62–657, 2008.

DUNN, R. O. Effect of antioxidants on the oxidative stability of methyl soyate (biodiesel). **Fuel Processing Technology**, v. 86, n. 10, p. 1071–1085, 2005.

FERRARI, R. A.; OLIVERIA, V. S. e SCABIO, O. A. Biodiesel de soja – Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v. 28, n. 1, p. 19-23, 2005.

FROEHNER, S. E.; LEITHOLD, J. Transesterificação de óleos vegetais: caracterização por cromatografia em camada delgada e densidade. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 3, 2007.

JULIANI, M.; DAMME, P. V.; HASTILESTARI, B. R.; PAPENBROCK, J. *Euphorbia tirucalli* L. (Euphorbiaceae) – The Miracle Tree. **Current Status of Knowledge**, v. 2, n. 1, p. 10, 2013.

GATO, F. S. **Avaliação de antioxidantes naturais e sintéticos na estabilidade oxidativa de biodiesel de macaúba (*Acrocomia aculeata*)**. 2016. 121f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2016.

GERIS, R.; SANTOS, N. A. C.; AMARAL, B. A.; MAIA, I. S.; CASTRO, V. D.; CARVALHO, J. R. M. Biodiesel de soja - Reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. **Química Nova**, v. 30, n. 5, 2007.

GUIMARÃES, I. M. G. **Antioxidantes na estabilidade oxidativa do biodiesel**. 2011. 53f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2011.

GUZATTO, R.; DE MARTINI, T. L.; SAMIOS, D. The use of a modified TDSP for biodiesel production from soybean, linseed and waste cooking oil. **Fuel Process Technol.** v. 92, p. 2083-2088, 2011.

KALAM, M. A., MASJUKI, H. H., Biodiesel from palm oil—an analysis of its properties and potential. **Biomass Bioenergy**, n. 23, p. 471–479, 2002.

KNOTHE, G.; KRAHL, J; GERPEN, J. V. **The Biodiesel Handbook**. 2.ed. Illinois: Academic Press, 2005. 494p.

LEONARDI, J. G.; AZEVEDO, B. M.; ROMANO, L. H. Avaliação das insaturações de azeites extras virgens pelo índice de iodo (método de Wijs). **Revista Saúde em Foco**, n. 10, 2018.

LÔBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C.; CRUZ, R. S. Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Quím. Nova**, v. 32, n. 6, 2009.

MACHADO, M. M. **Perfil Fitoquímico e Avaliação dos Principais Efeitos Biológicos e Imunológicos in vitro da *Euphorbia Tirucalli* L.** 2007. 105f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas, Área de Concentração em Controle e Avaliação de Insumos e Produtos Farmacêuticos) - Universidade Federal de Santa Maria – RS, Santa Maria, 2007.

MARGRAF, T. **Avaliação de diferentes métodos analíticos e efeitos da origem geográfica, varietal e cultivo agrônômico na composição química e atividade antioxidante de sucos de uva.** 2015. 105f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR, Ponta Grossa, 2015.

MAXCHEIX, J. J; FLEURIET, A.; BILLOUT, J. **Fruit phenolics**. Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc., 1990. 378p.

MEHER, L. C.; VIDYA SAGAR, D.; NAIK, S. N. Technical aspects of biodiesel production by transesterification—a review. **Renewable Sustainable Energy Reviews**, n. 10, p. 248–268, 2006.

MITTELBACH, M., REMSCHMIDT, C., **Biodiesel: The Comprehensive Handbook**. Vienna: Boersedruck Ges. M.B.H., 2004. 332p.

MONTEIRO, J. M.; ALBURQUERQUE, P.; ARAUJO E. L. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, n. 5, p. 3, 2005

MORAIS, V. S.; DE CASTRO, E. V. R.; CARNEIRO, M. T. W. D.; BRANDÃO, G. P.; FABRI JÚNIOR, R.; SENA, D. R.. Cor ASTM: um método simples e rápido para determinar a qualidade do biodiesel produzido a partir de óleos residuais de fritura. **Quím. Nova**, v. 36, n. 4, p. 587-592, 2013.

OETTERER, M., REGITANO-D'ARCE, M. A. B., SPOTO, M. H. F. **Fundamentos da Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri: Manole, 2006. 613 p.

OLIVEIRA, R. S.; SILVA, E. A.; RODRIGUES, P. R. P.; SOUZA, S. N. M. Avaliação da ação antioxidante de produtos naturais no biodiesel B100 (*Glycine max*). **Engevista**, v. 16, n. 3, p.410 - 419, 2014.

ORLANDA, J. F. F; VALE, V. V. Análise fitoquímica e atividade fotoprotetora de extrato etanólico de *Euphorbia tirucalli* Linneau (Euphorbiaceae). **Rev. Bras. Pl. Med.**, v. 17, n. 4, supl. I, p. 730 - 736, 2015.

PETERSON, C. L., REECE, D. L., THOMPSON, J. C., BECK, S. M., CHASE, C. Ethyl ester of rapeseed used as a biodiesel fuel—a case study. **Biomass Bioenergy**, n. 10, p. 331–336, 1996.

PINTO, A. C.; GUARIEIRO, L. L. N.; REZENDE, M. J. C.; RIBEIRO, N. M.; TORRES, E. A.; LOPES, W. A.; PEREIRA, P. A. P.; ANDRADE, J. B. Biodiesel: an overview. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 16, n. 6B, p. 1313 -1330, 2005.

RUSCHELA; C. F. C.; FERRÃO, M. F.; SANTOS, F. P.; SAMIOS, D. Otimização do processo de

transesterificação em duas etapas para produção de biodiesel através do planejamento experimental Doehlert. **Quim. Nova**, v. XY, n. 00, p.1-6, 2016.

SANTOS, A. C.; SANTOS, K. A. S.; SILVA, E.; CORAZZA, M. Avaliação da estabilidade oxidativa do biodiesel de soja (*Glycinemax L.*) na presença de antioxidantes naturais obtidos das folhas de acerola (*Malpighia glabra L.*) utilizando CO₂ supercrítico. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 3, p.197 - 210, 2014.

SENSÖZ, S., KAYNAR, I. Bio-oil production from soybean (*Glycine max L.*); fuel properties of bio-oil. **Industrial Crop and Products**, n. 23, p. 99 – 105, 2006.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. S.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 669-681, 2010.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SOUSA, L. S.; MOURA, C. V. R.; OLIVEIRA, J. E.; MOURA, E. M. Use of natural antioxidants in soybean biodiesel. **Fuel**, n. 134, p. 420–428, 2014.

TANG, H.; GUZMAN, R. C. D; WANG, A; SALLEY, S. O; NG, K. Y. S. The oxidative stability of biodiesel: Effects of FAME composition and antioxidant. **Lipid Technology**, v. 20, n. 11, p. 249-252, 2008.

TANG, H.; WANG, A.; SALLEY, S. O.; NG, K. Y. S. The effect of natural and synthetic antioxidants on the oxidative stability of biodiesel. **Journal of the American Oil Chemist Society**, p. 373- 382, 2008.

VICENTE, G.; MARTÍNEZ, M.; ARACIL, J.; ESTEBAN, A. Kinetics of sunflower oil methanolysis. **Industrial Engineering Chemistry Research**, n. 44, p. 5447–5454, 2005.

VIEIRA, J. S. C.; SOUSA, T. L.; ROSAS, L. S.; LIMA, A. L; RONCONID, C. M.; MOTA, C. J. A. Esterificação e transesterificação homogênea de óleos vegetais contendo alto teor de ácidos graxos livres. **Quim. Nova**, v. 41, n. 1, p. 10-16, 2018.

XIE, W.; PENG, H.; CHEN, L. Transesterification of soybean oil catalyzed by potassium loaded on alumina as a solid-base catalyst. **Applied Catalysis. A: General**, p. 67 – 74, 2006.

XIN, J.; SAKA, S. Method for improving oxidation stability of biodiesel. In: Yao T, editor. **Green energy and technology, zero-carbon energy Kyoto**, p. 5 –171, 2010.

YAAKOB, Z.; NARAYANAN, B. N.; PADIKKAPARAMBIL, S.; UNNI, S. K.; AKBAR, M. P. A review on the oxidation stability of biodiesel. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 35, p. 136 -153, 2014.

YAMANE, K.; KAWASAKI, K.; SONE, K.; HARA, T.; PRAKOSO, T. Oxidation stability of biodiesel and its effect on diesel combustion and emission characteristics. **International Journal of Engine Research**, n. 8, p. 19 – 307, 2007.

SOBRE O ORGANIZADOR

Alan Mario Zuffo - Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-250-0

