



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS**  
**CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM AGROENERGIA**

Fabício de Oliveira Ramos

**OBTENÇÃO E APLICAÇÃO DO LÍQUIDO EXTRAÍDO DA CASCA DA  
CASTANHA DO CAJU (*Anacardium occidentale* L.) COMO  
ANTIOXIDANTE PARA O BIODIESEL**

PALMAS – TO

2022

Fabício de Oliveira Ramos

**OBTENÇÃO E APLICAÇÃO DO LÍQUIDO EXTRAÍDO DA CASCA DA  
CASTANHA DO CAJU (*Anacardium occidentale L.*) COMO  
ANTIOXIDANTE PARA O BIODIESEL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins como requisito para obtenção do título de mestre em Agroenergia.

**Linha de pesquisa:** Processos de obtenção de biocombustíveis e aproveitamento de resíduos

**Orientador:** Dr. Emerson Adriano Guarda

**Coorientadora:** Dra. Patrícia Martins Guarda

PALMAS – TO

2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

R175o Ramos, Fabricio de Oliveira.  
Obtenção e aplicação do líquido extraído da casca da castanha do caju (*Anacardium occidentale* L.) como antioxidante para biodiesel. / Fabricio de Oliveira Ramos. – Palmas, TO, 2022.  
81 f.  
Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Agroenergia, 2022.  
Orientador: Emerson Adriano Guarda  
Coorientador: Patrícia Martins Guarda  
1. Antioxidantes. 2. Biodiesel. 3. LCC. 4. Estabilidade Oxidativa. I.  
Título

**CDD 333.7**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

FABRICIO DE OLIVEIRA RAMOS

**OBTENÇÃO E APLICAÇÃO DO LÍQUIDO EXTRAÍDO DA CASCA DA  
CASTANHA DO CAJU (*Anacardium occidentale L.*) COMO  
ANTIOXIDANTE PARA O BIODIESEL**

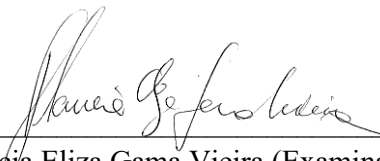
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, avaliada para a obtenção do título de Mestre em Agroenergia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca examinadora.

Data de aprovação: 30/06/2022

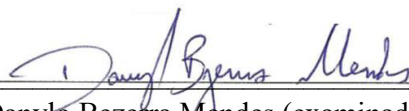
Banca examinadora:



Prof. Dr. Emerson Adriano Guarda (Presidente da comissão)  
**PPGA- UFT**



Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Gláucia Eliza Gama Vieira (Examinadora interna)  
**PPGA- UFT**



Prof. Dr. Danylo Bezerra Mendes (examinador externo)  
**SEDUC-TO**

Dedico...

Ao Deus vivo que sempre esteve e estará ao meu lado, mostrando que com Ele, tudo é possível.

Aos meus queridos pais, Valdinair de Oliveira e Antônio Ramos, e a minha irmã Fabiola Ramos pelo amor e incentivo de sempre.

Dedico-o também, a minha linda esposa Jackeline Ramos e minha filha Isabella Ramos. Amo vocês!

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelo amor, força e coragem durante essa caminhada. Em meio a quantas lutas e desafios que tive, Deus nunca me abandonou. Ele me mostrou que sou amado e forte.

Aos meus queridos pais, Valdinair de Oliveira e Antônio Ramos pelos ensinamentos e apoio em tudo na minha vida, sem vocês não chegaria a lugar nenhum.

A minha irmã Fabiola Ramos que sempre me apoiou em tudo, irmã que amo demais.

A minha linda esposa Jackeline Martins, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando e sonhando junto comigo, esposa, mãe forte e trabalhadora. Te amo, meu amor!

A minha linda filha Isabella, que nasceu em meio a essa pesquisa, hoje com 5 meses, quase 6 meses de vida, como é maravilhoso ser pai, te amo filha.

Quero agradecer também, ao meu Pastor Átila Douglas, que sempre me motivou a prosseguir em meio as lutas e desafios, suas orações foram importantes, muito obrigado!

Aos meus amigos Danilo e Raimundo Soares, pelo apoio e motivação a realização da pesquisa, obrigado amigos!

Ao meu orientador prof. Dr. Emerson Adriano Guarda, por toda paciência, e por acreditar no meu potencial, apoiando e orientando com excelência, sou grato!

A toda a equipe do Lapeq, especial a professora Dra. Patrícia Guarda, Álvaro, Mayana e Larissa por toda assistência nessa pesquisa e pela amizade de longa data.

A Geane, secretaria da pós-graduação em Agroenergia, obrigado pelos incentivos e por atender sempre com atenção e com eficiência.

A Empresa Binatural, em especial a Rose, pelo auxílio nesse trabalho.

Ao programa de pós-graduação em Agroenergia pela oportunidade de cursar o mestrado com excelentes professores e estruturas.

Aos membros da banca Dra. Glaucia Vieira e Dr. Danylo Mendes pela disposição e colaboração.

## RESUMO

O biodiesel vem crescendo como combustível econômico e ambientalmente vantajoso, por apresentar menor custo de produção e menor emissão de gases efeito estufa. No entanto, o biodiesel demonstra problemas referente à oxidação, devido a sua composição química. Isso afeta o seu armazenamento em longo prazo e a qualidade do combustível, tornando os aditivos antioxidantes indispensáveis para inibição do processo oxidativo. Esses antioxidantes podem ser de origem sintética (derivados de petróleo) ou natural (biomassas vegetais). Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo extrair e testar antioxidantes do líquido da casca da castanha do caju (LCC) na estabilização oxidativa do biodiesel. Para tanto, foram realizadas as determinações do tempo ideal de extrações por Soxhlet e térmica, análises de FTIR e avaliação da estabilidade oxidativa por Rancimat. Por meio das análises FTIR, constatou-se que o 3 ciclo de extração foi suficiente para extrair todo o líquido, com rendimento médio de 30,0%. Para a extração térmica do LCC técnico laboratorial, estatisticamente o melhor tempo extração foi de 60 minutos com 20,0% de rendimento. As análises qualitativas de FTIR dos LCCs extraídos apresentaram picos característicos de grupos fenólicos e ácidos orgânicos, demonstrando diferença nas intensidades das bandas de absorção do espectro. A análise da estabilidade oxidativa demonstrou um período de indução (PI) do LCC prensa de 8h40min, LCC Soxhlet de 10h35min e LCC técnico Industrial de 10h65min, todos abaixo do limite estabelecido pela ANP (12h). O LCC técnico extraído no laboratório obteve 11h12min de PI, próximo ao preconizado pela ANP, mostrando-se um promissor antioxidante natural. O cardanol apresentou resultado satisfatório com 25h22min, o dobro do que a ANP preconiza. Desta forma, o líquido da casca da castanha de caju demonstrou resultados importantes e promissores como antioxidante natural para o biodiesel.

**Palavras-chave:** Antioxidantes; biodiesel; LCC; Estabilidade Oxidativa.

## ABSTRACT

Biodiesel has been growing as an economic and environmentally advantageous fuel, as it has lower production costs and lower emission of greenhouse gases. However, biodiesel shows problems related to oxidation, due to its chemical composition. This affects its long-term storage and fuel quality, making antioxidant additives indispensable for inhibiting the oxidative process. These antioxidants can be of synthetic origin (petroleum derivatives) or natural (vegetable biomass). Therefore, the present work aims to extract and test antioxidants from cashew nut shell liquid (LCC) in the oxidative stabilization of biodiesel. Therefore, determinations of the ideal time of soxhlet and thermal extractions, FTIR analyzes and evaluation of the oxidative stability by Rancimat were carried out. Through FTIR analyzes, it was found that the 3rd cycle of extraction was sufficient to extract all the liquid, with an average yield of 30.0%. For the thermal extraction of the laboratory technical LCC, statistically the best extraction time was 60 minutes with 20.0% yield. The qualitative FTIR analyzes of the extracted LCCs showed characteristic peaks of phenolic groups and organic acids, showing differences in the intensities of the spectrum's absorption bands. The analysis of oxidative stability showed an induction period (PI) of the press LCC of 8h40min, the Soxhlet LCC of 10h35min and the Industrial technical LCC of 10h65min, all below the limit established by the ANP (12h). The technical LCC extracted in the laboratory obtained 11h12min of PI, close to that recommended by the ANP, proving to be a promising natural antioxidant. Cardanol showed satisfactory results with 25h22min, twice what the ANP recommends. In this way, the cashew nut shell liquid showed important and promising results as a natural antioxidant for biodiesel.

**Key words:** Antioxidants; biodiesel; LCC; Oxidative Stability.



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01:</b> Vantagens e desvantagens na produção e utilização do biodiesel. ....	17
<b>Tabela 02:</b> Especificações do biodiesel.....	21
<b>Tabela 03:</b> Instrumentação e regiões empregadas na aquisição dos espectros. ....	37
<b>Tabela 04:</b> Resultados dos tempos (min) dos ciclos de extração. ....	39
<b>Tabela 05:</b> Percentual de rendimento do LCC natural por Soxhlet .....	41
<b>Tabela 06:</b> Resumo da Análise de variância para três tempos de extração do LCC Técnico (60 min, 90 min, e 120 min).....	42
<b>Tabela 07:</b> Médias do teor do LCC Técnico Laboratorial, em três tempos de extração..	43
<b>Tabela 08:</b> Estabilidade oxidativa das amostras de biodiesel. ....	48

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> Principais matérias primas utilizadas no Brasil para produção de biodiesel boletim referente ao mês de dezembro 2019 – ANP.....	16
<b>Figura 02:</b> Fluxograma do processo de produção do biodiesel.....	18
<b>Figura 03:</b> Esquema geral da reação de transesterificação de triglicerídeos.....	19
<b>Figura 04:</b> Evolução do percentual do uso do biodiesel ao diesel fóssil.....	20
<b>Figura 05:</b> Esquema geral da autoxidação lipídica .....	24
<b>Figura 06:</b> Mecanismo de ação do antioxidante primário .....	25
<b>Figura 07:</b> Estrutura química dos antioxidantes sintéticos .....	26
<b>Figura 08:</b> Mecanismo de ação dos antioxidantes naturais.....	27
<b>Figura 09:</b> Caju, castanha e LCC. ....	28
<b>Figura 10:</b> Estruturas químicas dos ácidos anacárdico, cardanol, cardol e 2-metil-cardol. ....	29
<b>Figura 11:</b> Processo de descarboxilação do ácido anacárdico. ....	29
<b>Figura 12:</b> Mapa de localização da área de coletas de castanha de caju.....	31
<b>Figura 13:</b> LCC Técnico Industrial – Resibras. ....	32
<b>Figura 14:</b> Corte das castanhas e retiradas das amêndoas para obtenção das cascas.....	33
<b>Figura 15:</b> Castanha cortada ao meio (A) cortado em pedaços (B) e triturada (C). ....	33
<b>Figura 16:</b> Extração e separação do cardanol. ....	35
<b>Figura 17:</b> Extração térmica do LCC técnico. ....	35
<b>Figura 18:</b> Extração de cada ciclo e aquisição dos espectros por FTIR.....	37
<b>Figura 19:</b> Espectros FTIR do Hexano e dos ciclos de extração em comparativo com os espectros obtidos a partir do hexano. ....	40
<b>Figura 20:</b> Espectros de Infravermelho das frações obtidas por diferentes métodos.....	44
<b>Figura 21:</b> Comparativo entre a amostra de cardanol obtida por métodos laboratoriais (A) e cardanol purificado (B).....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
**ANP** – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis  
**ASTM** – *American Society for Testing and Materials*  
**BHA** - Butil-Hidroxianisol  
**BHT** - Butil-Hidroxitolueno  
°C – Grau Celsius  
**KOH** – Hidróxido de Potássio  
**L/h** – Litros por Hora  
**LCC** – Líquido da Castanha do Caju  
**NBR** – Normas Brasileiras  
**PG** – Propil-Galato  
**PI** – Período de Indução  
**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
**mg.L<sup>-1</sup>** – miligrama por litro  
**g** – Gramas  
**m** - massa  
**TBHQ** – Tert-Butil hydroquinona  
**UFT** – Universidade Federal do Tocantins  
**GEE** – Gases de Efeito Estufa  
**ISO** - International Organization for Standardization  
**CEN** - European committee for standardization  
**FTIR** - Infravermelho com Transformada de Fourier  
% - Percentagem  
**DTGS** – Detector com Resfriamento Termoelétrico  
**cm<sup>-1</sup>** – Centímetro  
**CONAB** - Companhia Nacional de Abastecimento  
**LAPEQ** - Laboratório de pesquisa em Química Ambiental e de Biocombustíveis

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
2.1.    Objetivo Geral .....	13
2.2.    Objetivos específicos.....	13
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
3.1.    Biodiesel.....	14
3.1.2.    Processos de produção de biodiesel.....	17
3.1.3.    ANP: Especificações de qualidade de biodiesel .....	19
3.2.    Oxidação e estabilidade oxidativa do biodiesel .....	22
3.2.1.    Antioxidantes sintéticos e naturais aplicados no biodiesel .....	25
3.3.    Antioxidantes a base de líquidos da castanha de caju – LCC .....	28
<b>4. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS .....</b>	<b>30</b>
4.1.    Fluxograma - Etapas dos processos de obtenção dos líquidos da casca de castanha de caju.....	31
4.2.    Obtenção das Amostras .....	30
4.3.    Reagente e Materiais utilizados.....	32
4.4.    Preparo da amostra para a extração dos LCCs.....	32
4.4.    Extrações do líquido da casca da castanha de caju .....	34
4.4.1.    Extração do LCC natural por Soxhlet e extração do LCC natural por prensa.....	34
4.4.2.    Extração do cardanol.....	34
4.4.3.    Extração do LCC Técnico Laboratorial .....	35
4.5.    Determinação gravimétrica do rendimento do LCC natural e técnico laboratorial .....	36
4.6.    Determinação do tempo de extração dos LCC natural por soxhlet e LCC técnico laboratorial .....	36
4.6.1    Tempo de Extração do LCC Natural por Soxhlet. ....	36
4.6.2    Tempo de Extração do LCC Técnico Laboratorial.....	37
4.7.    Determinação qualitativa do LCC natural, técnicos e cardanol por FTIR .....	38
4.8.    Determinação do período de indução do LCCS pelo método Rancimat.....	38
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>39</b>

5.1.	Determinação do Tempo e Rendimento de Extração do LCC Natural por Soxhlet.....	39
5.2.	Determinação do Tempo e Rendimento de Extração do LCC Técnico .....	42
5.3.	Resultados Qualitativos dos LCCs por FTIR.....	43
5.4.	Uso dos LCCs como Antioxidante.....	48
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>72</b>