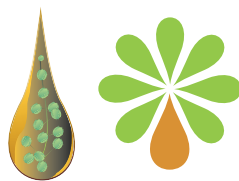


6° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel
9° Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

BIODIESEL: 10 ANOS DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO NO BRASIL

VOLUME 1

ANAIS - ARTIGOS CIENTÍFICOS
2016



6° Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel
9° Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

BIODIESEL:
10 ANOS DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO NO BRASIL
Anais - Trabalhos Científicos

Editores:

Pedro Castro Neto

Antônio Carlos Fraga

Rafael Silva Menezes

Gustavo de Lima Ramos

Natal, 22 a 25 de Novembro de 2016

Rio Grande do Norte - Brasil

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel
(6. : 2016 : Natal, RN).

Anais do 6. Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia
de Biodiesel, 9. Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas,
Óleos, Gorduras e Biodiesel, Natal, RN, 22 a 25 de novembro
de 2016 / Editores: Pedro Castro Neto ... [et al.]. – Lavras :
UFLA, 2016.

1432 p.

Bibliografias

ISBN 978-85-65615-02-0

1. Biodiesel. 2. Plantas oleaginosas. 3. óleos vegetais. I

Castro Neto, Pedro et al. II. Congresso Brasileiro de Plantas
Oleaginosas, óleos, Gorduras e Biodiesel.

CDD – 633.85

APRESENTAÇÃO

O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) possui papel fundamental no processo de aprimoramento tecnológico do biodiesel brasileiro. No âmbito do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), o módulo de Desenvolvimento Tecnológico é coordenado pelo MCTIC e objetiva organizar e fomentar a base tecnológica existente no País e norteá-la a gerar resultados que atendam às demandas do PNPB.

Nesse sentido, foi implantada a Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel (RBTB), que articula os diversos atores envolvidos, permitindo a convergência de esforços e a otimização de investimentos públicos na busca por soluções para os desafios tecnológicos da cadeia produtiva, levando em consideração aspectos de sustentabilidade, geração de empregos e desenvolvimento regional.

Como ferramenta de avaliação e divulgação dos resultados dos projetos fomentados, o MCTIC promove, desde 2006, o Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel e a Universidade Federal de Lavras promove, desde 2004, o Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. Eventos que em suas edições anteriores foram um sucesso, tanto em termos de público, como na divulgação do conhecimento gerado por pesquisadores de inúmeras universidades e institutos de pesquisa de todo o país. A partir de 2010 esses dois eventos foram realizados simultaneamente constituindo o maior evento técnico científico em biodiesel do mundo. Este evento é referência para as áreas de produção de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel.

APRESENTAÇÃO

É estratégico para o setor de biodiesel possuir fóruns de discussão para se debater temas ligados à pesquisa, desenvolvimento e inovação em Biodiesel, como também promover encontros entre especialistas, estudantes, empresários e a sociedade civil para discutir meios para o desenvolvimento desse novo combustível.

Para o evento deste ano os organizadores receberam 884 trabalhos, dos quais 715 foram aprovados e serão expostos nas sessões de apresentação de pôster. Foram destacados trabalhos que também serão apresentados oralmente nas sessões temáticas. Busca-se atingir com a divulgação dos Anais do evento a difusão do conhecimento gerado, servindo como base para a continuidade das ações e como motivação para que a inovação tecnológica contribua de forma efetiva para os objetivos do PNPB.

Cordialmente,

Professor Pedro Castro Neto
Presidente do Congresso

Professor Antônio Carlos Fraga
Presidente da Comissão Técnico-Científica

Rafael Silva Menezes
**Coordenador de ações de
desenvolvimento
energético RBTB-MCTIC**

COMISSÃO ORGANIZADORA

Pedro Castro Neto
**Presidente do Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas,
Óleos, Gorduras e Biodiesel**

Rafael Silva Menezes
**Presidente do Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia
de Biodiesel**

Gustavo de Lima Ramos
Secretário-Geral

Antônio Carlos Fraga
Presidente da Comissão Técnico-Científica

Juliana Espada Lichston
Presidente da Comissão Local da UFRN

Rafael Peron Castro
Anderson Lopes Fontes
Secretários Comissão Local da UFRN

COMISSÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Antônio Carlos Fraga (UFLA) - Presidente

Pedro Castro Neto (UFLA) - Vice-Presidente

Lucas Ambrosano (UEM) - Secretário

Geovani Marques Laurindo (G-Óleo/UFLA) - Secretário

Douglas Pelegrini Vaz-Tostes (G-Óleo/UFLA) - Secretário

MEMBROS DAS ÁREAS TEMÁTICAS

Aristeu Gomes Tininis (IFSP)

Bill Jorge Costa (TECPAR)

Bruno Galvêas Laviola (EMBRAPA)

Cláudio José de Araujo Mota (UFRJ)

Danilo Luiz Flumignan (IFSP)

Donato Alexandre Gomes Aranda (UFRJ)

Eduardo Homem de Siqueira Cavalcanti (INT)

Fátima Menezes Bento (UFRGS)

Gustavo Lima Ramos (SETEC/MCTIC)

Iêda Maria Garcia dos Santos (UFPB)

Luiz Pereira Ramos (UFPR)

Maria Aparecida Ferreira César-Oliveira (UFPR)

Nelson Roberto Antoniosi Filho (UFG)

Paulo Anselmo Ziani Suarez (UnB)

Rafael Silva Menezes (SETEC/MCTIC)

Roberto Bianchini Derner (UFSC)

Rosenira Serpa da Cruz (UESC)

Sérgio Peres Ramos da Silva (UPE)

Simoni Margaretta Plentz Meneghetti (UFAL)

COMISSÃO EXECUTORA

Associação dos
Pesquisadores em Plantas Oleaginosas,
Óleos, Gorduras e Biodiesel



Rede Brasileira de
Tecnologia de Biodiesel

SECRETARIA DE
DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO
E INOVAÇÃO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



REVISÃO E EDITORAÇÃO

Pedro Castro Neto (UFLA)
Antônio Carlos Fraga (UFLA)
Lucas Ambrosano (UEM)
Douglas Pelegrini Vaz-Tostes (G-Óleo/UFLA)
Geovani Marques Laurindo (G-Óleo/UFLA)

COMISSÃO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Pedro Castro Neto (UFLA) - Presidente
Antônio Carlos Fraga (UFLA)
Gilson Miranda Júnior (BCC/UFLA)
Jaime Daniel Corrêa Mendes (BCC/UFLA)
João Paulo de Araújo (BCC / G-Óleo/UFLA)
Ferguson Antônio Gomes Peres de Souza (G-Óleo/UFLA)
Henrique Fidencio (G-Óleo/UFLA)
Arnon de Castro Oliveira (G-Óleo/UFLA)
Saulo Kirchmaier Teixeira (G-Óleo/UFLA)

AGRADECIMENTOS

Apoiadores, Autores, Congressistas, Expositores e Palestrantes.

MEMBROS DA G-ÓLEO

Associação dos Pesquisadores em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

Pedro Castro Neto (Presidente)
Lucas Ambrosano (Vice-Presidente)
Douglas Pelegrini Vaz-Tostes (Tesoureiro)
Vinícius Reis Bastos Martins (Secretário)
Antônio Carlos Fraga
Arnon de Castro oliveira
Bárbara Lemes
Camilla Freitas Maia
Camilo José Rodrigues Dal Bó
Carlos Henrique Santos Fonseca
Carlúcio Queiroz Santos
Clara de Almeida Filippo
Daniel Augusto de Souza Borges
Danilo da Silva Souza
Diego Flausino Brasileiro
Erika Tokuda
Ferguson Antonio Gomes Peres de Souza
Gabriel Dlouhy Alcon
Gabriele de Faria Castro
Geovani Marques Laurindo
Gilson Miranda Júnior
Guilherme de Oliveira Martins
Gustavo de Almeida Adolpho
Hamilton Olinto Pimenta Lima Junior
Henrique Fidencio
Jaime Daniel Corrêa Mendes
Janice Alvarenga Santos Fraga
João Paulo de Araújo
Julia Andrade de Ávila
Juliana de Xisto Silva
Maraiza Assis Mattar Silva
Marcela Santos Moreira
Matheus Sterzo Nilsson
Paulo Rogério Ribeiro Pereira
Pedro Henrique Barcelos Mota
Pedro Rodolfo Bianchim de Oliveira
Rafael Peron Castro
Rodrigo Martins Santos
Sandra Regina Peron Castro
Sandro Freire de Araújo
Saulo Kirchmaier Teixeira
Stênio Carvalho
Thalita Caroline Azevedo Gonçalves
Thiago Matioli
Vitor Favareto Silva

REALIZAÇÃO

O Núcleo de Estudos em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biocombustíveis (G-Óleo) idealizado pelos professores Antônio Carlos Fraga



do Departamento de Agricultura e Pedro Castro Neto do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, desde 2006 promove a

produção científica e realiza eventos acadêmicos voltados a estudantes, pesquisadores e empreendedores que atuam nas diversas etapas da cadeia produtiva do biodiesel, transferindo ao produtor rural por meio de eventos de extensão, onde inovações da pesquisa e indústria são levadas e apresentadas à comunidade.

A diversidade das áreas de atuação do grupo torna os projetos amplamente diversificados, englobando atividades em fitotecnia, química, projetos e manutenção de máquinas agrícolas e industriais, gerência e tecnologia de informação, administração, extração e purificação de óleos e gorduras, gestão de coprodutos e resíduos, todas associadas à produção científica visando inovação para a indústria e melhoria na produção rural.

REALIZAÇÃO

Com o objetivo de impulsionar o desenvolvimento tecnológico e a inovação do biodiesel no Brasil, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) promove diversas ações, principalmente por meio da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel (RBTB), que envolve diversos atores da cadeia produtiva. Isso permite a convergência de esforços e a otimização de investimentos públicos, buscando soluções para os desafios tecnológicos do setor. Desde 2006, a Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (SETEC/MCTIC) promove o Congresso da RBTB com objetivo de disseminar os conhecimentos tecnológicos gerados, a divulgação das potencialidades da Rede, as competências e os trabalhos em andamento. A realização do evento envolve a comunidade científica e empresarial e abrange sete diferentes áreas temáticas: Matéria Prima; Armazenamento, Estabilidade e Problemas Associados; Caracterização e Controle da Qualidade; Co-Produtos; Produção do Biocombustível; Uso de Biodiesel; e Políticas Públicas e Desenvolvimento Sustentável.

Rede Brasileira de Tecnologia de

BioDiesel



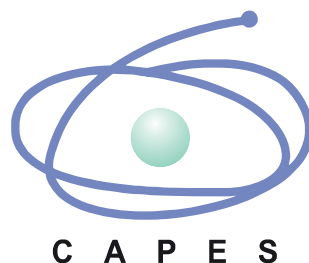
REALIZAÇÃO

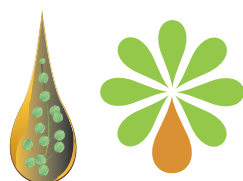
SECRETARIA DE
**DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO
E INOVAÇÃO**

MINISTÉRIO DA
**CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**



APOIO





6º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel
9º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel

TRABALHOS CIENTÍFICOS APROVADOS

Desenvolvimento de sistema completo de cultivo de microalgas com fotobiorreatores tipo janela para a produção de biodiesel

Mariana Monteiro Fortes (GreenTec/UFRJ, m.m.fortes@hotmail.com), Yordanka Reyes Cruz (GreenTec/UFRJ, yordankabiodiesel@yahoo.com.br), Rene Gonzalez Carliz (GreenTec/UFRJ, reneglez73@yahoo.com.br), Donato Alexandre Gomes Aranda (GreenTec/UFRJ, donato@eq.ufrj.br)

Palavras Chave: Biodiesel, microalgas, fotobiorreator, cultivo, sistema de cultivo, sistema de concentração

1 - Introdução

As microalgas são um grupo grande e diversificado de microrganismos unicelulares e fototróficos, e têm atraído muito a atenção mundial pelos produtos naturais valiosos que sintetizam, assim como a sua capacidade para biorremediação de efluentes e o seu potencial para a produção de energia. Isto se deve à possibilidade de sua aplicação comercial em distintas áreas como nutrição animal, saúde humana, tratamento de efluentes, produção de energia (biodiesel) e obtenção de compostos de interesse para as indústrias alimentícia, química e farmacêutica, dentre outras.¹ As microalgas são os organismos fotossintetizantes mais eficazes da biosfera e vêm ganhando destaque pelos benefícios que podem oferecer ao meio ambiente por utilizarem o CO₂ presente na atmosfera como nutriente.² O cultivo de microalgas é feito desde meados do século XX. A partir desta época identificaram-se diversas metodologias de cultivo, incluindo lagoas abertas, calhas rasas e fotobiorreatores fechados (PBRs). Os recentes desenvolvimentos em engenharia de bioprocessos e uma maior compreensão da fisiologia de algas vêm abrindo os caminhos para as iniciativas de cultivo de biomassa de microalgas, visando aplicações em bioenergia. Porém, em geral os estudos são feitos em escala laboratorial, não sendo associado ao cultivo em fotobiorreatores de escala piloto.¹

2 - Material e Métodos

Desenvolvimento de um sistema completo de cultivo com 30 (trinta) fotobiorreatores (PBR) tipo janela para a produção de microalgas de policarbonato. Além disso, 3 (três) sistemas de colheita da biomassa foram testados: floculação, microfiltração e centrifugação. Nos fotobiorreatores desenvolvidos foram cultivadas várias espécies de microalgas: *Dunaliella tertiolecta*, *Monoraphidium* sp. (MORF-1), *Ankistrodesmus* sp. (ANRF-1) e *Scenedesmus* sp. (SCIB-1).

A produção de biodiesel a partir da biomassa úmida foi feita pelos processos de hidroesterificação e saponificação, seguida de acidulação e esterificação.

A hidroesterificação é dividida em duas etapas: hidrólise e esterificação. As reações de hidrólise foram conduzidas com biomassa úmida e ocorreram a 300 °C por uma hora, sob agitação constante, alcançando cerca de 1200 psi de pressão. Na esterificação foi utilizada uma razão molar de ácido graxo:metanol de 1:3. Utilizou-se 3% m/m (em relação à massa de ácidos graxos) de ácido sulfúrico como catalisador. A reação ocorreu a 80 °C por uma hora, sob agitação constante.

Para a reação de saponificação foi utilizada uma solução alcoólica (etanol) com 15% m/v de KOH. A

proporção entre a biomassa seca e a solução de KOH foi de 1g:10mL. A reação ocorre a 80 °C por uma hora, sob agitação constante e intensa.

A etapa de acidulação tem por objetivo transformar o produto saponificado em ácido graxo através da adição de ácido sulfúrico à 35% m/v (em água). a reação ocorre a 100 °C por uma hora, sob agitação constante.

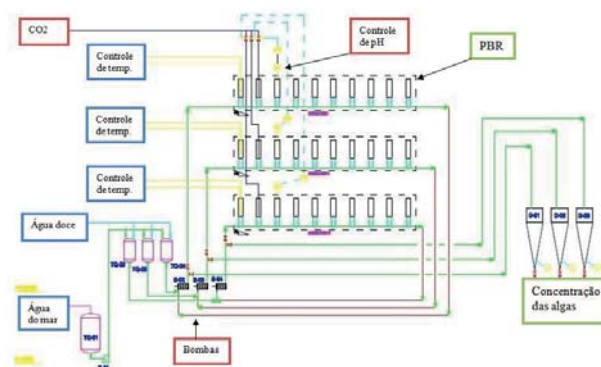


Figura 1. Fluxograma do sistema de cultivo completo.

3 - Resultados e Discussão

Sistema de cultivo:

- 30 PBR de policarbonato de espessura de 5 mm, com dimensões 1200 X 800 X 110 mm e aletas internas removíveis. Distribuídos em 3 módulos, cada um com 10 PBR em série (Figura 2);



Figura 2. 30 unidades de fotobiorreatores.

- 3 bombas helicoidais de deslocamento positivo, modelo monofuso sanitária WHS 32;
- 3 sistemas de resfriamento (termopar tipo TT100, painel de controle, serpentina em aço inox);
- 3 sensores/eletrodos de pH, painel de controle e 3 válvulas solenóides (abertura e liberação de gás CO₂);
- Sistema de injeção de ar nos PBR (tubulação, válvulas redutoras de pressão e borbulhadores em aço inox);
- Compressor isento de óleo, marca PEG;

- Sistema de microfiltração para tratamento da água de cultivo de microalgas (900 L.h⁻¹) (microfiltração por membrana e filtro de carvão ativado);
- Tanque em polipropileno para armazenamento da água do mar com capacidade de 5000 litros;
- 3 Tanques em polipropileno para preparação meio de cultivo com capacidade de 1000 litros cada;
- Concentração de biomassa: Floculação (3 Tanques em polipropileno de fundo cônico com capacidade de 1.000 litros cada); Centrifugação (centrífuga contínua de disco, 400 – 500 L.h⁻¹); Microfiltração (sistema de microfiltração submersa, com vazão variável).

Centrifugação + Microfiltração

O melhor resultado na concentração de biomassa foi obtida com a junção da microfiltração, pela possibilidade de reaproveitamento da água do cultivo, e a centrífuga, pela rapidez e pela eficiência na retirada da água. Centrifugou-se obtendo um teor de umidade de 80,79% m/m. A água residual foi submetida à microfiltração para a reutilização desta água.

Biodiesel

Hidroesterificação - 128,60g de biodiesel (6,04 % m/m em relação à biomassa seca). Nas análises que puderam ser feitas, apenas a estabilidade oxidativa ficou abaixo do ideal (Tabela 1).

Tabela 1. Características físico-químicas do biodiesel purificado produzido a partir da hidroesterificação da *Monoraphidium* sp.

Características	Método	Especificação Biodiesel B-100	Biodiesel de Microalgas
Massa Específica a 20 °C, kg/m ³	ASTM-D 4052	850 a 900	882,2
Viscosidade Cinemática a 40 °C, mm ² /s	ASTM-D 445	3,0 a 6,0	4,270
Teor de éster, % m/m	EN 14103	96,5	98,18
Glicerol livre, % m/m	ASTM-D 6584	0,02	0,002448
Glicerol total, % m/m	ASTM-D 6584	0,25	0,2371
Monoglicérides, % m/m	ASTM-D 6584	0,7	0,6993
Diglicérides, % m/m	ASTM-D 6584	0,20	0,1838
Triglicérides, % m/m	ASTM-D 6584	0,20	0,0019
Metanol, % m/m	EN 14110	0,20	0,0060
Estabilidade à oxidação a 110 °C	EN 14112	6 (12)	5,04
Índice de acidez, mg KOH/g	ASTM-D 664	0,50	0,47
Teor de água, mg/kg	EN ISO 12937	200,00	182
Ponto de fulgor, °C	ASTM-D 93	100	180
Ponto de entupimento de filtro a frio, °C	ASTM-D 6371	14	-2°C

Saponificação - 110,92g de biodiesel (7,25% m/m em relação à biomassa seca). Nas análises que puderam ser feitas, a estabilidade oxidativa também ficou abaixo do ideal (4,27 h). O perfil do biodiesel se mostrou próximo ao perfil de oleaginosas já utilizadas na produção de biodiesel (Figura 4), com teores de Saturados > Poliinsaturados > Monoinsaturados. Neste processo, por ser uma reação mais

branda, também foi possível obter os insaponificáveis (Figura 3), contendo compostos antioxidantes (compostos de alto valor agregado).



Figura 3. Fração insaponificável e biodiesel produzidos por saponificação/acidulação/esterificação.

4 – Conclusões

No presente estudo pôde-se concluir que a série de fotobiorreatores desenvolvida se mostrou eficaz no cultivo de microalgas, favorecendo o crescimento destas, evidenciando a versatilidade deste sistema. A melhor maneira de concentração é a combinação entre a centrifugação e a microfiltração, alcançando teores de umidade próximos à 80% m/m. Mesmo sendo possível gerar biodiesel utilizando várias rotas tecnológicas, a saponificação seguida de acidulação e esterificação mostrou-se o processo de maior potencial econômico por gerar um co-produto (antioxidantes) com alto valor agregado. Além disso, foi um processo no qual o biodiesel apresentou bons resultados segundo a especificação da ANP. Os perfis lipídicos das microalgas estudadas também mostraram grande potencial a para produção de biodiesel, pois a composição assemelha-se aos perfis lipídicos das matérias-primas consolidadas na produção de biodiesel atualmente. Os maiores teores foram de C16:0, C18:1, C18:2 e C18:3 (Figura 4). Se aproximando da composição hipotética de uma mistura de sebo, palma e soja.

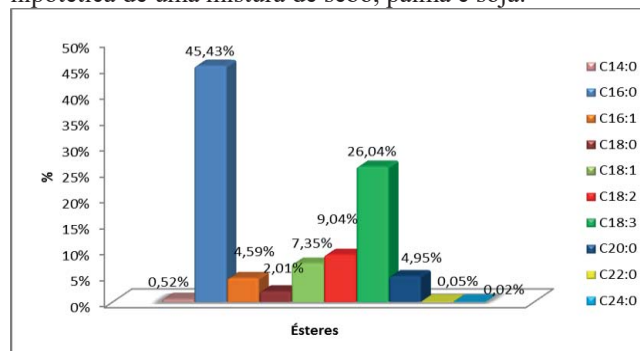


Figura 4. Perfil percentual de ésteres metílicos de *Scenedesmus* sp. – SCIB-1 produzido por saponificação.

5 – Agradecimentos

Agradecimentos ao CNPq pelo apoio financeiro, à PETROBRAS pelo apoio financeiro e tecnológico e ao GREENTEC pelo apoio tecnológico.

6 - Bibliografia

- ¹ Richmond, A. *Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology*. Oxford: Blackwell Science, 2004.
- ² Meng, X. et al. *Biodiesel production from oleaginous microorganisms*, Renewable Energy, 34, 2009.