



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

DOUTORADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

TITO FRANCISCO IANDA

AVALIAÇÃO TECNO-ECONÔMICA-AMBIENTAL-SOCIAL
DE BIORREFINARIAS MODULARES EM GUINÉ-BISSAU



Salvador
2023



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL – PEI
TESE DE DOUTORADO**

TITO FRANCISCO IANDA

**AVALIAÇÃO TECNO-ECONÔMICA-AMBIENTAL-SOCIAL DE
BIORREFINARIAS MODULARES EM GUINÉ-BISSAU**

Salvador
2023

TITO FRANCISCO IANDA

**Avaliação Tecno-econômica-Ambiental-Social de
biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo de Araújo Kalid
Coorientador: Prof. Dr. Fernando Luiz Pellegrini
Pessoa

Banca Avaliadora

Dr. Ricardo de Araújo Kalid – Presidente da Banca

Dr. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa – SENAI/CIMATEC

Dr. Alex Álisson Bandeira Santos – SENAI/CIMATEC

Dr. Antônio Domingos Padula – PPGA/UFRGS

Dr. Eduardo Mach Queiroz – UFRJ

Dra. Elaine Christine de Magalhães Cabral – PEI/UFBA

Salvador
2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Francisco Ianda, Tito

Avaliação Tecno-econômica-Ambiental-Social de
biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau / Tito
Francisco Ianda. -- Salvador, 2023.
203 f.

Orientador: Ricardo de Araújo Kalid.

Coorientador: Fernando Luiz Pellegrini Pessoa.
Tese (Doutorado - Engenharia Industrial) --
Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica da
UFBA, 2023.

1. Biorrefinarias modulares. 2. Óleo de palma; óleo
de mamona; óleo de rícinos. 3. Viabilidade Tecno-
econômica e Socioambiental. 4. Busca patentária. 5.
Avaliação da incerteza. I. de Araújo Kalid, Ricardo.
II. Luiz Pellegrini Pessoa, Fernando. III. Título.

AVALIAÇÃO TECNO-ECONÔMICA-AMBIENTAL-SOCIAL DE BIORREFINARIAS MODULARES EM GUINÉ-BISSAU

TITO FRANCISCO IANDA

Tese submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de doutor em Engenharia Industrial.

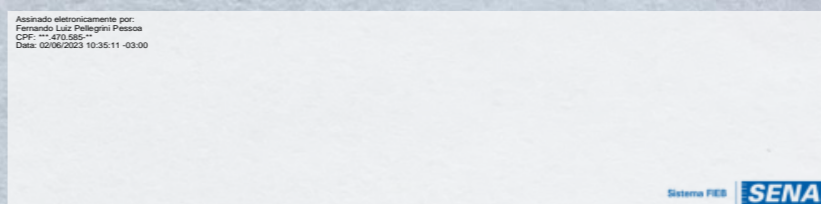
Examinada por:

Prof. Dr. Ricardo de Araújo Kalid



Doutor em Engenharia Química, pela Universidade de São Paulo, Brasil, 1999.

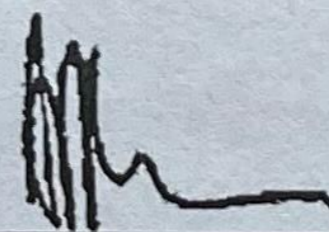
Prof. Dr. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa



Assinado eletronicamente por:
Fernando Luiz Pellegrini Pessoa
CPF: 000.000.000-00
Data: 05/05/2023 13:55:11 -0300

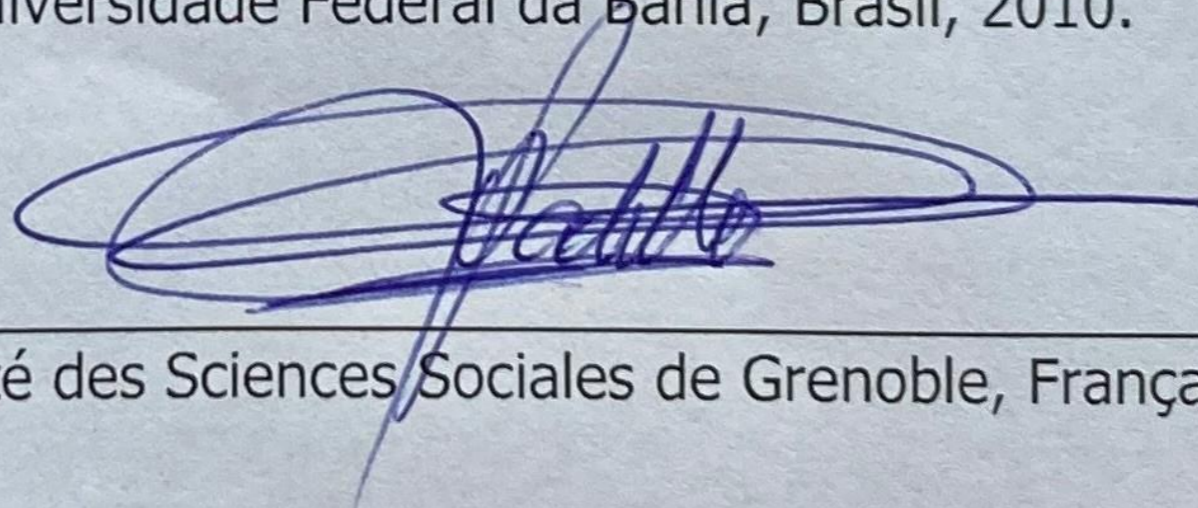
Doutor em Engenharia Química, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 1992.

Prof. Dr. Alex Álisson Bandeira Santos



Doutor em Energia e Ambiente, pela Universidade Federal da Bahia, Brasil, 2010.

Prof. Dr. Antônio Domingos Padula



Doutor em Administração pela Université des Sciences Sociales de Grenoble, França, 1991.

Documento assinado digitalmente

gov.br

EDUARDO MACH QUEIROZ

Data: 05/05/2023 13:55:00-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Eduardo Mach Queiroz

Doutor em Engenharia Química, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 1990.

Documento assinado digitalmente

gov.br

ELAINE CHRISTINE DE MAGALHAES CABRAL

Data: 05/05/2023 17:54:56-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Elaine Christine de Magalhães Cabral Albuquerque

Doutora em Engenharia Química, pela Universidade Estadual de Campinas, Brasil, 2005.

Salvador, BA – BRASIL
Maio/2023

Dedicatória

*Aos meus familiares, pelo apoio incessante
e encorajamento nesta jornada.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me concedido saúde e proteção para concretizar este trabalho.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Ricardo de Araújo Kalid e Prof. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, que foram incansáveis em orientações durante todas as fases do desenvolvimento desta pesquisa, especialmente pela confiança e o apoio para tornar possível o meu doutoramento. Sendo assim, representam figuras importantes no desenvolvimento deste estudo.

Em nome dos meus orientadores, estendo a minha gratidão a todos os integrantes da banca avaliadora de qualificação do projeto de pesquisa que contribuíram com o alinhamento da metodologia aplicada para alcançar os objetivos propostos nesta pesquisa.

Agradeço aos professores e servidores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial (PEI), que deram grandes contribuições na minha formação acadêmica.

Agradeço aos meus familiares, especialmente à minha esposa pelo apoio emocional e encorajamento em todas as fases desta trajetória acadêmica.

Meus agradecimentos se estendem também aos amigos e colegas discentes do PEI pela parceria e colaboração no desenvolvimento de trabalhos acadêmicos ao longo do curso e na elaboração de artigos científicos.

Finalmente, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento desta pesquisa de doutorado, ao Governo Brasileiro e à Universidade Federal da Bahia, que me proporcionaram a oportunidade para o desenvolvimento desta pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

RESUMO

Biorrefinarias modulares são indústrias promissoras para diversificação da economia de países em desenvolvimento e redução da dependência externa de insumos produtivos. Esta pesquisa teve como objetivo, avaliar a viabilidade tecno-econômica, ambiental e social de biorrefinarias modulares para produção de insumos de alto valor agregado para a indústria farmacêutica, cosmética ou alimentícia em Guiné-Bissau, a partir de beneficiamento dos cachos de frutos frescos de dendê (CFF) e sementes da mamona descascadas. Para alcançar o objetivo proposto, a metodologia empregada conta com um modelo de otimização multidimensional multicritério construído para avaliar a sustentabilidade de biorrefinarias propostas e apoiar a tomada de decisão. Os produtos de CFF avaliados foram o óleo bruto, óleo refinado, óleo de palmiste e estearina; enquanto aqueles de mamona foram o óleo bruto, óleo refinado e estearina. Para atender os mercados regionais com os referidos produtos, foi proposta a instalação de sete biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau. Os dados foram obtidos em fontes secundárias e compilados em linguagem de programação Python[®]. A incerteza dos dados foi avaliada a partir da Matriz Pedigree e sua variabilidade por meio das Simulações de Monte Carlo. Foi estimada a disponibilidade de $3,66 \times 10^5$ t ano⁻¹ de CFF e $1,8 \times 10^4$ t ano⁻¹ de sementes de mamona. A solução do modelo multidimensional indicou a quantidade ótima a produzir de cada produto de modo a alcançar um lucro bruto de $5,03 \times 10^8$ US\$ ano⁻¹ no cenário otimizado. As emissões de GEE no beneficiamento das matérias-primas no cenário base foram de $1,75 \times 10^8$ kg CO₂eq ano⁻¹, enquanto no cenário otimizado foi de $2,40 \times 10^8$ kg CO₂eq ano⁻¹. Esta diferença, no entanto, está dentro da faixa de incerteza de informações da avaliação ambiental. A geração de empregos no cenário base é de $1,24 \times 10^5$ empregos por ano e no cenário otimizado é de $1,80 \times 10^5$ empregos por ano. Há um *trade-off* entre a maximização do lucro e minimização das emissões de GEE. Ao maximizar o lucro, as emissões de GEE aumentam em 148 %, e ao minimizar as emissões de GEE, o lucro bruto diminui em 82 %. Finalmente, foram simulados diferentes cenários de compensação do crédito de carbono com as emissões excedentes de GEE ao maximizar o lucro bruto a um custo de 0,03 US\$/(kg⁻¹ CO₂), 0,10 US\$/(kg⁻¹ CO₂) e compensação total de todas as emissões de GEE geradas, os quais indicaram um impacto de 0,86 %, 2,86 % e 4,77 % do lucro bruto, respectivamente. Assim, é possível compensar todo o crédito de carbono inicialmente para viabilizar as operações de biorrefinarias propostas. A análise de viabilidade econômico-financeira permitiu verificar que o projeto é viável, pois o Valor Presente Líquido é $5,68 \times 10^7$ US\$ a uma Taxa Mínima de Atratividade anual de 20 %, Taxa Interna de Retorno igual a 39 % e prazo para o Retorno de Investimento Inicial (*Payback* Simples e *Payback* Descontado), é de 2,56 anos e 3,95 anos, respectivamente.

Palavras-chave: Biorrefinarias modulares. Óleo de palma. Óleo de mamona. Óleo de rícinos. Viabilidade Tecno-econômica e Socioambiental. Busca patentária. Avaliação da incerteza. Guiné-Bissau.

ABSTRACT

Modular biorefineries are promising industries for diversifying developing countries' economies and reducing external dependence on productive inputs. This research aimed to evaluate the techno-economic, environmental, and social viability of modular biorefineries for the production of inputs with high added value for the pharmaceutical, cosmetic, or food industry in Guinea-Bissau, from the processing of Fresh Fruit Bunches of palm oil (FFB) and peeled castor bean seeds. The methodology employed to achieve the proposed objective relies on a multi-criteria multidimensional optimization model built to assess the sustainability of proposed biorefineries and support decision-making. The FFB products evaluated were crude oil, refined oil, palm kernel oil, and stearin; while those from castor oil were crude oil, refined oil, and stearin. In order to serve regional markets with these products, the installation of seven modular biorefineries in Guinea-Bissau was proposed. Data were obtained from secondary sources and compiled in the Python[®] programming language. Data uncertainty was evaluated from the Pedigree Matrix and its variability through Monte Carlo Simulations. Availability of 3.66×10^5 t year⁻¹ of FFB and 1.8×10^4 t year⁻¹ of castor bean seeds was estimated. The solution of the multidimensional model indicated the optimal quantity of each product to be produced in order to reach a gross profit of 5.03×10^8 US\$ year⁻¹ in the optimized scenario. GHG emissions from the processing of raw materials in the base scenario were 1.75×10^8 kg CO₂eq year⁻¹, while in the optimized scenario it was 2.40×10^8 kg CO₂eq year⁻¹. This difference, however, is within the uncertainty range of environmental assessment information. The generation of jobs in the base scenario is 1.24×10^5 jobs per year; in the optimized scenario, it is 1.80×10^5 jobs per year. There is a trade-off between maximizing profit and minimizing GHG emissions. By maximizing profit, GHG emissions increase by 148 %, and by minimizing GHG emissions, gross profit decreases by 82 %. Finally, different carbon credit compensation scenarios were simulated with excess GHG emissions by maximizing gross profit at a cost of 0.03 US\$/(kg⁻¹ CO₂), 0.10 US\$/(kg⁻¹ CO₂) and total compensation of all GHG emissions generated, which indicated an impact of 0.86 %, 2.86 % and 4.77 % of gross profit, respectively. The economic-financial feasibility analysis made it possible to verify that the project is viable since the Net Present Value is 5.68×10^7 US\$, the Minimum annual Attractiveness Rate of 20 %, the Internal Rate of Return is equal to 39 %, and the deadline for return on the initial investment (Simple Payback and Discounted Payback), is 2.56 years and 3.95 years, respectively.

Keywords: Modular biorefineries. Palm oil. Castor oil. Ricinus oil. Techno-economic and Socio-environmental feasibility. Patent search. Uncertainty assessment. Guinea-Bissau.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estrutura da tese.....	12
Figura 2 - Esquema geral de uma biorrefinaria	18
Figura 3 - Produções científicas sobre biorrefinarias (2008 a 2020)	23
Figura 4 - Novos mercados e redes baseados em bioprodutos de maior valor agregado	25
Figura 5 - Modelo de biorrefinaria modular	29
Figura 6 - Esquema de funcionamento de biorrefinaria modular.....	30
Figura 7 - Localização dos países da África Ocidental e emissões de CO ₂ por ano.....	32
Figura 8 - Fluxograma do processo de extração do óleo de mamona	36
Figura 9 - Fluxograma do processo de refino de óleo de mamona	37
Figura 10 - Fluxograma do processo de extração de óleo de palma.....	41
Figura 11 - Evolução das produções científicas sobre avaliação ambiental da biorrefinaria	53
Figura 12 - Fluxo de processo de avaliação ambiental de biorrefinarias.....	54
Figura 13 - Esquema básico de alocação de massa e energia	55
Figura 14 - Integração do Modelo de Prasara-A et al. (2019) e Modelo de Partição com ACV	57
Figura 15 - Evolução da produção científica sobre avaliação social da biorrefinaria	58
Figura 16 - Etapas do procedimento metodológico deste trabalho	64
Figura 17 - Sistema de produção e uma biorrefinaria.	65
Figura 18 - Localização geográfica dos locais de instalação de biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau.....	76
Figura 19 - Escritório de primeiro arquivamento de patente na categoria produção de óleo de palma.....	85
Figura 20 - Escritório de primeiro arquivamento de patente na categoria aplicação dos resíduos	86
Figura 21 - Contagem das famílias de patentes por subcategorias de produção de óleo de palma desde 1970.....	87
Figura 22 - Os requerentes mais ativos na subcategoria de extração/prensagem de óleo, desde 1995.....	88
Figura 23 - Os requerentes mais ativos na subcategoria de refino de óleo, desde 1995	88
Figura 24 - Distribuição de países mais ativos no depósito de patentes de óleo de rícinos entre 2013 e 2022.....	90
Figura 25 - Distribuição de família de patentes de óleo de rícinos	91
Figura 26 - Requerentes mais ativos de patentes de produção de óleo de rícinos	93
Figura 27- Pequena biorrefinaria de produção de óleo vegetal.....	94
Figura 28 - Custos de transporte das matérias-primas para biorrefinarias de beneficiamento.	95
Figura 29 - Otimização da rota de transporte das fazendas de produção dos CFF e mamona, e destinação dos produtos às biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau ...	100
Figura 30 - Localização das biorrefinarias modulares e rota de transporte para beneficiamento dos CFF e sementes de mamona em Guiné-Bissau.....	101
Figura 31 - Comparativo dos resultados do cenário base e otimizado da maximização	

do lucro bruto de beneficiamento da palma de dendê e mamona.....	104
Figura 32 - Comparativo da receita, custo, emissões de CO ₂ eq e empregos gerados do cenário base e otimização com a maximização do lucro bruto	105
Figura 33 - Comparativo dos resultados da maximização do lucro e minimização de emissões de GEE no cenário otimizado.....	107
Figura 34 - Comparativo dos resultados da maximização do lucro, minimização de emissões de GEE no cenário otimizado e compensação do crédito de carbono	108
Figura 35 - Representação gráfica do fluxo de caixa	115
Figura 36 - Cadeia de suprimento da palma de dendê e mamona em Guiné-Bissau ..	124
Figura 37 - Distribuição de frequência da incerteza do Lucro Bruto	171
Figura 38 - Valor médio e incerteza do lucro bruto.....	172
Figura 39 - Distribuição de frequência da incerteza das emissões de GEE.....	173
Figura 40 - Valor médio e incerteza da emissão de GEE.....	174
Figura 41 - Distribuição de frequência da incerteza de empregos gerados	175
Figura 42 - Valor médio e incerteza de empregos gerados.....	176
Figura 43 - Distribuição de tamanho de família de patentes	177
Figura 44 - Distribuição de grandes famílias (tamanho >10) entre tecnologias.....	177
Figura 45 - Contagem de famílias e contagens de pedidos de duas categorias principais, dos últimos 20 anos (1995-2015).....	178
Figura 46 - Distribuição de patentes de óleo de rícinos por ano	178
Figura 47 - Depósito anual de patentes de óleo de rícinos por país	179
Figura 48 - Concessão de patentes por família de produtos.....	181
Figura 49 - Distribuição da família de patentes entre os resíduos.....	182
Figura 50 - Distribuição da família de patentes entre as tecnologias de exploração de fibra de palma. Os números indicam a contagem da família de patentes.	182
Figura 51 - Distribuição da família de patentes entre as tecnologias de exploração de efluentes da fábrica de óleo de palma (POME). Os números indicam a contagem da família de patentes.	183
Figura 52 - Os requerentes mais ativos na subcategoria de sementes avançadas	183
Figura 53 - Os requerentes mais ativos na subcategoria Semeadura e cultivo da palma de dendê, desde 1995.....	184
Figura 54 - Balança Comercial da Guiné-Bissau entre 2017 e 2021.....	185
Figura 55 - Importações de mercadorias na Guiné-Bissau por grupos de produtos entre 2017 e 2021	186
Figura 56 - Estrutura das Importações entre 2020 e 2021 em %.....	186
Figura 57 - Principais produtos importados pela Guiné-Bissau por Grupos de Produtos desagregados a dois dígitos entre 2020 e 2021.....	187
Figura 58- Exportações de mercadorias da Guiné-Bissau por grupos de produtos entre 2017 e 2021	189
Figura 59- Estrutura das Exportações entre 2020 e 2021 em %.....	189
Figura 60 - Principais mercados de importação e exportação de mercadorias da Guiné-Bissau em 2018.....	190

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Propriedades físico-químicas de óleo de mamona e palma.....	43
Quadro 2 - Aplicações da palma de dendê e mamona na indústria farmacêutica.....	45
Quadro 3 - Aplicações da palma de dendê e mamona na indústria cosmética.....	47
Quadro 4 - Aplicações da palma de dendê e mamona na indústria alimentícia, agricultura e agropecuária.....	48
Quadro 5 - Impactos sociais da biorrefinaria às partes interessadas.....	60
Quadro 6 - Classificação de pesquisas quanto aos objetivos gerais.....	63
Quadro 7 - Matriz Pedigree de qualidade dos dados elaborada pelo pesquisador Diego Lima Medeiros (Rede de Tecnologias Limpas - TECLIM, Universidade Federal da Bahia – UFBA).....	79
Quadro 8- Descrição de família de patentes de óleo de rícinos com frequência nos últimos 10 anos.....	92
Quadro 9 - Dimensões de análise da produção, beneficiamento, comercialização e marketing dos produtos provenientes da palma de dendê e mamona em Guiné-Bissau.....	122
Quadro 10 - Dimensões de análise da produção, beneficiamento, comercialização e marketing dos produtos provenientes da palma de dendê e mamona em Guiné-Bissau (continuação).....	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais informações encontradas na literatura sobre avaliação tecno-econômica de biorrefinaria	22
Tabela 2 - Comparação do teor de celulose, hemicelulose, lignina e cinzas nos principais resíduos agrícolas (% p/p em base seca)	26
Tabela 3 - Características dos resíduos agrícolas orgânicos (RAO) com interesse energético primário.....	27
Tabela 4 - Aplicações dos derivados da mamona na indústria de transformação.....	35
Tabela 5 - Principais produtores de óleo bruto da mamona.....	38
Tabela 6 - Aplicações dos derivados de palma de dendê por tipo de indústria.....	40
Tabela 7 - Principais produtores de óleo de dendê /(1000 t).....	42
Tabela 8 - Distâncias entre as fazendas e biorrefinarias e quantidade ofertada de matéria-prima (palma e mamona)	68
Tabela 9 - Pegada de carbono unitária por produto da biorrefinaria modular avaliada ..	71
Tabela 10 - Unidade de empregos diretos por unidade de produto	72
Tabela 11 - Parâmetros de rendimento e custos de beneficiamento dos CFF de palma de dendê e sementes descascadas de mamona	74
Tabela 12 - Preço de venda de produtos do beneficiamento de CFF da palma de dendê e sementes descascadas de mamona	77
Tabela 13 - Caracterização da incerteza dos parâmetros dos indicadores finais.....	78
Tabela 14 - Solução ótima do problema de transporte balanceado das matérias-primas para zonas de localização das biorrefinarias (em toneladas).....	97
Tabela 15 - Estimativa inicial de cada produto do beneficiamento das matérias-primas a partir de coeficientes de rendimento	103
Tabela 16 - Solução da otimização da função objetivo tecno-econômica, ambiental e social.....	106
Tabela 17- Custo de investimento inicial.....	111
Tabela 18 - Custos e despesas operacionais.....	112
Tabela 19 - Receita bruta e custo operacional total	113
Tabela 20 - Apuração do fluxo de caixa	114
Tabela 21 - Indicadores de viabilidade econômico-financeira	116
Tabela 22 - Estimativa de sequestro de carbono da cultura de dendê.....	117
Tabela 23 - Potencial energético de óleo de palma na geração de empregos diretos no campo	118
Tabela 24 - Potencial energético de óleo bruto de mamona e geração de emprego ...	119
Tabela 25 - Principais cooperativas que atuam no setor agrícola na Guiné-Bissau.....	125
Tabela 26 - Principais cooperativas que atuam no setor agrícola na Guiné-Bissau (continuação da Tabela anterior).....	126
Tabela 27 - Custo de transporte das matérias-primas para as biorrefinarias avaliadas	157
Tabela 28 - Produção de CFF dendê e de mamona em Guiné-Bissau.....	158
Tabela 29 - Custos de beneficiamento de CFF e mamona, e preço de venda	168
Tabela 30 - Empregos gerados na produção da palma e mamona (por ano).	169
Tabela 31 - Capacidade de Produção de óleo de palma na Guiné-Bissau (2016 a 2019)	170

Tabela 32 - Requerentes mais ativos na produção de óleo de palma desde 1995.....	180
Tabela 33 - Requerentes mais ativos em tratamento e exploração de resíduos.....	181

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	Problema da pesquisa	8
1.2	Objetivos.....	10
1.2.1	Objetivo Geral	10
1.2.2	Objetivos Específicos.....	11
1.3	Estrutura da Tese.....	12
1.4	Justificativa	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Biorrefinarias.....	16
2.1.1	Classificação das biorrefinarias	18
2.1.2	Evolução das biorrefinarias	20
2.1.3	Estrutura de valor dos produtos da biorrefinaria	24
2.2	Biorrefinarias na África Subsaariana	27
2.3	Biorrefinarias Modulares.....	28
2.3.1	Biorrefinaria na África Ocidental	31
2.4	Mamona	33
2.5	Palma de Dendê	38
2.6	Princípios ativos de Óleo de Mamona e de Dendê	42
2.6.1	Indústria farmacêutica.....	44
2.6.2	Indústria cosmética	45
2.6.3	Indústria alimentícia	47
2.7	Avaliação Tecno-Econômica-Ambiental-Social da Biorrefinaria.....	49
2.7.1	Avaliação tecno-econômica de biorrefinaria.....	49
2.7.2	Avaliação ambiental de biorrefinaria.....	52
2.7.3	Avaliação social de biorrefinaria	58
2.8	Avaliação das incertezas de medição para propagação dos resultados da pesquisa	61
3	MATERIAIS E MÉTODOS	63
3.1	Modelo da pesquisa proposta	64
3.1.1	Definição do sistema de biorrefinaria	65
3.2	Modelagem	65

3.2.1	Modelo de Avaliação Tecno-econômica	66
3.2.2	Modelo de Avaliação Ambiental	70
3.2.3	Modelo de Avaliação Social	72
3.2.4	Restrições do modelo.....	73
3.3	Coleta de dados	75
3.4	Caracterização da incerteza.....	77
3.5	Simulação, visualização e análise dos resultados	81
3.6	Delimitações dos modelos da pesquisa	81
4	RESULTADOS	84
4.1	Avaliação Técnica de Biorrefinarias Modulares.....	84
4.1.1	Busca Patentária.....	84
4.1.2	Patentes da produção do óleo de palma, óleo de palmiste e tratamento de resíduos.....	85
4.1.3	Patentes da produção do óleo de mamona e refino de óleo de mamona	89
4.2	Avaliação Econômica	94
4.2.1	Estudo de viabilidade econômico-financeira	110
4.3	Avaliação Ambiental	116
4.3.1	Balço energético da palma de dendê e mamona	117
4.4	Avaliação Social.....	119
4.5	Cadeia produtiva da palma de dendê e mamona	124
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	127
5.1	Beneficiamento dos CFF e Sementes de mamona	129
5.2	Oportunidades e Desafios.....	132
5.3	Mercado Exterior da Guiné-Bissau	134
6	CONCLUSÕES.....	136
6.1	Sugestões para Pesquisas Futuras	139
6.2	Contribuições desta Pesquisa.....	140
	REFERÊNCIAS.....	142
	APÊNDICE A	157
	APÊNDICE B	158
	APÊNDICE C	159

APÊNDICE D	168
APÊNDICE E	169
APÊNDICE F	170
APÊNDICE I	171
ANEXOS	185

1 INTRODUÇÃO

As biorrefinarias modulares são promissoras para diversificar a economia de países em desenvolvimento como a Guiné-Bissau, onde o setor primário contribui com mais de 50 % do Produto Interno Bruto (PIB) e absorve maior parcela da mão de obra da População Economicamente Ativa (PEA) na produção agrícola e extrativista (BAD, 2018). Entende-se por biorrefinarias modulares, os sistemas de produção com capacidade de absorver várias entradas das matérias-primas orgânicas e diferentes biomassas, transformando-as em bioprodutos e coprodutos, como bioenergia e biomateriais (FLETCHER; ADEBOYE; DUEDU, 2017).

Os sistemas de biorrefino sempre existiram na indústria produtiva, porém a crescente preocupação da humanidade com o aquecimento global e impactos socioambientais de produção linear impulsionou a comunidade científica no desenvolvimento de biorrefinarias de beneficiamento de materiais orgânicos para fabricação de grande variedade de bioprodutos com aplicações industriais (GHEEWALA *et al.*, 2022). No entanto, a maioria das biorrefinarias em operação está focada na produção de bioenergia devido ao domínio da tecnologia de conversão das matérias-primas e biomassas orgânicas em biocombustíveis líquidos e biogás, limitando a capacidade da produção desse sistema industrial (IANDA *et al.*, 2020).

Nessa perspectiva, esta pesquisa se propõe a apresentar uma proposta de um modelo de biorrefinaria modular que permite fabricar insumos de alto valor agregado para a indústria farmacêutica, cosmética e alimentícia a partir de beneficiamento dos cachos de frutos frescos da palma de dendê (CFF) e sementes de mamona em Guiné-Bissau. O diferencial desse modelo de biorrefinaria está na produção de diferentes produtos a partir de diferentes entradas de matérias-primas no sistema produtivo, garantindo maior flexibilidade na programação da produção. Já as biorrefinarias tradicionais são focadas no beneficiamento de uma única matéria-prima como ocorre na indústria sucroalcooleira e nas biorrefinarias oleoquímicas de produção de biodiesel.

Na Guiné-Bissau, a agricultura desempenha um papel crucial para a subsistência das famílias e representa a principal fonte de renda, essencialmente da população residente na zona rural. As culturas agrícolas praticadas naquele país incluem palma de dendê, grãos de vários tipos, mandioca, batata doce e castanha de caju, para citar

algumas. Porém o histórico recente da Guiné-Bissau demonstrou que a quantidade colhida de grãos permanece abaixo da demanda necessária, o que afeta imensamente a renda das famílias, que passam a comercializar produtos de origem agropecuária e agroflorestal a baixos preços para aquisição de alimentos e satisfação das necessidades básicas (OEC, 2020). No entanto, a Guiné-Bissau dispõe de uma grande variedade de matérias-primas orgânicas (agroecológicas, agrícolas, florestais e agropecuárias) com potencial de beneficiamento em biorrefinarias modulares, especialmente a palma de dendê e mamona que não possuem indústria de beneficiamento (FLETCHER; ADEBOYE; DUEDU, 2017; MULDER *et al.*, 2016).

Nesse contexto, a instalação de biorrefinarias modulares para beneficiamento dos CFF e mamona em Guiné-Bissau pode melhorar o padrão da produção industrial, reduzir a necessidade de comercialização de produtos de baixo valor agregado, promover a industrialização das matérias orgânicas, além de desenvolver cadeia de valor para a indústria farmacêutica, cosmética e alimentícia fortemente dependente de insumos provenientes do mercado externo (CAVALCANTE; ÁVILA; SILVA, 2014; HUGOS, 2011). As biorrefinarias modulares também podem diversificar a economia guineense, atualmente baseada na monocultura de caju (WORLD BANK GROUP, 2019).

Entretanto, para propor a instalação de biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau, é necessário avaliar seu impacto tecno-econômico, ambiental e social para assegurar a sustentabilidade desse empreendimento naquele país da África, a fim de garantir melhor acolhimento pelas comunidades locais, engajamento das autoridades governamentais e das organizações da sociedade civil.

Nessa perspectiva, foi realizada uma avaliação tecno-econômica, ambiental e social de biorrefinarias modulares com capacidade de produzir insumos de alto valor agregado para a indústria farmacêutica alimentícia e cosmética a partir de beneficiamento dos CFF e sementes de mamona descascadas de origem agroecológica e agroflorestal em Guiné-Bissau. Para alcançar essa finalidade, a pesquisa está estruturada em nove partes, conforme esquematizada na seção **1.3** deste estudo. A seguir, é apresentada a problemática que norteia o desenvolvimento desta pesquisa.

1.1 Problema da pesquisa

A base econômica da Guiné-Bissau apresenta enorme dependência da monocultura de caju, sendo responsável por mais de 90 % das exportações e gera ociosidade da mão de obra no período entressafra (BECKER, 2003). Além disso, o setor primário da economia guineense contribui com mais de 50 % do PIB (INDEX MUNDI, 2020; OEC, 2020), enquanto na África Subsaariana (SSA), essa proporção é de 14 % (WORLD BANK GROUP, 2021). Nesse sentido, o sistema de biorrefinaria modular representa uma grande oportunidade para diversificar a economia da Guiné-Bissau, promover a geração de emprego e renda e reduzir a disparidade social no âmbito regional.

De acordo com os dados da Faostat (2021), as principais culturas agrícolas comestíveis praticadas na Guiné-Bissau são a castanha de caju, palma de dendê, arroz, mandioca, milheto (*Pennisetum typhoides*), amendoim e sorgo, para citar algumas. Essas culturas representam a base da dieta alimentar guineense, e grande parte da produção é realizada manualmente com baixa produtividade e absorvida para subsistência das famílias, com exceção da castanha de caju, que é comercializada (*in natura*) no mercado internacional (GASPARATOS *et al.*, 2015; OEC, 2020). Já a cultura de pinhão manso e mamona são largamente praticadas em Guiné-Bissau, porém sem valor econômico, são plantados essencialmente para a proteção das lavouras e demarcação de limites das propriedades de terra. Além disso, a planta orgânica da mamona e o pinhão manso estão disponíveis em diversas áreas de terra em Guiné-Bissau.

Todavia, vale destacar que as referidas plantas possuem grande potencial de beneficiamento para fabricação de insumos de alto valor agregado em biorrefinarias modulares (como essências de óleos, fertilizantes orgânicos, velas, sabão, sabonetes, batom, lubrificantes, líquidos para indústria mecânica, entre outros). No entanto, essas matérias-primas não são absorvidas pelas indústrias locais devido à falta de tecnologias de processamento e ecossistema estruturado para fomentar o investimento de agentes econômicos nesse segmento. A instalação de empreendimentos para beneficiamento das matérias-primas mencionadas pode impulsionar o desenvolvimento da cadeia produtiva da indústria farmacêutica, cosmética e alimentícia em Guiné-Bissau, além de

gerar outros impactos sociais e ambientais positivos como a redução do desmatamento, a redução das emissões de GEE e promover a inclusão social (HERNÁNDEZ-CHAVERRI; BUENROSTRO-FIGUEROA; PRADO-BARRAGÁN, 2021).

As biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau têm grande potencial para promover o desenvolvimento, impulsionar a bioeconomia, agregar valor às matérias-primas agroecológicas, agroflorestal e biomassas orgânicas disponíveis (FLETCHER; ADEBOYE; DUEDU, 2017; KAMM; KAMM, 2004). Além disso, as matérias-primas agroecológicas também podem ser convertidas em bioenergia, mas devido aos impactos ambientais associados à pegada hídrica, à competição com os alimentos, aos preços competitivos dos combustíveis convencionais, à concentração de renda e à competição entre uso da terra para alimentos ou combustível, essa prática é desencorajada em países da África Subsaariana que não dispõem de grandes extensões de terras com aptidões agrícolas (COTULA, 2011; KUMAR *et al.*, 2020).

Nesse contexto, o desafio desta pesquisa consiste em avaliar a viabilidade tecno-econômica, ambiental e social de biorrefinarias modulares adequadas ao beneficiamento das matérias-primas agroecológicas e das biomassas orgânicas disponíveis em Guiné-Bissau, para produzir insumos de alto valor agregado nas aplicações industriais (BECKER, 2003). Além disso, é importante assegurar o engajamento das autoridades locais em todas as instâncias do governo (provincial, regional e setorial), a fim de garantir melhor acolhimento dessa bioindústria naquele país da África (CADENA *et al.*, 2019; CARDOSO *et al.*, 2018). Esse aspecto é amplamente defendido na teoria do desenvolvimento regional proposta por Becker (2003), e amparada na literatura científica sobre a transferência de tecnologia (COSTA; CUNHA, 2001; LIMA, 2004).

Outro fator importante a ressaltar nesta pesquisa está associado ao dimensionamento dos parâmetros de análise na avaliação tecno-econômica, ambiental e social a partir de dados confiáveis dos sistemas de biorrefino modulares. Uma vez que, os dados coletados em fontes secundárias podem ter incertezas, estas devem ser consideradas nos valores de saída do modelo de otimização construído durante a pesquisa. Nesse contexto, a avaliação da incerteza é de extrema relevância para tomada de decisão multicritério mais sustentável em biorrefinarias modulares na Guiné-

Bissau (MENDES; KALID; ESQUERRE, 2011; RIBEIRO, C.F. COSTA.; MEIRA, RL., MARTINS, MAF., KALID, 2018). Além disso, pesquisas realizadas em diferentes fontes bibliométricas demonstraram que a maioria dos trabalhos científicos sobre o tema não considera avaliação das incertezas, o que pode comprometer os resultados e, conseqüentemente, a tomada de decisão. Nesse sentido, o presente estudo introduz a avaliação da incerteza a partir de parâmetros de indicadores finais utilizados no modelo construído para avaliar a viabilidade tecno-econômica, ambiental e social de biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau.

Diante do exposto, esta pesquisa se propõe a responder a seguinte pergunta: *“Qual a viabilidade tecno-econômica, ambiental e social de biorrefinarias modulares com capacidade de produzir insumos de alto valor agregado para aplicações da indústria farmacêutica, cosmética e alimentícia em Guiné-Bissau a partir de beneficiamento dos CFF e sementes de mamona descascadas?”*

Para responder a essa pergunta é necessário desenvolver um modelo matemático que permita avaliar os impactos ambientais, econômicos e sociais de cada produto proveniente de beneficiamento dos CFF e mamona, identificar a quantidade de emissões de GEE geradas com o uso das matérias-primas agroecológicas; quantidade de empregos diretos gerados na cadeia produtiva e renda; Custo de Investimento Inicial (CAPEX) e Operacional (OPEX) de biorrefinarias modulares; Valor Presente Líquido (VPL); Taxa Interna de Retorno (TIR); prazo até o retorno sobre investimento inicial (*Payback* Simples e Descontado); e prospecção tecnológica de beneficiamento dos CFF e mamona.

Esta pesquisa também abrange o modelo de otimização que permite maximizar o lucro, minimizar o impacto ambiental e maximizar o impacto social e realizar balanço energético do beneficiamento das matérias-primas analisadas neste estudo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade tecno-econômica, ambiental e social de biorrefinarias modulares para a produção de insumos de alto valor agregado para a indústria

farmacêutica, cosmética e alimentícia em Guiné-Bissau a partir do beneficiamento dos cachos de frutos frescos da palma de dendê e sementes da mamona descascadas.

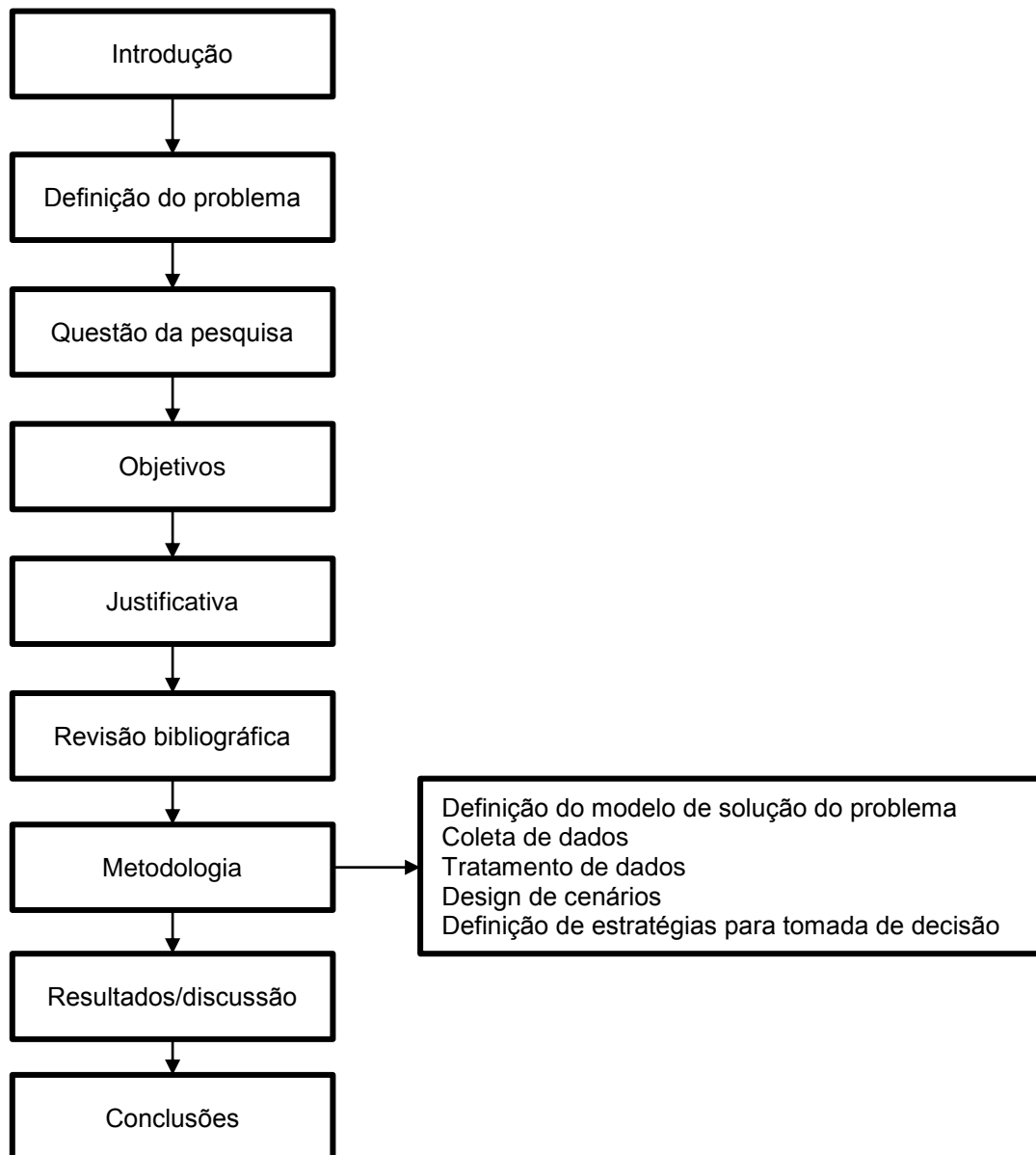
1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar prospecção tecnológica da palma de dendê e mamona nos últimos 50 anos;
- Desenvolver rota tecnológica de beneficiamento da palma de dendê e mamona em Guiné-Bissau;
- Desenvolver cadeia de suprimento sustentável de biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau;
- Avaliar as incertezas de indicadores de medição de desempenho econômico, ambiental e social das biorrefinarias modulares.

1.3 Estrutura da Tese

Para alcançar os objetivos propostos, este estudo está estruturado em nove seções que permitem responder à questão problemática da pesquisa e alcançar os objetivos propostos, conforme a **Figura 1**.

Figura 1- Estrutura da tese.



Fonte: autoria própria.

1.4 Justificativa

O desenvolvimento do mercado de insumos orgânicos para aplicações industriais em Guiné-Bissau representa uma grande oportunidade para o crescimento e diversificação econômica, bem como para a estruturação da cadeia produtiva da indústria de transformação baseada no conceito da sustentabilidade e no uso de matérias-primas renováveis. Nesse sentido, a avaliação da viabilidade técnico-econômica-ambiental-social de biorrefinarias modulares (multiprodutos) é de suma importância para analisar o desempenho econômico, ambiental e social desse empreendimento, a fim de estabelecer metas para a tomada de decisão multicritério.

A Guiné-Bissau localiza-se próximo à linha do Equador e possui clima tropical úmido, com temperatura média que varia entre 24 °C a e 27 °C durante todo o ano e dispõe de extensão territorial de 36 125 km² e uma área de terra agricultável estimada em 1 976 719 ha (FAO AQUASTAT, 2019). Esse país também possui condições edafoclimáticas favoráveis para o crescimento das plantas oleaginosas de forma orgânica, como palma de dendê e mamona, que podem ser processadas nas biorrefinarias modulares de pequeno porte para fabricação de insumos de alto valor agregado em Guiné-Bissau (EMBRAPA, 2005).

A palma de dendê e mamona são matérias-primas agroflorestais disponíveis em Guiné-Bissau, porém não há sistemas de biorrefino modular em operação que permite transformar essas oleaginosas para fins econômicos, o que evidencia a oportunidade de beneficiamento dessas matérias-primas nesse país (FLETCHER; ADEBOYE; DUEDE, 2017). A produção agroflorestal da palma de dendê em Guiné-Bissau é de $3,66 \times 10^5$ toneladas de CFF por ano, enquanto a produção das sementes de mamona é de $1,8 \times 10^4$ toneladas por ano (BNDES, 2013; FAO, 2019; INDEX MUNDI, 2021).

Recentemente, houve diversas especulações em torno da produção de bioenergia a partir das matérias-primas agroflorestais e biomassas agropecuárias disponíveis em Guiné-Bissau, mas as incertezas relativas à capacidade da oferta das matérias-primas na quantidade suficiente para atender à demanda da produção industrial e evitar ociosidade do empreendimento continuam presentes (ECREEE, 2017). Nesse sentido, as biorrefinarias modulares de pequeno porte poderiam

preencher essa lacuna e promover a inclusão social em Guiné-Bissau, devido à flexibilidade de uso de diferentes tipos de matérias-primas.

Os empreendimentos do segmento industrial (indústria de alimentos, cosmética e farmacêutica) em Guiné-Bissau apresentam um déficit acentuado na produção e oferta de produtos para atender à demanda do mercado local. Para suprir a demanda interna, há uma grande dependência externa de importação de insumos provenientes do mercado internacional. Os maiores parceiros comerciais da Guiné-Bissau são Portugal, Senegal, Índia e China (ECREEE, 2017; WORLD BANK GROUP, 2019). Esses países são os principais fornecedores de produtos industrializados e equipamentos de altas tecnologias à Guiné-Bissau. No entanto, a Guiné-Bissau apresenta um déficit histórico na balança comercial e nas transações com esses países desde 2019, decorrente da exportação das matérias-primas de baixo valor agregado e da importação de produtos de alto valor agregado (MARQUES, 2023).

A implantação de sistemas de biorrefino modulares para beneficiamento dos CFF e sementes de mamona descascadas poderia suprir grande parte da demanda de insumos agrícolas a partir da fabricação de fertilizantes orgânicos, da produção de alimentos baseada no processamento do óleo bruto e refinado de dendê, óleo refinado de palmiste e estearina de dendê. Além disso, o óleo de mamona pode ser utilizado para a fabricação de insumos para indústria cosmética e farmacêutica em Guiné-Bissau.

As biorrefinarias modulares também podem contribuir positivamente com a balança comercial da Guiné-Bissau, melhorar a renda das famílias envolvidas na oferta das matérias-primas e das biomassas, envolvendo as cooperativas agrícolas e os pequenos produtores. Além disso, as biorrefinarias modulares podem impulsionar a inovação em bioprodutos, biomateriais e suas respectivas aplicações industriais na fabricação de proteínas alimentares, ração animal, produtos de saúde, beleza, higiene e estética.

De acordo com Fletcher; Adeboye; Duedu (2017), o conhecimento sobre as biorrefinarias modulares ainda é incipiente na África Ocidental. Dessa forma, os dados disponíveis para dimensionamento dos parâmetros de avaliação tecno-econômica, ambiental e social são muito limitados na literatura científica. Vale ressaltar que o

emprego de técnicas de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) não permite analisar de forma conclusiva, todas as variáveis de impacto econômico, social e ambiental de biorrefinarias, uma vez que algumas variáveis de análise não são quantificáveis, além de incertezas associadas a elas na tomada de decisão.

Entretanto, as tecnologias utilizadas nas biorrefinarias tradicionais podem ser avaliadas e melhoradas se os produtos provenientes dessas tecnologias não alcançarem níveis aceitáveis de qualidade exigidos no mercado (PRIELER; LINDORFER; STEINMUELLER, 2019). Dessa forma, o desenvolvimento de indicadores de desempenho operacional de biorrefinarias modulares adaptados às matérias-primas disponíveis na Guiné-Bissau podem melhorar a produtividade e reduzir o impacto ambiental e social dessa indústria em todo o mundo. Essa abordagem evidencia a relevância desta pesquisa na construção do modelo de avaliação tecno-econômica-ambiental-social de biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau a partir do beneficiamento dos CFF e das sementes de mamona (LINDORFER *et al.*, 2019).

Esta pesquisa também permite desenvolver um quadro teórico sobre os modelos de avaliação tecno-econômica-ambiental-social das biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau com base nas ferramentas de pesquisa operacional; realizar avaliação ambiental pela emissão de GEE (CO₂eq) e de impacto social por meio da quantidade de empregos gerados ao longo do ciclo operacional de biorrefinarias modulares.

Considerando a disponibilidade das oleaginosas para beneficiamento em Guiné-Bissau, esta pesquisa introduz o conceito de biorrefinaria modular com ênfase no uso de biomassas orgânicas, que junto às políticas voltadas ao desenvolvimento sustentável, permite desenvolver o segmento industrial, reduzir a dependência externa de insumos industriais, e promover o crescimento da indústria farmacêutica, cosmética e alimentícia em Guiné-Bissau. (FLETCHER; ADEBOYE; DUEDU, 2017). O beneficiamento eficiente dos CFF e de sementes de mamona descascadas para a fabricação de produtos químicos e bioenergia tem um impacto significativo sobre o meio ambiente e pode fornecer energia renovável e criar novos postos de trabalho qualificado em Guiné-Bissau (FLETCHER; ADEBOYE; DUEDU, 2017).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção apresenta abordagem teórica, aspectos conceituais da biorrefinaria e introduz o conceito de biorrefinaria modular na África Subsaariana. Também apresenta a contextualização da cadeia de biorrefinarias modulares e a construção do *framework* a partir de levantamento bibliográfico das produções científicas recentes sobre avaliação tecno-econômica, ambiental e social de biorrefinarias.

2.1 Biorrefinarias

As biorrefinarias são sistemas de produção que integram processos e equipamentos de conversão bioquímica, físico-química ou termoquímica de matérias-primas e biomassa para produzir bioprodutos, como proteínas, bioenergia ou biomateriais para aplicações industriais (NALI; RIBEIRO; HORA, 2016). Já na concepção de Kamm; Kamm; Gruber (2006) e Kamm, B. (2007), a biorrefinaria representa uma planta de processamento, onde as matérias-primas e biomassas orgânicas são extraídas e convertidas em um espectro de produtos de alto valor agregado. Da mesma forma, seu funcionamento é semelhante ao das refinarias convencionais.

O termo “biorrefinaria verde” foi introduzido para designar sistemas complexos, “totalmente integrados” com tecnologia ecológica, holística que utilizam recursos materiais, e energéticos renováveis a partir de biomassa verde e resíduos orgânicos com intuito de reduzir os impactos ambientais e promover a sustentabilidade (KAMM; KAMM; SOYEZ, 1998).

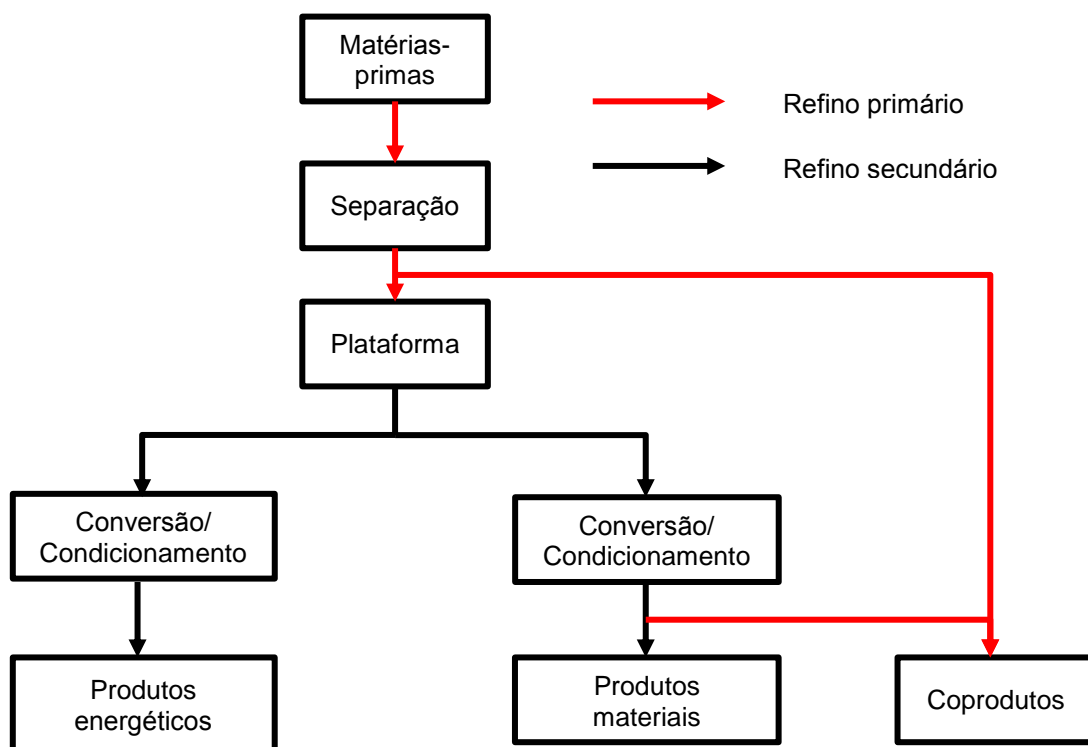
Já US National Renewable Energy Laboratory (NREL) define biorrefinaria como “uma instalação que integra processos e equipamentos de conversão de biomassa para produzir combustíveis, energia e produtos químicos a partir da biomassa” (OECD, 2017). Acrescenta ainda que o conceito de biorrefinaria é análogo às refinarias petroquímicas, que produzem combustíveis convencionais e produtos derivados do petróleo. Devido ao seu potencial de impulsionar a bioeconomia, as biorrefinarias de produção em larga escala foram identificadas como instrumento mais promissores para a criação de uma nova indústria de base biológica (OECD, 2017).

Na concepção de International Energy Agency (IEA), biorrefinaria é um sistema de processamento sustentável de biomassa em um espectro de produtos comercializáveis, os quais envolvem proteínas para alimentação humana, rações, biomateriais, bioprodutos químicos e bioenergia (biocombustíveis líquidos, biogás e calor) (OECD, 2017). Uma futura definição que ainda pode ser atribuída a biorrefinaria, inclui processos que utilizam biomassas de organismos vivos para converter produtos residuais de fontes não biogênicas, incluindo CO₂ da combustão de combustíveis fósseis (OECD, 2017). Bunge (2012) define as fontes de emissões biogênicas como o processo de sequestro de CO₂ da atmosfera durante o processo de fotossíntese. Nesse sentido, pode ser considerado como “carbono neutro”. Já as fontes de emissões não biogênicas são Metano (CH₄) e Óxido nitroso (N₂O). Tais emissões não podem ser consideradas neutras tendo em vista que esses gases não são capturados da atmosfera durante o crescimento da biomassa.

As biorrefinarias utilizam diferentes fontes de matérias-primas e biomassas orgânicas de origem agrícola, florestal, da silvicultura, aquicultura, agropecuária e resíduos orgânicos industriais, os quais incluem madeira, dejetos orgânicos de animais e plantas, resíduos florestais e biomassa marinha (macroalgas e microalgas). Também empregam diferentes rotas tecnológicas de beneficiamento das matérias-primas (DE JONG; JUNGMEIER, 2015; IANDA *et al.*, 2022).

O esquema conceitual de biorrefinaria pode ser visualizado na **Figura 2**.

Figura 2 - Esquema geral de uma biorrefinaria



Fonte: autor, a partir da OECD (2017).

A **Figura 2** permite visualizar o esquema geral de funcionamento de um modelo de biorrefinaria multifuncional. A abrangência da produção de vários produtos a partir de beneficiamento das matérias-primas faz com que a biorrefinaria modular seja importante para atender o mercado nacional da Guiné-Bissau com insumos de alto valor agregado para aplicações na indústria de cosméticos, alimentícia e farmacêutica nesse país.

2.1.1 Classificação das biorrefinarias

As biorrefinarias são classificadas de acordo com as fontes de matérias-primas e biomassas utilizadas na produção. Essa classificação é importante para diferenciar os modelos de biorrefinarias em operação dos modelos que se encontram na fase de desenvolvimento laboratorial. Nessa abordagem, IEA classifica as biorrefinarias a partir de quatro características essenciais, as quais são identificadas como: (I) plataformas;

(II) produtos (energia e materiais de base biológica e produtos químicos); (III) matérias-primas; e (IV) processos de conversão (OECD, 2017).

As matérias-primas ou biomassa da biorrefinaria compreendem uma grande variedade de materiais orgânicos que possui carbono. As matérias-primas podem ser agrupadas nas seguintes culturas: (a) culturas energéticas da agricultura (amido e silvicultura de ciclo curto), as quais representam principais matérias-primas utilizadas na atualidade; (b) culturas de resíduos e biomassa provenientes da agricultura, silvicultura, comércio e indústria (palha, casca, óleos residuais de cozinha e processamento de biomassa); (c) resíduos sólidos urbanos; e (d) gases industriais (CO e H₂ do processo de fabricação do aço) (OECD, 2017).

Já no processo de beneficiamento das matérias-primas ou biomassa, as biorrefinarias são classificadas em 4 grupos:

- a) Biorrefinarias de conversão bioquímica (fermentação, conversão enzimática);
- b) Biorrefinarias de conversão termoquímicos (gaseificação, pirólise);
- c) Biorrefinarias de conversão química (hidrólise ácida, explosão de vapor, esterificação);
- d) Biorrefinarias de processamento mecânicos (fracionamento, prensagem, redução de tamanho).

Outra classificação que também pode ser utilizada compreende o tipo da matéria-prima empregada para beneficiamento nas biorrefinarias. Tal classificação é dividida em primeira, segunda, terceira e quarta gerações de biorrefinarias. Nesse sentido, as biorrefinarias de primeira geração representam aquelas que processam matérias-primas alimentícias; já as biorrefinarias de segunda geração compreendem aquelas que empregam matérias-primas orgânicas não comestíveis; as de terceira geração utilizam algas marinhas e microalgas na produção de energia e alimentos; enquanto as de quarta geração empregam matérias-primas geneticamente modificadas para a produção de alimentos e outros produtos.

Os produtos energéticos da biorrefinaria podem ser considerados como biocombustíveis líquidos (etanol, biodiesel e combustível de aviação de base biológica). Também abrange a produção de biogás por meio de biodigestor anaeróbio. Além disso,

os resíduos gerados no final do processo de beneficiamento das matérias-primas podem ser incinerados em caldeiras para geração de eletricidade ou calor.

Outros produtos de biorrefinarias incluem lascas de madeira, pellets e ligninas como possíveis saídas de combustível sólido dessa indústria. Os produtos materiais compreendem uma vasta gama de produtos químicos de base biológica assim como polímeros e têxteis. Já os coprodutos podem incluir proteína animal e biofertilizante para condicionamento de solo (OECD, 2017). Em seguida, é apresentado o histórico da evolução tecnológica das biorrefinarias.

2.1.2 Evolução das biorrefinarias

Segundo Escobar and Laibach (2021), as biorrefinarias evoluíram desde a década de 1980. As primeiras gerações de biorrefinarias eram baseadas no beneficiamento sucroalcooleiro e amido, que inclui a cana de açúcar, mandioca e milho. Já as biorrefinarias da segunda geração surgiram na década de 2000. Essa geração de biorrefinarias é considerada a mais sustentável à medida que permite o uso das fontes de matérias-primas não comestíveis e renováveis, biomassa lenhosa, resíduos agroindustriais, agrícolas e resíduos sólidos urbanos para produção de bioenergia e biocombustíveis líquidos. A terceira geração de biorrefinarias surgiu em 2015 com emprego das microalgas e macroalgas como biomassas para produção de bioenergia, biocombustível e bioprodutos (pigmentos, lipídios, proteínas, carboidratos, biodiesel, entre outros). Por fim, a quarta geração de biorrefinarias surgiu em 2017. Esses sistemas utilizam a biomassa geneticamente modificada para aumentar sua produtividade (como incorporação de algas e biomassa celulósica para aumentar ainda mais a produtividade por meio da superexpressão de metabólitos e enzimas) e assim, melhorar a economia.

Vale ressaltar que a percepção da relevância de biorrefinarias para alcançar os objetivos do desenvolvimento sustentável da Organização das Nações Unidas – Agenda 2030 – elevou o interesse da comunidade científica no desenvolvimento de estudos de avaliação de impacto ambiental dos sistemas de biorrefino nos últimos anos (MULDER *et al.*, 2016). No entanto, a maioria das produções científicas disponíveis na

literatura sobre o tema está fortemente relacionada à análise de indicadores e coeficientes de beneficiamento das matérias-primas e biomassas agrícolas para produção de bioenergia e biocombustíveis. Esses indicadores não contemplam a mitigação de impacto ambiental pelo uso das matérias-primas agroflorestais como a palma de dendê e a mamona, o que poderia encorajar ações de preservação da mata e impulsionar o desenvolvimento de métodos de tratamento dessas culturas agroecológicas em Guiné-Bissau.

Os conceitos recentes têm associado as biorrefinarias à valorização de uma ampla variedade de produtos agrícolas, silvicultura, aquicultura e resíduos orgânicos a partir de beneficiamento em fontes de energia, e insumos de alto valor agregado para aplicações na indústria alimentícia, farmacêutica, cosmética e química, entre outras. Isso indica que o conceito de biorrefinaria está sujeito à mudança que leva a desafios no contexto da padronização a partir de diversas perspectivas presentes na literatura sobre o tema (LINDORFER *et al.*, 2019).

Em pesquisa realizada na Web of Science, foi possível observar que as produções científicas sobre “avaliação tecno-econômica de biorrefinarias” começaram a ser publicadas em revistas científicas indexadas a partir de 2008. A **Tabela 1** apresenta uma síntese das principais informações encontradas na literatura científica sobre o tema no período analisado nesta pesquisa.

Tabela 1 - Principais informações encontradas na literatura sobre avaliação tecno-econômica de biorrefinaria

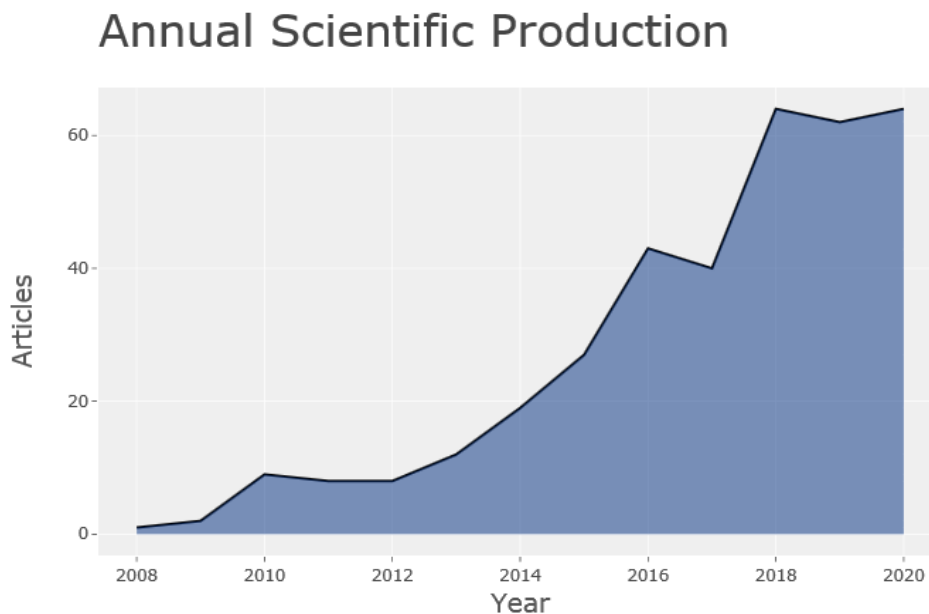
Descrição	Resultados
PRINCIPAIS INFORMAÇÕES SOBRE OS DADOS	
Intervalo de tempo	2008:2020
Fontes (<i>Journals</i> , Livros, entre outros).	102
Documentos	365
Média de publicação por ano	30
Referências	1
CONTEÚDO DOS DOCUMENTOS	
AUTORES	
Autores	1223
Aparências do autor	1606
Autores de documentos de autoria única	3
Autores de documentos de autoria múltipla	1220
COLABORAÇÃO DE AUTORES	
Documentos de autoria única	5
Documentos por Autor	0,30
Autores por Documento	3,35
Coautores por documentos	4,4
Índice de Colaboração	3,39

Fonte: autor, a partir de Clarivate Analytics (2020).

Os dados da **Tabela 1** permitem observar que no intervalo do período analisado, que compreende 2008 a 2020, foram publicados 365 artigos científicos relacionados à avaliação do impacto ambiental de biorrefinarias, os quais, evidentemente, apontam o interesse da comunidade científica sobre o tema, essencialmente pelo potencial da contribuição do sistema de biorrefino na transição do modelo tradicional da produção industrial para um modelo de produção de baixo carbono e inclusiva ao fomentar o uso das matérias-primas biodegradáveis e o uso de fontes de energias renováveis e alternativas (IEA, 2014; ONU, 2015).

Esses fatores também tiveram impactos significativos no crescimento das produções científicas sobre biorrefinarias em todo o mundo, com enfoque na fabricação de produtos substitutos da indústria petroquímica (EIA, 2014). A **Figura 3** apresenta o crescimento anual das produções científicas sobre os sistemas de biorrefino entre 2008 e 2020.

Figura 3 - Produções científicas sobre biorrefinarias (2008 a 2020)



Fonte: autor, a partir de Clarivate Analytics (2020).

Conforme ilustrado na **Figura 3**, o crescimento das produções científicas sobre biorrefinaria a partir de 2015 coincide com as diretrizes do acordo climático de Paris (COP21), no qual foi ratificado o compromisso das Partes no sentido de fomentar mecanismos de produção limpa e acelerar a transição da sociedade para uma economia regenerativa (WEETMAN, 2019). Esse acordo entrou em vigor em 2016 com a parceria de Marrakesh e a adesão de mais de 100 países responsáveis por 75 % das emissões globais de dióxido de carbono (CO₂), na atmosfera.

Nesse contexto, Daful & Goergens (2017) realizaram uma análise técnico-econômica para avaliar o impacto ambiental da produção de ácido láctico lignocelulósica (LA), com intuito de adicionar valor à indústria de açúcar, por meio de uma biorrefinaria anexada à planta industrial para beneficiamento de resíduos lignocelulósica (bagaço e palha da cana de açúcar). Os autores levantaram a questão da relevância de avaliação de viabilidade econômica e ambiental no processo de conversão de biomassa lignocelulósica. Os cenários foram modelados e simulados em linguagem de programação Aspen Plus[®], o qual permitiu realizar balanço de massa e energético do sistema de biorrefino.

Nessa perspectiva, Abbati *et al.* (2018) apresentaram um modelo de avaliação

tecnico-econômica da biorrefinaria. Na abordagem, foi empregada a técnica de Avaliação do Ciclo de Vida Padrão (ACV-PA). Os dados foram rodados em SimaPro[®] para quantificar o impacto ambiental, o qual permitiu observar que os processos de biorrefino baseados em matérias-primas celulósicas têm taxas maiores de rendimento de LA que os processos baseados em hemicelulose, o que impacta diretamente no investimento de capital (CAPEX) e no custo operacional (OPEX). Além disso, Abbati *et al.*, (2018) propuseram o uso de Micro e Nanopartículas de lignina sintetizados a partir de fluxos laterais de celulose e papel nas biorrefinarias para geração de novos materiais de alto valor agregado e para contribuir com o desenvolvimento de novas aplicações industriais, essencialmente na área de polímeros.

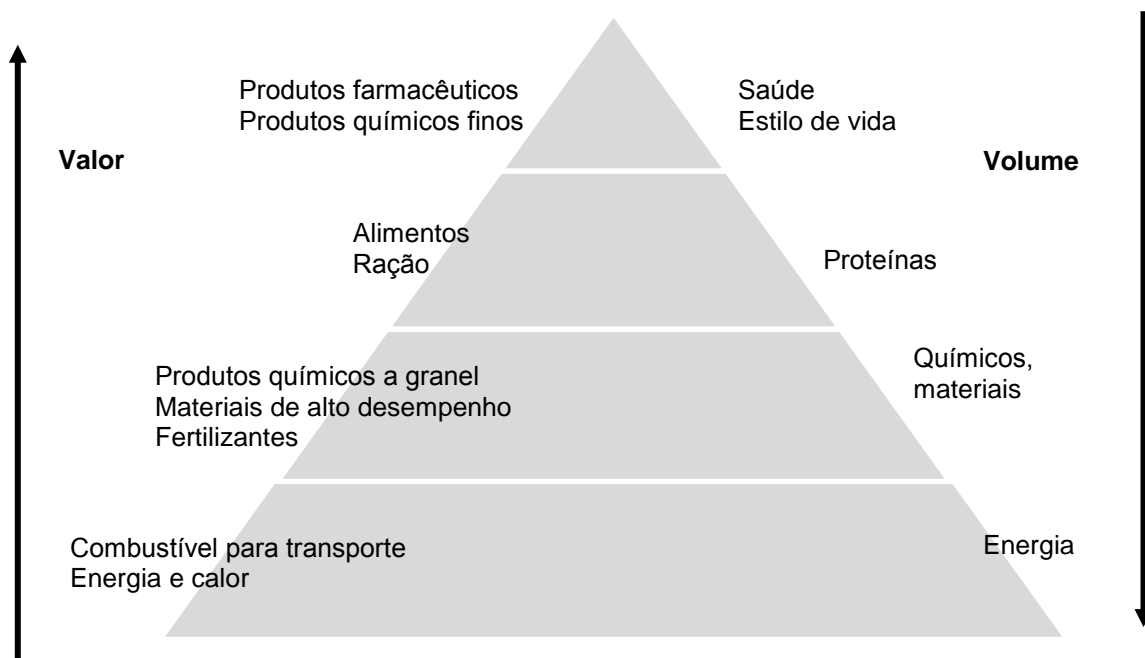
Como alternativas sustentáveis às partículas de origem mineral, as Nanopartículas de lignina dependem de três fatores essenciais: aumento da escala produtiva, custo de produção competitivo e aplicações (ABBATI DE ASSIS *et al.*, 2018). Nesse sentido, vale ressaltar a importância de desenvolver sistemas de biorrefino com base nas matérias-primas disponíveis numa região, avaliar a viabilidade técnica e econômica para garantir a produção escalável e as aplicações de bioprodutos e coprodutos provenientes de beneficiamentos efetuados para atender à demanda de mercado.

Na sequência é apresentada a descrição da indústria farmacêutica, cosmética e alimentícia, as quais apresentam demandas para insumos derivados das sementes de mamona descascadas e palma de dendê a partir de beneficiamento em biorrefinarias modulares.

2.1.3 Estrutura de valor dos produtos da biorrefinaria

Para produzir insumos de alto valor agregado nas aplicações industriais por meio de biorrefinarias modulares, é necessário avançar várias camadas no processo de transformação das matérias-primas e biomassas, veja a **Figura 4**.

Figura 4 - Novos mercados e redes baseados em bioprodutos de maior valor agregado



Fonte: autor, a partir de Manninen (2016).

A determinação da quantidade a produzir de cada produto pode ser realizada por meio das ferramentas de pesquisa operacional e análise da demanda do mercado. A biorrefinaria modular tem grande potencial para desenvolver novos mercados em Guiné-Bissau em virtude da capacidade de produzir grande variedade de produtos simultaneamente.

As biomassas provenientes das culturas agrícolas também podem ser aproveitadas para beneficiamento nas biorrefinarias modulares. As principais biomassas da colheita agrícola são celulose, hemicelulose, lignina e cinzas.

A proporção do teor de biomassa de cada resíduo pode ser visualizada na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Comparação do teor de celulose, hemicelulose, lignina e cinzas nos principais resíduos agrícolas (% p/p em base seca)

Resíduos de colheita	Celulose	Hemicelulose	Lignina	Cinzas
Arroz	40	23	15	13
Aveia	40	20	18	8
Bagaço da cana-de-açúcar	40	21	18	2
Eucalipto	42	35	29	Não reportado
Gramma de corda de pradaria	33	15	21	5
Miscanthus	34	37	25	7
Palha de cevada	42	28	7	11
Palha de milho	38	26	23	5
Pinho	34	28	29	Não reportado
Soja	33	14	14	6
Sorgo	23	14	11	5

Fonte: autor, a partir de Amarasekara (2013; DAHIYA *et al.*, 2015; GOLLAKOTA; KISHORE, N., & GU, 2018).

Os resíduos agrícolas podem ser aproveitados para a produção de biofertilizante ou geração de energia por meio de biorrefinarias modulares. Em Guiné-Bissau, as principais culturas agrícolas praticadas são destinadas para subsistência das famílias. Os resíduos gerados após a colheita e extração das culturas agrícolas não possuem destinação para fins de recuperação energética no país, o que representa uma grande oportunidade para biorrefinarias modulares.

A **Tabela 3** apresenta o balanço de massa da produção agrícola e o potencial energético de cada resíduo.

Tabela 3 - Características dos resíduos agrícolas orgânicos (RAO) com interesse energético primário

Segmento agrícola	Resíduos agrícolas orgânicos (RAO)	Teor de umidade (%)	Balanco de massa (t RAO t ⁻¹ setor de produção)	Poder calórico superior (MJ kg ⁻¹)	Potencial energético total aproximado de biomassa (TJ year ⁻¹)
Abacaxi	Restolho de abacaxi	90	3,29	11,6	10 528
	Coroa de abacaxi	78,5	0,003	11,6	Não reportado
Arroz	Casca de arroz (casca)	15	0,21	15,43	813
Banana	Pedúnculo	85	0,094	11,6	727
	Rejeitos de banana	85	0,114	11,6	
Café	Polpa de café	81	0,416	15,88	748
	Casca de café	11	0,043	17,93	
	Mucilagem de café	81	0,156	15,88	
Cana de açúcar	Bagaço da cana-de-açúcar	50	0,25	17,5	10 599
	Cachaça de cana	73,6	0,3	16	
	Melado de cana	50	0,35	9,74	Não reportado
	Resíduos do canavial	70	0,232	17,43	5175
Citrino	Sementes, cascas e polpas de laranja	85	0,5	16,55	273
Palmeira africana	Fibra do mesocarpo	37	0,13	19,43	
	Casca	17	0,05	22,94	3513
	Fibra de tapa	55	0,22	18,62	
Serrarias	Serragem	32	0,103	18,5	4127
	Madeira de serraria	50	0,189	18,5	7925
	Outros resíduos de serraria	55	0,111	18,5	

Fonte: autor, a partir de Chacón; Coto; Flores (2018; COTO, 2013).

Os resíduos da palmeira africana apresentam poder calorífico superior, no entanto, esses resíduos não são aproveitados para geração de energia, o que evidencia outro motivo relevante para a instalação de biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau.

2.2 Biorrefinarias na África Subsaariana

As biorrefinarias na África Subsaariana estão sendo vistas como alternativas para reduzir as emissões de CO₂, assim como a redução do desmatamento em busca de fontes energéticas e de renda para subsistência (GASPARATOS *et al.*, 2015; MULUGETTA, 2009; SLINGERLAND; SCHUT, 2014). Nesse sentido, as biorrefinarias em operação naquela região estão voltadas à produção de bioenergia, principalmente, o etanol, devido às condições climáticas favoráveis à prática da cultura da cana de

açúcar em abundância e culturas oleaginosas com potencial de produção de biodiesel (OECD, 2017). A produção e uso de biocombustíveis líquidos também são encorajados pelas autoridades da África Subsaariana como forma de prevenção ao aquecimento global. No entanto, devido à dependência econômica da região por setor primário como a exportação da madeira e de produtos agrícolas, os resíduos dessas culturas são descartados ou destinados para incineração, liberando gases de efeito estufa – GEE no meio ambiente (FLETCHER; ADEBOYE; DUEDU, 2017). Além disso, esses resíduos são importantes fontes de bioenergia de segunda geração, o que impulsionou o desenvolvimento de estudos e implantação de biorrefinarias nessa região da África.

Nessa perspectiva, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) fez um levantamento de dados sobre o potencial das matérias-primas disponíveis na África Subsaariana (SSA) para a produção de biocombustível (OECD, 2017). O relatório proveniente desse estudo permitiu observar uma grande variedade das matérias-primas agroecológicas disponível na SSA, que torna aquela região adequada para instalação de biorrefinarias modulares.

Muito embora haja o reconhecimento da importância de biorrefinarias na África Subsaariana para impulsionar a economia local e a produção de insumos de alto valor agregado para aplicações industriais, a tecnologia apropriada para beneficiamento das matérias-primas, adequação da infraestrutura e políticas do governo representam principais desafios que podem limitar o crescimento dessa indústria (FLETCHER; ADEBOYE; DUEDU, 2017). Outros fatores que influenciam a viabilidade dessa indústria são o alto custo de produção e o preço competitivo com o petróleo no caso de produção de bioenergia (IANDA *et al.*, 2020). Nesse contexto, a instalação de biorrefinarias modulares multiprodutos representa uma grande oportunidade para SSA, pois essa região possui grande variedade de matérias-primas e biomassas orgânicas que podem ser beneficiadas em biorrefinarias modulares.

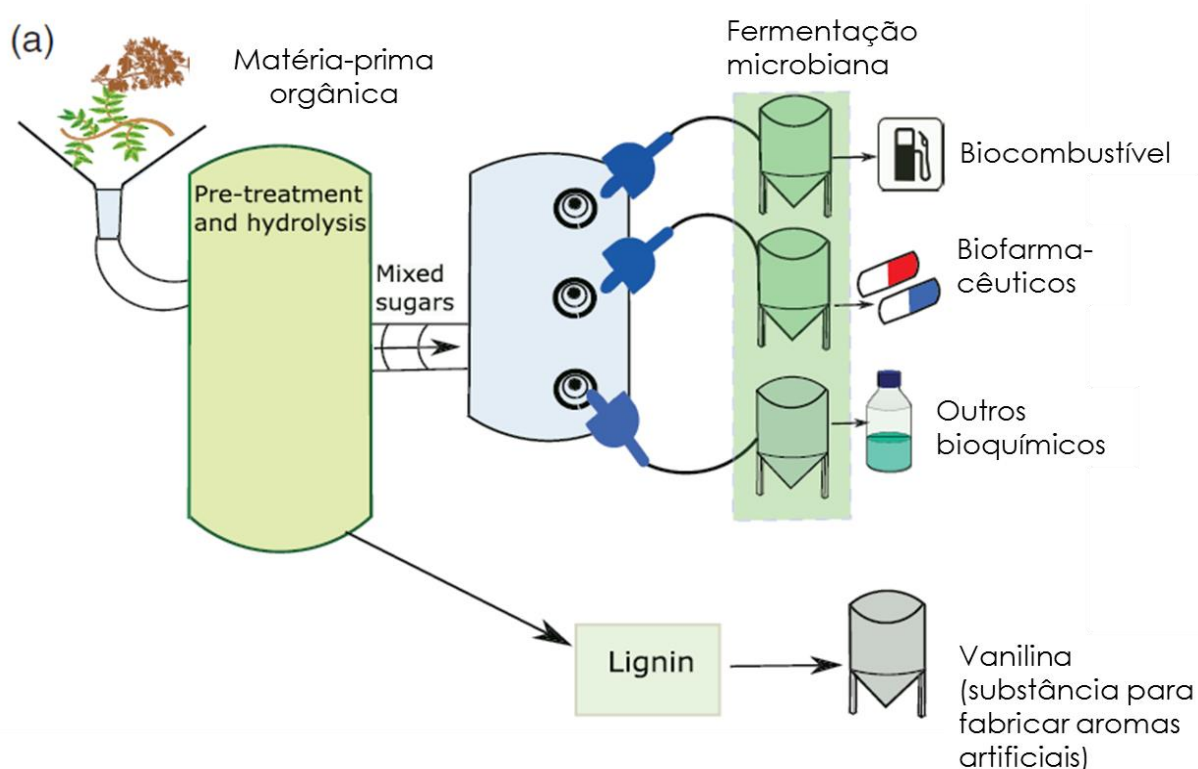
2.3 Biorrefinarias Modulares

O conceito de biorrefinaria modular consiste num processo integrado por meio de diferentes módulos que permitem a transformação de diferentes fontes de matérias-

primas orgânicas em multiprodutos de alto valor agregado para aplicações industriais, os quais incluem produtos bioquímicos, biogás e biocombustíveis líquidos. Esse conceito pode desempenhar um papel importante na abordagem das questões relacionadas à sustentabilidade de biorrefinarias na SSA.

A representação gráfica do modelo de biorrefinaria modular pode ser visualizada na **Figura 5**.

Figura 5 - Modelo de biorrefinaria modular

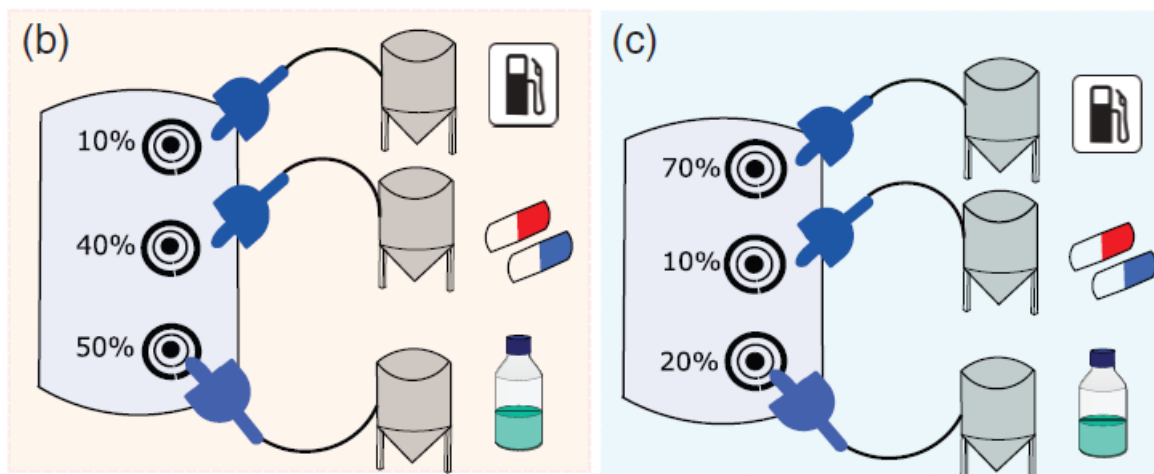


Fonte: autor, a partir de Fletcher; Adeboye; Duedu (2017).

Esse modelo descreve uma abordagem integrada de conversão simultânea de matérias-primas e biomassa em vários produtos em uma instalação industrial modular. O "conceito modular permite racionar a quantidade de açúcares misturados (obtidos das matérias-primas e da biomassa hidrolisada) que são convertidos para diferentes bioquímicos de acordo com a demanda do mercado" (FLETCHER; ADEBOYE; DUEDU, 2017, p. 4). Por exemplo, se a demanda de mercado de etanol é menor, então pode se reduzir a proporção de açúcares necessária para sua produção (b); e caso a demanda

de etanol aumente, essa proporção pode ser ajustada em conformidade para atender ao mercado (c), conforme apresentada na **Figura 6**.

Figura 6 - Esquema de funcionamento de biorrefinaria modular



Fonte: autor, a partir de Fletcher; Adeboye; Duedu (2017).

Um terceiro elemento que pode ser considerado nesse caso é a política de fomento do Governo para determinar o uso de uma biomassa específica em uma região, que pode ser definida pela disponibilidade da cultura domesticada no local.

É evidente o esforço de países da SSA no desenvolvimento de biorrefinarias de pequeno porte para produção de energias renováveis e alternativas. As biorrefinarias de pequeno porte baseiam-se num projeto em que toda a matéria-prima e biomassa disponíveis são destinadas para a produção de um único produto (biocombustível). Tal projeto é bastante arriscado para economias em desenvolvimento tendo em vista que o biocombustível poderá encontrar barreiras no mercado durante o período da queda dos preços de combustíveis derivados do petróleo. Com base nesse cenário, futuras biorrefinarias devem ser projetadas de forma a garantir muita flexibilidade e capacidade para transformar diferentes matérias-primas e biomassas em vários produtos de alto valor agregado para comercializar no mercado local ou internacional.

Semelhante à refinaria petroquímica, o uso de matérias-primas e biomassa deve ser maximizada em biorrefinarias modulares para produzir produtos químicos, biomateriais e bioenergia por meio de calor ou eletricidade (FLETCHER; ADEBOYE;

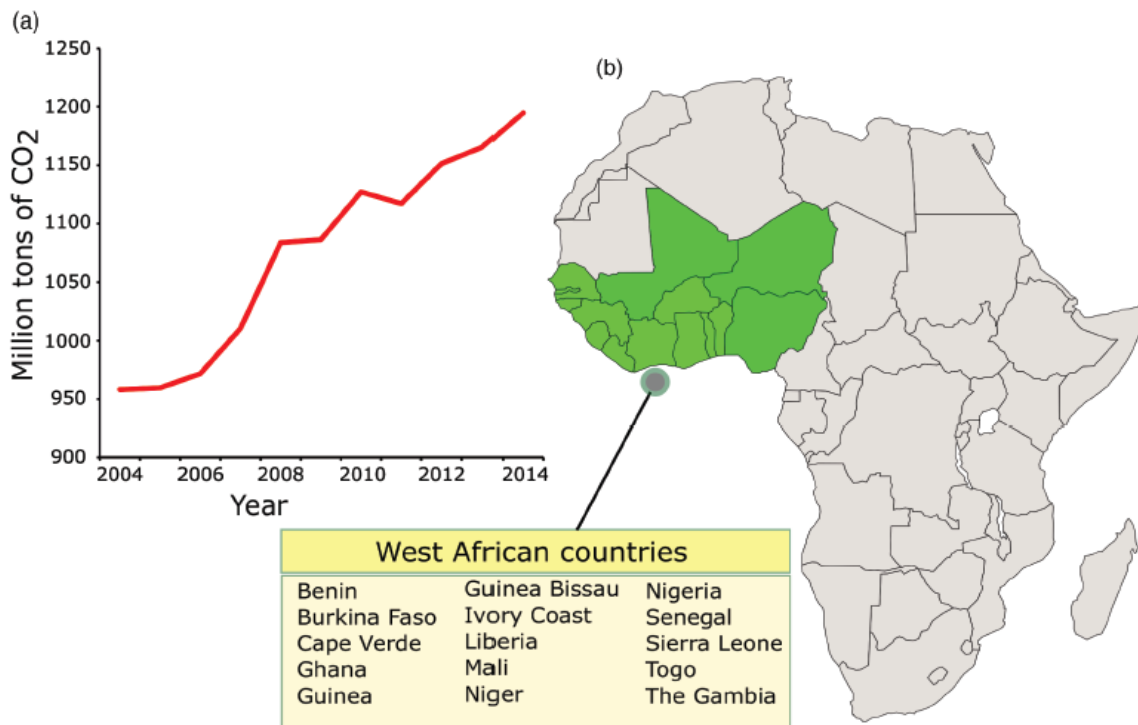
DUEDU, 2017). Os produtos de biorrefinarias modulares também podem reduzir a pressão sobre o desmatamento nas regiões em desenvolvimento, onde as matérias-primas agroecológicas da Mata Atlântica representam uma das principais fontes de renda para a população do campo.

2.3.1 Biorrefinaria na África Ocidental

A África Ocidental compreende um conjunto de 15 países, os quais enfrentam enormes desafios na oferta da energia para suprir a demanda interna. A preocupação com a redução do aquecimento global abaixo de 2º célsius no presente século evidencia também o esforço de países da África Ocidental no desenvolvimento de alternativas energéticas para substituir o uso do petróleo, que contribui para emissão de CO₂ com potencial no aquecimento global. Essas alternativas envolvem a geração de bioenergias por meio de biorrefinarias de beneficiamento de resíduos orgânicos e matérias-primas de origem vegetal (FLETCHER; ADEBOYE; DUEDU, 2017; IANDA *et al.*, 2020).

A **Figura 7** permite visualizar a localização geográfica dos países da África Ocidental e as emissões de CO₂ nos últimos anos.

Figura 7 - Localização dos países da África Ocidental e emissões de CO₂ por ano



Fonte: autor, a partir de Fletcher; Adeboye; Duedu (2017).

De acordo com a **Figura 7**, os países da África Ocidental (grifados em verde) têm um enorme potencial de biomassa que pode ser aproveitado como matéria-prima para biorrefinarias modulares. Segundo (FLETCHER; ADEBOYE; DUEDU, 2017), o alto custo de produção de bioenergia líquida e os preços competitivos do petróleo geram impactos significativos na viabilidade econômica, o que torna essa indústria menos atrativa para investimento público e privado na África Ocidental e nos países em desenvolvimento. Nesse sentido, a iniciativa de desenvolver biorrefinaria modular multifuncional pode atender às necessidades energéticas dessa região, além de proporcionar benefícios adicionais na criação de empregos e novos mercados para comercialização de insumos nas aplicações industriais.

Em países da África Ocidental, as biorrefinarias de beneficiamento da palma de dendê e sementes de mamona descascadas podem desempenhar um papel importante na diversificação da economia local, por meio de conversão físico-químico de óleo de palma e de mamona em insumos de alto valor agregado para indústria farmacêutica,

cosmética e alimentícia, além de contribuir com os objetivos do desenvolvimento sustentável (IANDA *et al.*, 2020; ONU, 2015).

Os cachos de frutos frescos da palma de dendê (CFF) e sementes de mamona apresentam diversas propriedades que permitem suas aplicações como insumos na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética (proteínas, lubrificantes, antioxidantes para combate ao envelhecimento precoce da pele, sabonetes, sabão, batons, entre outros), que podem ser fomentadas para promover o desenvolvimento regional sustentável por meio da produção e da oferta em larga escala (FARIA, 2014; LÁSZLÓ, 2018; LIMA, A. M., 2018).

As biorrefinarias também produzem ampla variedade de produtos biodegradáveis, que incluem fertilizantes orgânicos, proteínas humanas e animais (rações), bioenergia (biodiesel, etanol e biogás), entre outros (MULDER *et al.*, 2016). Entretanto, os bioprodutos analisados nesta pesquisa são provenientes do beneficiamento das matérias-primas de origem agroecológica disponíveis em Guiné-Bissau (CFF e mamona). A descrição das oleaginosas supracitadas é apresentada a seguir.

2.4 Mamona

A mamoneira é uma planta oleaginosa que possui característica adaptável a diferentes condições edafoclimáticas de cultivo. Pode ser plantada em terras marginais com pouca disponibilidade de recursos hídricos, como em regiões do clima temperado ou tropical (EMBRAPA, 2020). A semente da mamoneira possui alto teor de óleo, que pode alcançar entre 48 % e 60 % por kg (MILANE, 2014).

De acordo com a Embrapa, uma das propriedades do óleo de mamona consiste na capacidade de absorver altas cargas de pressões e temperaturas sem perder a viscosidade (EMBRAPA, 2020; MILANE, 2014). Nesse sentido, o óleo de mamona é considerado no mercado como lubrificante de qualidade para motores de alta rotação, essencialmente na indústria aeronáutica e nos freios de automóveis (MILANE, 2014).

O óleo de mamona tem grande importância econômica na indústria. É utilizado na produção de tintas, vernizes, lubrificantes, vela, fabricação de cosméticos como batom, sabonetes finos, fabricação de plásticos e fibras sintéticas (EMBRAPA, 2020).

Também possui aplicações na produção de máscaras contra gases, fabricação de perfumes, desodorantes de bastão, cremes de pele e de cabelo.

As fibras produzidas a partir do óleo de mamona são antialérgicas e antitóxicas. Além disso, a agroindústria de esmagamento da semente de mamona (ricinoquímica) conta com um portfólio de mais de 400 subprodutos derivados de óleo de mamona, que incluem medicamentos, lentes de contato, biodiesel, lubrificantes e fungicidas (FARIA, 2014; MILANE, 2014; NAUTIYAL, 2018).

De acordo com Milane (2014), o óleo de mamona pode ser considerado o melhor lubrificante para motores a jato, melhor fluido nas instalações hidráulicas, base para a manufatura de cosméticos e drogas farmacêuticas. É empregado também na biomedicina, em filtros hospitalares, fabricação de próteses ósseas e implantes, o que substitui o silicone, como ocorre em cirurgias ósseas, de mama e de próstata (MILANE, 2014).

Outras aplicações de grande valor econômico do óleo de mamona ocorrem na fabricação do náilon, matéria plástica, corantes, anilinas, desinfetantes, germicidas, lubrificantes de baixa temperatura, colas e aderentes (NAUTIYAL, 2018).

A **Tabela 4** apresenta uma síntese das principais aplicações de produtos derivados do óleo de mamona.

Tabela 4 - Aplicações dos derivados da mamona na indústria de transformação

Indústria	Aplicações	Derivados Utilizados
Agrícola	Fertilizantes	Torta de mamona
Alimentícia	Surfactantes, Aditivos para redução de viscosidade, Embalagens.	Óleo de mamona polietoxilado.
Têxtil (Químicos)	Acabamento, Tingimento, Nylon, Fibras sintéticas e resinas, Detergentes sintéticos, Surfactantes, Agentes de pigmentação.	Óleo de Mamona Etoxilado, Óleo de Mamona Sulfatada (Turkey Red Oil), Metil-12-HSA.
Papel e celulose	Antiespumante, Aditivos a prova d'água, Revestimento de papel.	Metil-12-HSA, Glicerol.
Plásticos e Borracha	Poliamida 11 (Nylon 11), Poliamida 6, Espuma de poliuretano, Adesivos, Resinas sintéticas, Plastificantes, Polióis.	12-HSA, heptaldeído, ácido ricinoléico, ácido sabático, ácido undecilênico, glicerol.
Cosméticos e Perfumaria	Produtos de perfumaria, Batons, Tônico capilar, Xampu, Emulsificantes, Desodorantes.	Óleo de mamona, ésteres do óleo de mamona, ácido undecilênico, ricinoleato de zinco, heptaldeído, ácido heptanóico, álcool heptílico.
Eletrônica e Telecomunicações	Polímeros para eletrônica e telecomunicações, Poliuretanos, Materiais isolantes.	Ésteres do óleo de mamona, polióis.
Farmacêutica	Anti-helmíntico, Anticaspa, Emoliente, Emulsificante, Encapsulante, Expectorante, Laxativo e purgativo.	Glicerol, ácido undecilênico, undecilenato de zinco, undecilenato de cálcio, óleo de mamona hidrogenado.
Química (Tintas e Aditivos)	Tintas, Plastificantes para revestimentos, Vernizes, Lacas, Removedor de adesivos, Aditivos dispersantes.	Polióis, glicerol, ácido ricinoléico, óleo de mamona, óleo de mamona desidratado (DCO).
Mecânica (Lubrificantes)	Graxa lubrificante, Lubrificantes para aviões, motores a jato, carros de corrida, Fluidos hidráulicos, Aditivos para combustíveis, Inibidores de corrosão.	Ácido ricinoléico, ésteres de óleo de mamona, óleo de mamona soprado, ácido heptanóico, óleo de mamona. Hidrogenado, 12-HSA, ácido sebácico, óleo de mamona etoxilado.
Biocombustíveis	Biodiesel	Ricinoleato de metila, ricinoleato de etila.

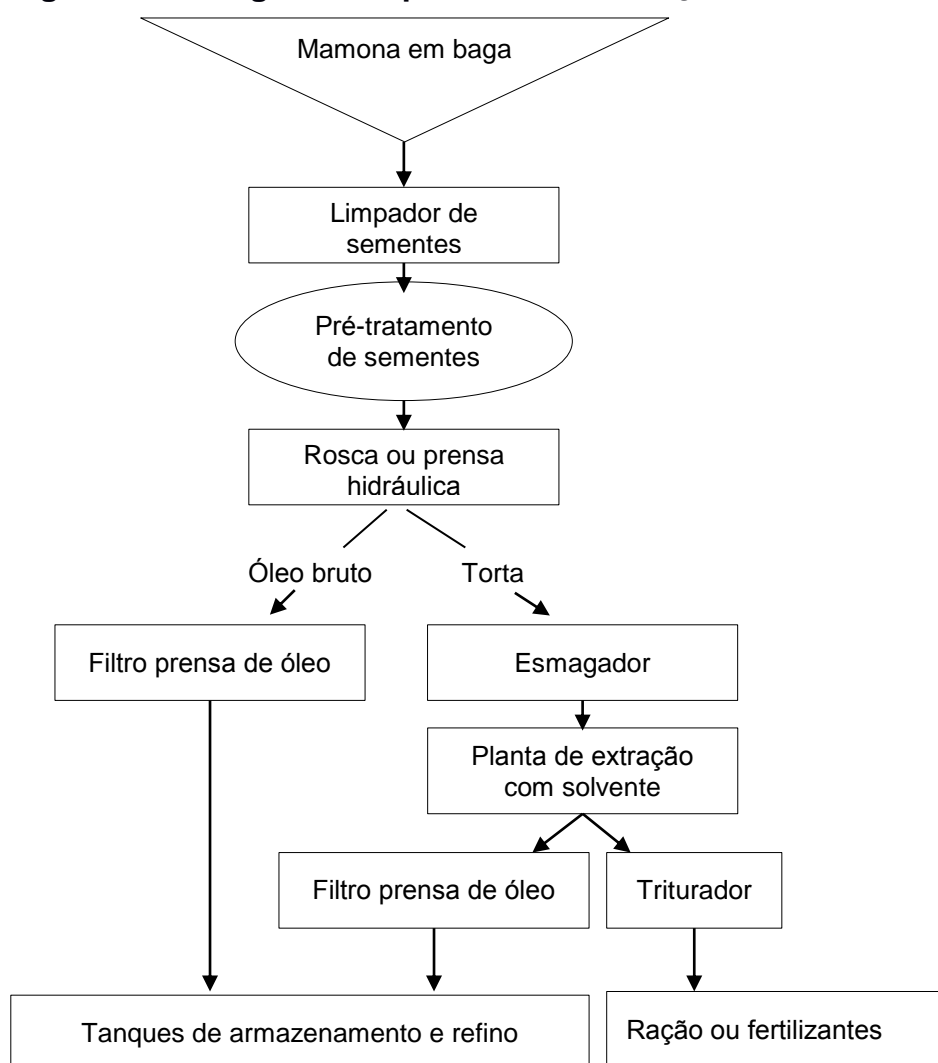
Fonte: autor, a partir de Comprehensive Castor Oil Report, (2013; FARIA, 2014).

No caso de espumas plásticas, o óleo de mamona confere texturas de esponjas macias, duras ou rígidas (NAUTIYAL, 2018). A produção mundial de óleo de mamona é representada por quatro países (Brasil, China, Índia e Moçambique). No entanto, a produção chinesa é absorvida no mercado interno, o que permite assegurar que a China não concorre no mercado internacional do óleo de rícino (COMPREHENSIVE

CASTOR OIL REPORT, 2013). Já a produção brasileira de mamona está concentrada na região nordeste, e envolve pequenos agricultores familiares e assentados familiares no semiárido (município de Irecê, no Estado da Bahia) (EMBRAPA, 2020). Grande parte desses agricultores não dispõe de equipamentos mecanizados para produção, o que limita a sua capacidade produtiva (EMBRAPA, 2020).

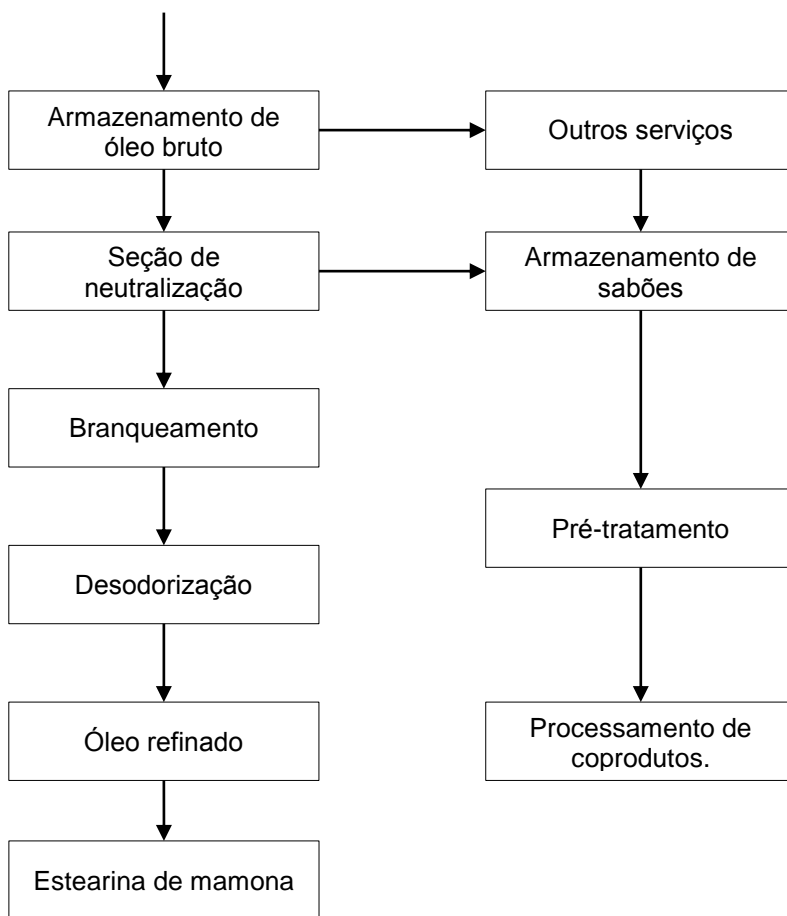
Os fluxogramas do processo de extração de óleo de mamona são apresentados na **Figura 8** e na **Figura 9**.

Figura 8 - Fluxograma do processo de extração do óleo de mamona



Fonte: adaptada, a partir de Faria (2014).

Figura 9 - Fluxograma do processo de refino de óleo de mamona



Fonte: adaptada, a partir de Faria (2014; NAUTIYAL, 2018).

A demanda internacional de óleo da mamona cresce de 3 % a 5 % por ano, o que evidencia o potencial desse mercado (COMPREHENSIVE CASTOR OIL REPORT, 2013). A introdução da produção e uso de biodiesel na matriz energética de países emergentes também elevou o interesse pelo óleo da mamona, o que reflete no aumento da produção mundial dessa oleaginosa para fins energéticos (EPE, 2018; MME, 2015).

A **Tabela 5** permite visualizar os principais produtores mundiais de óleo bruto da mamona em 2010.

Tabela 5 - Principais produtores de óleo bruto da mamona.

Países	Produção/ (t)	Valor /(US\$ 1000)	Custo/ (US\$/t)
Índia	1.150.000	445.240	387
China	180.000	69.426	386
Brasil	93.025	35.332	380
Moçambique	38.600	14.481	375
Paraguai	13.000	4.987	384
Tailândia	12.197	4.744	389
Etiópia	8.400	3.211	382
Angola	7.500	2.830	377
Vietnã	6.000	2.294	382
África do Sul	5.500	2.100	382

t: toneladas.

Fonte: adaptado, a partir da Embrapa (2020).

A produção chinesa de óleo da mamona é limitada ao consumo interno, enquanto os demais países comercializam grande parte da sua produção no mercado internacional. O preço de venda do óleo de mamona é cotado no porto de Amsterdã, Holanda, e o valor da cotação tem forte relação com o volume de óleo disponível no mercado internacional.

A Índia lidera o mercado internacional de óleo bruto de mamona, mas também há significativa contribuição de países da Europa (França, Holanda e Alemanha). No entanto, é possível verificar que, com a exceção da União Europeia (UE), a China representa um dos maiores importadores de óleo bruto de mamona. Nesse sentido, é importante considerar a demanda da China e da UE na estruturação do mercado de óleo de mamona em Guiné-Bissau.

2.5 Palma de Dendê

A palma de dendê (*Elaeis guineenses*) é uma cultura oleaginosa amplamente cultivada no mundo devido à utilidade do óleo extraído dos CFF para a indústria alimentícia, química, cosmética, farmacêutica e fontes de bioenergia (MAPA, 2018). A palma de dendê possui origem nas antigas civilizações africanas, mas os maiores produtores dessa oleaginosa estão fora da África, sendo os maiores produtores mundiais, a Indonésia e a Malásia (MAPA, 2018).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), as condições edafoclimáticas favoráveis ao plantio e desenvolvimento da palma de dendê são climas tropicais e úmidos, que podem ser identificados por meio de zoneamento climático (MAPA, 2018). O ciclo produtivo da palma de dendê varia entre 25 e 30 anos, com produtividade média entre 3500 a 5000 kg/(ha ano⁻¹) e o teor de óleo bruto de 22 % por kg de fruta fresca e de 3 % para o óleo de palmiste, com produtividade estimada entre 200 kg/(ha ano⁻¹) a 350 kg/(ha ano⁻¹) (YOKOYAMA, 2016).

Segundo MAPA (2018), a produção da palma de dendê inicia com baixa produtividade a partir do terceiro ano de plantio e aumenta até ao sétimo ano, quando alcança o platô. Um dos sistemas amplamente utilizados na extração de óleo de palma nas pequenas biorrefinarias é a prensagem mecânica; e o óleo extraído pode ser transformado em insumos ou derivados para diversas aplicações industriais na fabricação de cosméticos, alimentos (margarinas, massas e biscoitos, chocolates e sorvetes) fármacos, produtos de higiene e limpeza, têxtil, siderurgia e bioenergia.

A **Tabela 6** permite visualizar as principais aplicações de produtos derivados do óleo de dendê.

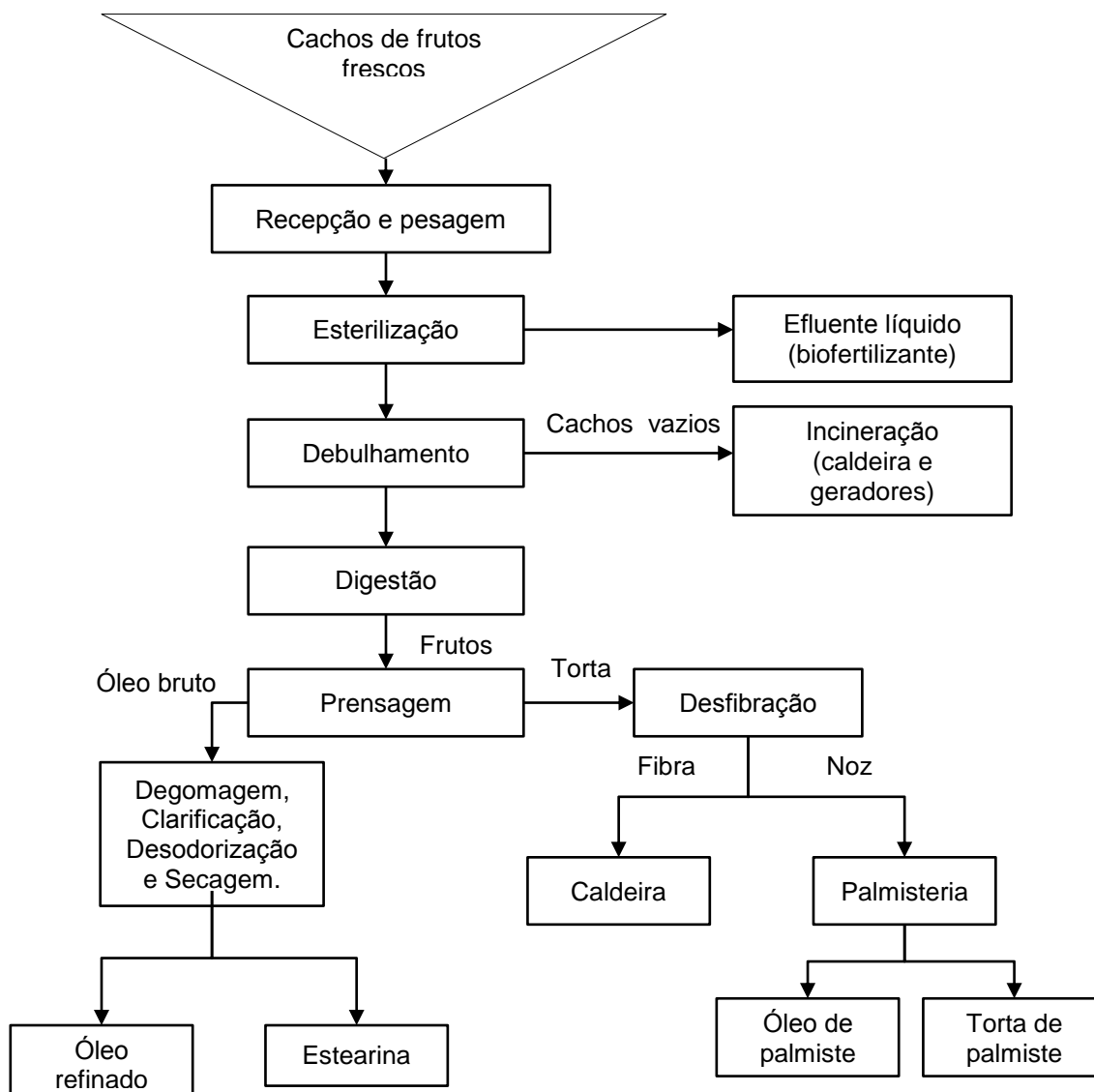
Tabela 6 - Aplicações dos derivados de palma de dendê por tipo de indústria

Indústria	Aplicações	Derivados Utilizados
Agrícola	Fertilizantes orgânicos	Torta de dendê, efluente líquido de palma de dendê.
Alimentícia (80 % da produção)	Margarina, Gorduras para panificação, biscoitos, massas e tortas, pó para sorvetes, Shortenings (gordura vegetal), chantilly, Óleo de cozinha, Substituto da manteiga de cacau, bolachas, lubrificantes para máquinas de alimentos. Fonte de vitaminas A e E.	Óleo bruto de palma, palmiste, óleo refinado e estearina de palma.
Agropecuária	Composição de ração animal para bovinos, caprinos, suínos e aves.	Torta de palmiste Óleo integral de dendê Fração líquida de óleo de dendê.
Cosméticos e Farmacêutica	Shampoos, sabonetes, condicionadores de cabelo, óleo de massagem, protetor solar, antioxidantes, combate às rugas e envelhecimento precoce da pele.	Óleo bruto de palma, óleo refinado de palma e estearina de palma refinada, branqueada e desodorizada.
Indústria Química	Tintas, resinas, giz, sabão, detergentes, emulsificantes, amaciantes para roupas, velas, ácidos graxos, ésteres metílicos.	Óleo bruto de palma e óleo de palma refinado.
Indústria de Aço	Laminação de aço: Lubrificante Inibidor de corrosão de superfície	Óleo bruto de palma.
Biocombustíveis	Biodiesel	Óleo bruto de palma.

Fonte: autor, a partir de Döhler América Latina (2014).

O fluxograma do processo de extração de óleo de palma de dendê pode ser visualizado na **Figura 10**.

Figura 10 - Fluxograma do processo de extração de óleo de palma



Fonte: adaptado, a partir de Silva; A (2007).

Em 2020, os maiores produtores de óleo de dendê foram Indonésia, Malásia e Tailândia, os quais responderam por 87,97 % da produção mundial (INDEX MUNDI, 2021). A **Tabela 7**, permite visualizar a evolução da produção mundial de óleo de dendê entre 2000 e 2020 (em toneladas).

Tabela 7 - Principais produtores de óleo de dendê /(1000 t)

Produção	2000	2014	2015	2020	%
Indonésia	7050	31 000	33 000	43 500	57,55
Malásia	10 840	19 617	19 880	19 900	26,33
Tailândia	530	1820	1950	3100	4,10
Outros Países	920	2076	2183	3707	4,90
Colômbia	520	1109	1140	1670	2,21
Nigéria	740	910	960	1280	1,69
Papua/Nova Guiné	340	520	525	691	0,91
Equador	220	490	510	615	0,81
Honduras	140	460	470	590	0,78
Brasil	110	370	395	540	0,71

t: toneladas de óleo bruto de dendê.

Fonte: autor, a partir da FAOSTAT (2021; Index Mundi, 2021).

Os custos de produção industrial de óleo bruto de dendê foram estimados em 601 US\$/t, enquanto o custo de produção agrícola de 0 a 2 anos é de 920 US\$/(ha ano⁻¹); e de 292 US\$/(ha ano⁻¹) para plantio de 3 a 7 anos (YOKOYAMA, 2016). A referência de custos de produção, produtividade da planta e de preços de comercialização dos CFF, de óleo bruto e refinado são estabelecidos nos principais países produtores (Malásia e Indonésia).

2.6 Princípios ativos de Óleo de Mamona e de Dendê

As matérias-primas que podem ser processadas em larga escala nas biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau são a mamona e palma de dendê. Essas plantas apresentam grande capacidade de crescimento mesmo em ambientes adversos e são resistentes ao clima úmido e seco, típico da Guiné-Bissau. As essências de óleo da palma de dendê possuem bioativos que permitem sua aplicação em indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética. Enquanto o óleo da mamona possui composição química que permite seu uso na indústria farmacêutica e de cosméticos. Já a recuperação energética dos derivados e resíduos de processamento dessas oleaginosas pode ser realizada por biodigestor anaeróbico e caldeiras anexas na própria planta industrial de biorrefino.

É importante ressaltar que tanto o óleo de mamona quanto o de dendê pode ser caracterizado pelo índice de acidez, ácidos graxos saturados e insaturados, saponificação, viscosidade, refração e densidade, entre outros. No entanto, esses óleos podem ser extraídos das sementes da palma de dendê e de mamona, por método de prensagem mecânica ou processo físico-químico com uso de solventes.

O **Quadro 1** apresenta a descrição das propriedades físico-químicas de óleo de mamona e de dendê.

Quadro 1 - Propriedades físico-químicas de óleo de mamona e palma

Oleaginosa	Descrição	Fontes
Óleo de Palma e de Palmiste	O óleo de palma de dendê (<i>Elaeis guineenses</i>) representa um papel importante na indústria alimentícia, que absorve 80 % da produção mundial ao ano. As propriedades químicas desse óleo possuem antioxidantes que combatem o envelhecimento da pele e bactericida que ajuda na cicatrização de tecidos. O óleo de palma pode ser armazenado em temperatura ambiente e tem durabilidade média de 12 meses.	(CAMPESTRE, 2017; RODRIGUES, 2011)
Óleo da Mamona	O teor de óleo de mamona ou rícino (<i>Ricinus communis L.</i>) está entre 43 % a 50 % por kg de semente. A extração de óleo de mamona pode ser efetuada de três formas: prensagem mecânica da semente a frio, prensagem a quente ou por solventes (hexano ou etanol). Para fins medicinais, recomenda-se o método de extração por prensagem mecânica a frio, pois permite obter o óleo límpido, livre de impureza, acidez e rícino, além de incolor. Para fins industriais, no entanto, recomenda-se a extração por prensagem a quente, que pode ter índice de acidez de 1 % e impurezas de até 0,5 %.	(EMBRAPA, 2020; FREITAS, 2011; KUBALA, 2021; MILANE, 2014).

Fonte: autor.

Os coprodutos da mamona (torta de mamona, biofertilizante) apresentam utilidades no agronegócio. Entretanto, o seu uso em escala industrial depende muito da estruturação da cadeia produtiva desde o abastecimento das matérias-primas nas biorrefinarias até a coleta e o transporte para locais de uso, o que aponta a necessidade de integração da cadeia produtiva entre as cooperativas agrícolas e os produtores agroecológicos.

Novas oportunidades de aplicação de óleos e derivados podem ser consideradas como produção de polímeros, principalmente no caso da mamona, que poderia contribuir para potencializar as biorrefinarias propostas nesta pesquisa.

2.6.1 Indústria farmacêutica

A indústria farmacêutica surgiu na segunda revolução industrial com a entrada da penicilina na escala industrial, o que permitiu a criação de grandes corporações farmacêuticas. É um dos segmentos industriais que mais investe em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) na fabricação de medicamentos para atender às demandas de mercado em constante mudança (FIOCRUZ, 2020). De acordo com a Fiocruz (2020), a indústria farmacêutica movimentou 1 trilhão (US\$) somente em 2020. Nesse cenário, os mercados emergentes foram responsáveis por 25 % da oferta global. Isso indica que os maiores mercados de insumos farmacêuticos são os países industrializados (Alemanha, Canadá, Estados Unidos da América - EUA, França, Itália, Japão, Reino Unido) e alguns países emergentes como o Brasil, China e Índia (AKKARI *et al.*, 2016).

Em relação às patentes farmacêuticas depositadas no período de 1996 a 2013, a Europa ocupa a primeira posição com 29,26 %. Na segunda posição encontram-se os EUA, com 22,79 %. A China, Japão, Alemanha e França aparecem entre a terceira e sexta posição, respectivamente. Juntos, esses países responderam por 75,31 % das patentes globais da indústria farmacêutica no período analisado (AKKARI *et al.*, 2016; FIOCRUZ, 2020). No entanto, é importante analisar as características das patentes que envolvem a biotecnologia para compreender o potencial do sistema de biorrefino modular no fornecimento de insumos de alto valor agregado para esse segmento industrial, principalmente nos países em desenvolvimento que dependem de importação de insumos no mercado internacional.

Akkari *et al.* (2016) realizaram uma estimativa do crescimento da indústria farmacêutica a partir do método de Mínimos Quadrados Ordenados. Com isso, observaram uma tendência de crescimento de proteções das patentes concedidas ao Brasil (41 %) e à China (27 %) nos próximos anos e apontaram um aumento no índice de patenteamento chinês às quantidades dos atuais líderes mundiais em 2036, o qual indica a difusão tecnológica e o aumento da competitividade na indústria farmacêutica.

A produção e oferta de insumos para a indústria farmacêutica a partir de derivados da palma de dendê e sementes da mamona em Guiné-Bissau pode

impulsionar o crescimento dessa indústria nos países em desenvolvimento e assim contribuir para o crescimento econômico e o equilíbrio na balança comercial do país.

O **Quadro 2** permite visualizar as principais aplicações de derivados da palma de dendê e de mamona na indústria farmacêutica.

Quadro 2 - Aplicações da palma de dendê e mamona na indústria farmacêutica

Matéria-prima	Derivados Utilizados	Aplicações	Indústria
Mamona	Glicerol, ácido undecilênico, undecilenato de zinco, undecilenato de cálcio, óleo de mamona hidrogenado (estearina).	Anti-helmíntico, anticaspa, emoliente, emulsificante, encapsulante, expectorante, laxativo e purgativo.	Farmacêutica
Palma de dendê	Antioxidantes, combate às rugas e envelhecimento precoce da pele.	Óleo bruto, óleo refinado e estearina de palma branqueada e desodorizada.	Farmacêutica

Fonte: autor, a partir de Döhler América Latina (2014) e Comprehensive Castor Oil Report, (2013; FARIA, 2014).

Em seguida, é apresentada a indústria cosmética e aplicações de derivados da palma de dendê e de mamona nesse segmento industrial.

2.6.2 Indústria cosmética

O mercado mundial de cosméticos consiste na oferta e demanda de produtos de beleza, higiene e estética, que envolvem os cuidados com a pele, cabelos, maquiagem, fragrâncias e produtos de higiene pessoal, para citar alguns. Esses produtos podem ser subdivididos em segmentos *Premium* e de produção em massa, de acordo com o prestígio da marca, o preço de venda e canais de distribuição empregados (RIDDER, 2020).

A produção industrial de cosméticos é liderada por empresas multinacionais como a L'Oréal Paris; Unilever; Procter & Gamble Co.; The Estee Lauder Companies; e Shiseido Company e Lancôme. Porém, a L'Oréal Paris ocupa a liderança global desse mercado com faturamento de 31,2 bilhões (US\$) somente em 2018 (RIDDER, 2020).

A tendência de aumento de renda populacional global, inclusive em países emergentes, indica a mudança no hábito de consumo de cosméticos. Nos últimos anos, os consumidores estão mais preocupados com a eficácia dos produtos e transparência

nas informações sobre a origem das matérias-primas utilizadas na fabricação do que produtos baratos, e começaram a pressionar as corporações em relação ao uso de produtos sustentáveis na fabricação de cosméticos (BUSINESS INSIDER, 2019; RIDDER, 2020).

De acordo com Business Insider (2019), o movimento da “beleza limpa” está ganhando força no mercado global de cosméticos na medida em que aumenta a adesão dos consumidores em busca de produtos livres de toxinas, de ingredientes prejudiciais ao meio ambiente e ecossistema. Nesse sentido, as marcas estão atuando no desenvolvimento de novas fórmulas de produtos que permitem inserir recursos reutilizáveis como embalagens recicladas e matérias-primas de origem biológica para atrair consumidores conscientes pela sua marca.

Os fornecedores de insumos para indústria cosmética desempenham um papel importante nesse processo de transição, que envolvem o fornecimento de insumos de base natural para a indústria de cosméticos. Tais insumos consistem em extratos de frutas, essências e óleos vegetais, entre outros, e devem atender aos requisitos de qualidade e procedimentos de boas práticas de fabricação. Nesse sentido, precisam de alta tecnologia que permite fracionar as matérias-primas e a biomassa em extratos sem perder suas propriedades químicas ou naturais. A instalação de biorrefinarias modulares para fornecimento de insumos para indústria cosmética tem potencial de fomentar o crescimento desse segmento industrial na Guiné-Bissau, além de gerar empregos e renda.

O **Quadro 3** sintetiza as principais aplicações de derivados da mamona e palma de dendê na indústria cosmética.

Quadro 3 - Aplicações da palma de dendê e mamona na indústria cosmética

Matéria-prima	Aplicações	Derivados Utilizados	Indústria
Mamona	Insumos de perfumaria, Batons, tônico capilar, Shampoo, Emulsificantes, Desodorantes.	Óleo refinado, estearina, ácido undecilênico, ricinoleato de zinco, heptaldeído, ácido heptanóico, álcool heptílico.	Cosméticos e Perfumaria
Palma de dendê	Shampoos, sabonetes, condicionadores de cabelo, óleo de massagem e protetor solar.	Óleo bruto, óleo refinado e estearina branqueada e desodorizada.	Cosméticos

Fonte: autor, a partir de Döhler América Latina (2014) e Comprehensive Castor Oil Report, (2013; FARIA, 2014).

De acordo com o **Quadro 3**, os produtos derivados do óleo de mamona e de palma de dendê têm grande potencial econômico devido a sua aplicação na indústria de cosméticos e perfumaria, o que pode ser utilizado como atrativo para estimular a operacionalização das biorrefinarias propostas nesta pesquisa. A indústria alimentícia é apresentada na sequência.

2.6.3 Indústria alimentícia

A indústria alimentícia abrange atividades relacionadas ao processamento, produção, conservação, embalagem de alimentos, entre outras. As principais matérias-primas utilizadas nessa indústria são de origem agrícola ou agropecuária (SADIKU; MUSA; ASHAOLU, 2019). A indústria de alimentos é fundamental na vida humana e contribui para o desenvolvimento, manutenção da paz e segurança mundial (FAO, 2020).

Segundo Sadiku *et al.* (2019), as áreas mais lucrativas da indústria de alimentos são de processamento de carnes, vegetais e frutas, confeitaria, laticínios, salsichas, vinho e padaria. Esses mercados são liderados por corporações multinacionais como a Krafts Foods, Bunge, Cargill, Cadbury, Heinz, Nestlé, Food World, DuPont, McDonalds, Pizza Hut e KFC, para citar alguns (SADIKU; MUSA; ASHAOLU, 2019).

Os insumos utilizados na indústria alimentícia envolvem antioxidantes, acidificantes, antiemectantes, estabilizantes, desintoxicantes, aromas, condimentos, coadjuvantes, conservantes, enzimas, espessantes, entre outros. Grande parte desses

insumos pode ser fabricada em biorrefinarias modulares de pequeno porte em Guiné-Bissau, por meio de beneficiamento dos CFF de dendê e sementes de mamona, impulsionando a bioeconomia¹ naquele país (MULDER *et al.*, 2016).

A prospecção tecnológica, uma das etapas de análise da tendência de um produto, é importante na identificação dos potenciais clientes dos produtos provenientes das biorrefinarias propostas nesta pesquisa, estruturação do mercado de comercialização e cadeia de suprimento para fornecimento das matérias-primas a fim de serem beneficiados no empreendimento apresentado neste estudo. Nesse sentido, a busca patentária deve focar na identificação de inventores, suas instituições de afiliação e o país de origem, tipo de empresas e famílias de patentes. As demais aplicações de derivados da mamona e da palma de dendê na indústria alimentícia e na produção de alimentos podem ser visualizadas no **Quadro 4**.

Quadro 4 - Aplicações da palma de dendê e mamona na indústria alimentícia, agricultura e agropecuária

Indústria	Aplicações	Derivados Utilizados	Setor
Mamona	Fertilizantes	Torta de mamona	Agricultura
	Surfactantes, aditivos para redução de viscosidade, embalagens de alimentos.	Óleo de mamona polietoxilado.	Alimentícia
Palma de dendê	Fertilizantes orgânicos	Torta de dendê, efluente líquido de palma de dendê.	Agrícola
	Margarina, Gorduras para panificação, biscoitos, massas e tortas, pó para sorvetes,	Óleo bruto de palma, palmiste, oleína e estearina de palma.	Alimentícia
	Shortenings (gordura vegetal), chantilly, Óleo de cozinha, Substituto da manteiga de cacau, bolachas, lubrificantes para máquinas de alimentos. Fonte de vitaminas A e E.	Óleo bruto de palma, palmiste, refinado e estearina de palma.	Alimentícia
	Composição de ração animal para bovinos, caprinos, suínos e aves.	Torta de palmiste, óleo integral de dendê, fração líquida de óleo de dendê.	Agropecuária

Fonte: autor, a partir de Döhler América Latina (2014) e Comprehensive Castor Oil Report, (2013; FARIA, 2014).

¹ A bioeconomia pode ser definida como o ramo da economia que utiliza as matérias-primas biodegradáveis no processo produtivo e tem fortes impactos no desenvolvimento regional ao contribuir para a diversificação da base produtiva (HERNÁNDEZ-CHAVERRI; BUENROSTRO-FIGUEROA; PRADO-BARRAGÁN, 2021).

A partir do **Quadro 4**, é possível observar que os derivados da mamona não têm aplicações diretas na produção de alimentos, mas possuem utilidades na fabricação de embalagens para alimentos, portanto, representam insumos importantes na indústria alimentícia.

2.7 Avaliação Tecno-Econômica-Ambiental-Social da Biorrefinaria

A avaliação tecno-econômica, ambiental e social permite analisar a sustentabilidade de um projeto de investimento para apoiar na tomada de decisão multicritério. No caso das biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau, a avaliação da viabilidade econômica, ambiental e social de biorrefinaria permite identificar e caracterizar os indicadores de desempenho ambiental, econômico e social de unidades de biorrefinarias modulares de beneficiamento dos CFF de dendê e sementes de mamona.

2.7.1 Avaliação tecno-econômica de biorrefinaria

A avaliação técnico-econômica permite analisar a viabilidade técnica, econômico-financeira de um projeto de investimento ou de expansão da capacidade produtiva de um empreendimento. Também a avaliação tecno-econômica é importante para realizar orçamento de capital para financiar um projeto de negócio (WANG; UNREAN; FRANZÉN, 2016). Os principais indicadores utilizados na avaliação tecno-econômica de um projeto podem ser divididos em dois grupos, denominados despesa de capital (Capital of Expendurite - CAPEX) e despesa operacional (Operational Expendurite - OPEX). Já no processo de tomada de decisão, outros indicadores são utilizados como o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), *Payback* Simples *Payback* Descontado (BRASIL, 2020; IANDA *et al.*, 2022).

A representação matemática desses últimos indicadores é apresentada nas Equações 1 a 4.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TMA)^t} - Invesimento\ Inicial \quad (1)$$

$$\sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - Investimento\ inicial = 0 \quad (2)$$

$$Payback\ Simples = \frac{Investimento\ Inicial}{FC_t} \quad (3)$$

$$Payback\ Descontado = \frac{Investimento\ Inicial}{VPL} \quad (4)$$

onde,

$VPL = Valor\ Presente\ Líquido;$

$t = Cada\ Período\ de\ Tempo\ Calculado;$

$FC_t = Fluxo\ de\ Caixa\ após\ um\ Determinado\ Período.$

$TMA = Taxa\ Mínima\ de\ Atratividade.$

$TIR = Taxa\ Interna\ de\ Retorno.$

A combinação desses indicadores fornece informações importantes para a tomada de decisão, aumentando a previsibilidade dos resultados esperados de um projeto de investimento. Outros indicadores utilizados na avaliação tecno-econômica de um projeto estão relacionados à programação matemática com uso das ferramentas da pesquisa operacional. Essas ferramentas incluem programação linear, não-linear e mista para solução e problema de otimização de transporte e de localização. A otimização pode ser aplicada em diferentes aspectos de avaliação de um projeto para tomada de decisão (FERREIRA, 2019). No problema proposto neste estudo, sua aplicação se insere na maximização do lucro bruto do empreendimento proposto nesta pesquisa. Sendo assim, a representação matemática de um modelo de otimização com a função de maximizar o lucro pode ser visualizado nas Equações 5 a 8.

$$Maximizar: Z = C_1x_1 + C_2x_2 + C_3x_3 + \dots + C_nx_n \quad (5)$$

Sujeito a:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1 \quad (6)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2 \quad (7)$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n \geq 0 \quad (8)$$

onde,

Z = função objetivo que se pretende maximizar;

x_1, x_n = são variáveis de decisão;

C_1, C_n = são coeficientes das variáveis de decisão;

$a_{11}, a_{21}, \dots, a_n$ = representam os coeficientes das restrições do problema;

b_1, b_2 = parâmetros de restrição do problema de otimização.

O estudo da viabilidade técnica pode ser realizado por meio de pesquisa de patentes requeridas e concedidas nos últimos anos em fontes especializadas da propriedade industrial em países produtores de óleo de palma e mamona. Também denominado de prospecção tecnológica, o estudo de patentes permite identificar a trajetória tecnológica de um produto ou mix de produtos derivados de uma matéria-prima, os processos de fabricação empregados e as tendências futuras. Sendo assim, os resultados de uma prospecção tecnológica fornecem informações de apoio na compreensão do mercado de um produto ou mix de produtos e pode reduzir o risco na tomada de decisão.

O levantamento bibliográfico permitiu encontrar várias produções científicas sobre avaliação tecno-econômica de biorrefinarias energéticas na África, Europa e nos EUA (ABBATI DE ASSIS *et al.*, 2018; GARCÍA; BETANCOURT; CARDONA, 2017; GEZAE DAFUL; GÖRGENS, 2017). Na avaliação da viabilidade econômica de produção de energia renovável, García *et al.* (2017) propuseram diferentes métodos de transformação da biomassa lignocelulósica em produtos de alto valor agregado por meio de conversão termoquímica, físico-química e bioquímica. Para alcançar esse objetivo, os autores realizaram uma avaliação tecno-econômica e ambiental, com cenários de produção de bioenergia, que incluem método de gaseificação baseado em conceitos de biorrefinarias.

Outros indicadores utilizados na avaliação tecno-econômica da biorrefinaria são as despesas de capital (CAPEX) e despesas operacionais (OPEX), que compreendem análise de custo de instalação e equipamentos, e custos operacionais, respectivamente. Esses indicadores permitem analisar o montante de capital investido na instalação unitária da biorrefinaria, custos operacionais com a mão de obra, depreciação, despesas fixas e variáveis (GEZAE DAFUL; GÖRGENS, 2017; HAMID; LIM, 2019; REEB *et al.*, 2018).

Nesta pesquisa, as principais matérias-primas selecionadas no estudo são a palma de dendê e mamona de origem agroecológicas na produção de insumos para a indústria farmacêutica, alimentícia e cosmética em Guiné-Bissau, esses insumos incluem óleo bruto de palma; óleo bruto de mamona; suas respectivas essências de óleos refinados; óleo de palmiste; e estearinas. O capital de investimento inicial é considerado como custo fixo de abertura de uma unidade de biorrefinaria modular (FLETCHER; ADEBOYE; DUEDU, 2017).

Em Guiné-Bissau o segmento industrial é fortemente baseado no processamento de produtos agrícolas, produção de cerveja e bebidas não alcoólicas. No entanto, o governo local garante que o país pode estar na iminência de desenvolvimento da mineração e da produção do petróleo que podem transformar o país. Atualmente, existem duas grandes mineradoras em operação em Guiné-Bissau, as quais atuam na extração de bauxita e fosfato. Os empregos gerados na produção de bauxita e fosfato em Guiné-Bissau somam 24 622 pessoas e as receitas fiscais são de US\$ 72,3 mil por ano (BANCO MUNDIAL, 2015).

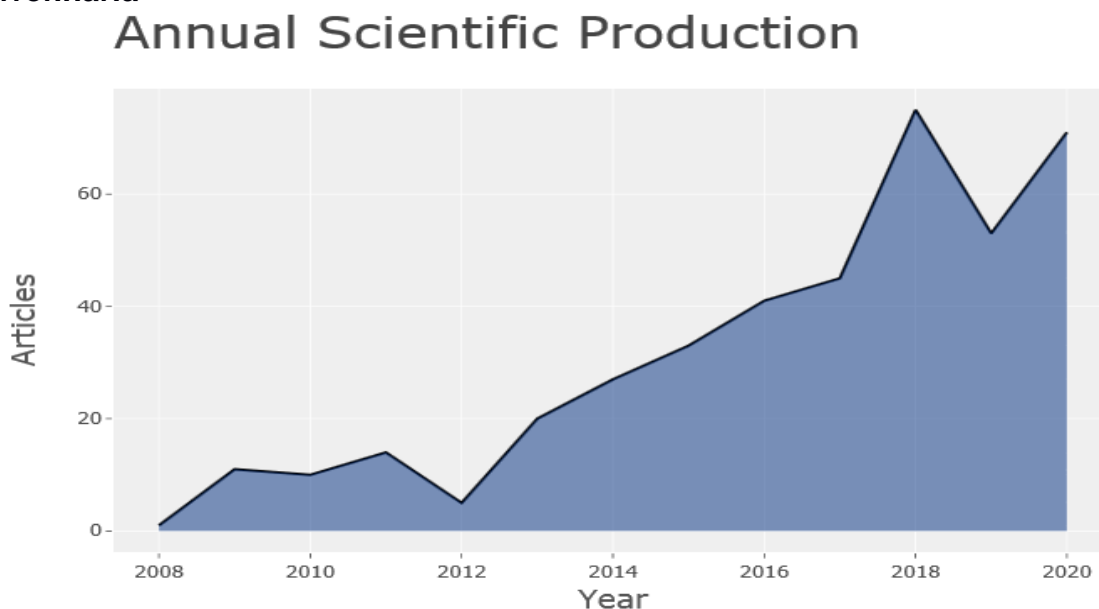
Ademais, é importante ressaltar que não há atividades de promoção do desenvolvimento e bem-estar social nas comunidades que abrigam as instalações industriais de extração de minérios e, por isso, as comunidades locais carregam todas as externalidades negativas provenientes dessas operações (BANCO MUNDIAL, 2015). Desse modo, é importante a criação de novas alternativas que priorizem o desenvolvimento sustentável em Guiné-Bissau.

2.7.2 Avaliação ambiental de biorrefinaria

A avaliação ambiental de biorrefinarias modulares permite dimensionar os impactos ambientais gerados em todos os estágios do beneficiamento das matérias-primas e biomassas orgânicas. Uma técnica amplamente utilizada na literatura para avaliação ambiental da biorrefinaria é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (GIWA, 2017). A ACV permite avaliar o impacto ambiental em diferentes etapas da cadeia produtiva de biorrefinarias (produção das matérias-primas, processamento industrial, consumo e destinação final de resíduos gerados).

Para minimizar o impacto ambiental de uma biorrefinaria modular, é necessário identificar os indicadores de desempenho ambiental e criar modelos matemáticos de otimização com restrições ambientais. O levantamento bibliográfico sobre os modelos de avaliação ambiental de biorrefinarias permitiu observar um grande crescimento das produções científicas sobre o tema nos últimos 5 anos, veja a **Figura 11**.

Figura 11 - Evolução das produções científicas sobre avaliação ambiental da biorrefinaria



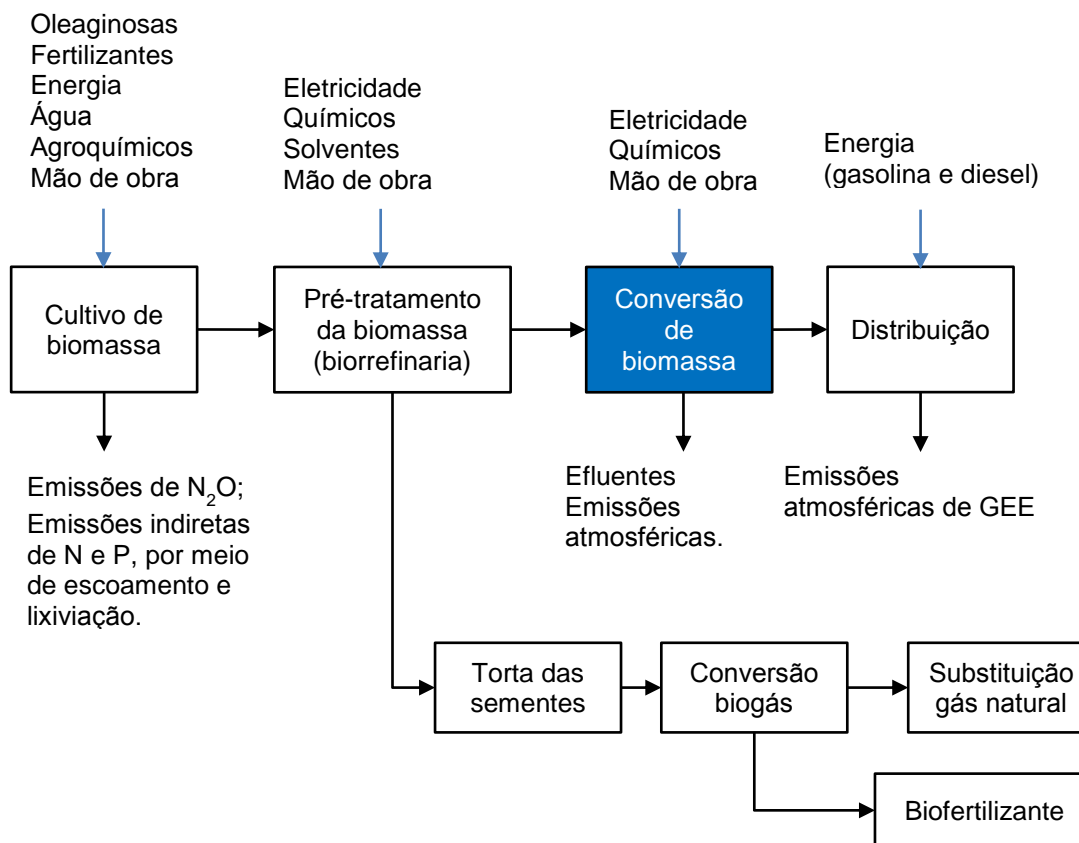
Fonte: autor, a partir de Clarivate Analytics (2020).

Esses dados evidenciam que a grande maioria das produções científicas selecionadas para análise neste estudo utiliza o modelo de avaliação ambiental associado ao processo de conversão de biomassas em bioprodutos e coprodutos energéticos (HUSGAFVEL *et al.*, 2017; NIEDER-HEITMANN; HAIGH; GORGENS, 2019; OSMANI; ZHANG, 2017). Além disso, a maioria das produções científicas analisadas utiliza a técnica da ACV para avaliação ambiental de biorrefinaria (CORONA *et al.*, 2018; DASAN *et al.*, 2019; FOTEINIS; ANTONIADIS-GAVRIIL; TSOUTSOS, 2018; FOULET *et al.*, 2018; GULLÓN *et al.*, 2018; KHOSHNEVISAN *et al.*, 2018).

Segundo as observações de Cherubini *et al.* (2011), o problema de alocação (escolha das matérias-primas, transporte e distribuição) se constitui num dos principais fatores de avaliação de desempenho ambiental de uma unidade industrial de

biorrefinaria. Nesse contexto, recorreu-se ao trabalho de Prasara-A *et al.* (2019), que apresentaram um modelo de fluxo de processo de avaliação ambiental a partir de diferentes etapas de alocação, conforme a **Figura 12**.

Figura 12 - Fluxo de processo de avaliação ambiental de biorrefinarias



Fonte: adaptado, a partir de Prasara-A *et al.* (2019).

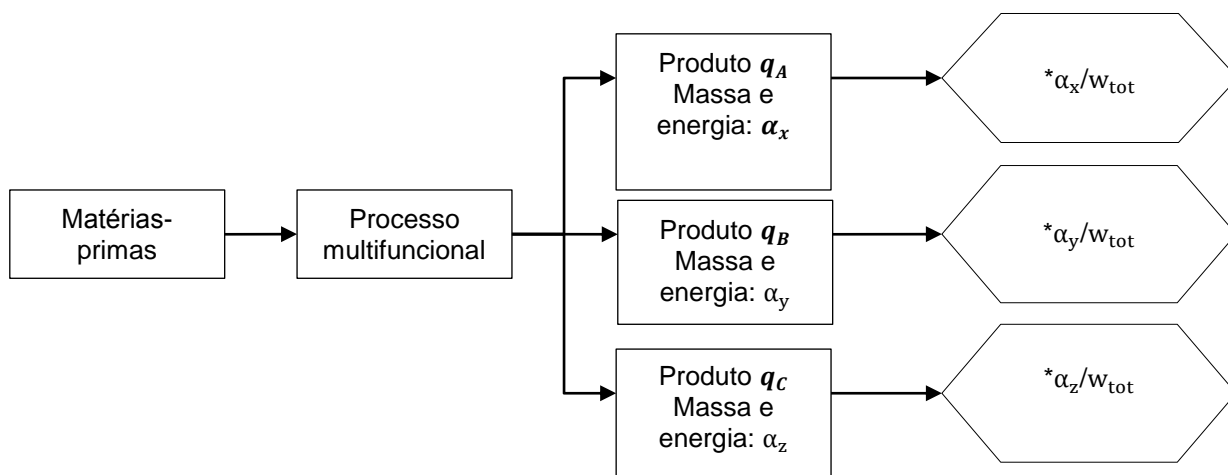
Os principais indicadores de avaliação ambiental são encontrados em Husgafvel *et al.* (2017). Esses autores apresentaram 12 indicadores que permitem avaliar o desempenho ambiental de uma biorrefinaria, que incluem: (I) qualidade do ar; (II) qualidade da água; (III) resíduos sólidos gerados; (IV) transporte; (V) emissões de GEE; (VI) gerenciamento da comunicação; (VII) inovação ambiental; (VIII) liderança e estratégia; (IX) pegada hídrica; (X) produtividade; (XI) biodiversidade; e (XII) aspectos legais.

As biorrefinarias que produzem múltiplos produtos aumentam a dificuldade de identificar uma função de produção principal (AHLGREN *et al.*, 2013). A multifuncionalidade dos conceitos de biorrefinarias também leva ao desafio comum de alocar os impactos ambientais a vários produtos. Tendo em vista que seus produtos podem ter diferentes unidades funcionais e atributos físicos que levam a uma questão central na ACV para biorrefinarias (CHERUBINI; STROMMAN; ULGIATI, 2011; SPEKREIJSE *et al.*, 2019). Discussão adicional sobre os impactos da alocação nos resultados dos sistemas de biorrefinarias modulares também pode ser encontrada em Cherubini; Stromman; Ulgiati (2011).

O método de particionamento é uma ferramenta utilizada para analisar as categorias e dimensões de impactos ambientais das biomassas unitárias no processo de produção (LINDORFER *et al.*, 2019). O particionamento se baseia na divisão artificial de processos multifuncionais em processos monofuncionais que operam independentemente e analisa as categorias de impacto e seu dimensionamento entre os coprodutos usando um critério de avaliação predefinido (HEIJUNGS; GUINÉE, 2007).

No caso dos sistemas de biorrefinarias, é necessário identificar a diferença entre processos com uma relação física e sem relação nos resultados e nas emissões de CO₂ equivalente. Nessa abordagem, Lindorfer et al. (2019) adotaram o método de partição para avaliar alocação de massa nas biorrefinarias, veja a **Figura 13**.

Figura 13 - Esquema básico de alocação de massa e energia



Fonte: adaptado, a partir de Lindorfer et al. (2019, p. 7).

onde, α_x = fator de impactos ambientais gerados pelo produto A; α_y = fator de impactos ambientais gerados pelo produto B; α_z = fator de impactos ambientais gerados pelo produto C; w_{tot} = impacto ambiental total gerado ($\alpha_x \cdot q_A + \alpha_y \cdot q_B + \alpha_z \cdot q_C + \dots + \alpha_n \cdot q_n$); *Proporção do impacto ambiental do produto A, B e C sobre impacto ambiental total de uma biorrefinaria multiprodutos.

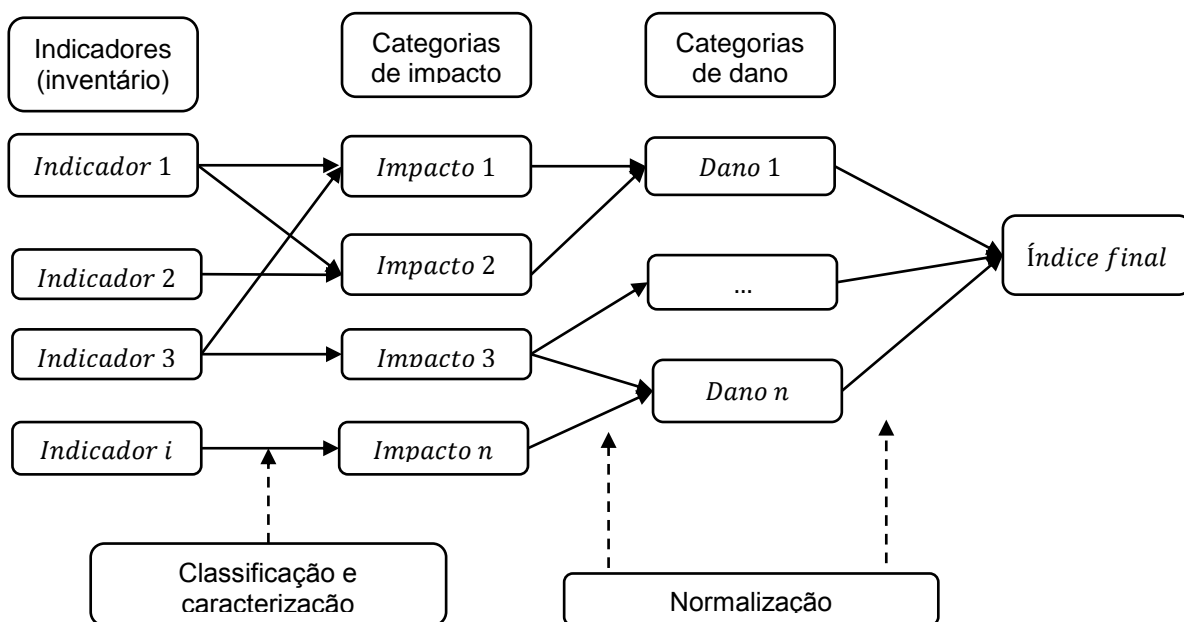
O esquema apresentado na **Figura 13** ilustra o modelo de avaliação ambiental de biorrefinaria multiprodutos por meio de categoria de impactos associados à matéria-prima unitária e insumos necessários para a produção unitária de um tipo de produto. O método de partição permite calcular o impacto ambiental na alocação de diferentes recursos na produção e compartilhamento dos resultados entre diferentes fatores de produção a partir da Eq. 9 e Eq. 10:

$$w_i = \alpha_i \cdot q_i, \quad (9)$$

$$w_{tot} = \sum_{i=1}^n w_i, \quad (10)$$

onde, w_i = impacto ambiental específico; α_i = fator de impacto ambiental unitário gerado na produção de um produto; e q_i = quantidade total produzida; w_{tot} = impacto total gerado na produção (CHERUBINI; STROMMAN; ULGIATI, 2011). A representação matemática desses indicadores pode ser visualizada na Eq. 12, assim como categorias de impacto e de dano. Já o índice final é representado matematicamente pela Eq. 13. A representação gráfica deste modelo se encontra na **Figura 14**.

Figura 14 - Integração do Modelo de Prasara-A et al. (2019) e Modelo de Partição com ACV



Fonte: adaptado, a partir de Brondani (2014).

De acordo com a **Figura 14**, os indicadores representam os parâmetros de medição de diferentes impactos ambientais.

O problema de otimização multiobjetivo aplicado aos estágios do ciclo de vida das biorrefinarias contemplam as seguintes análises de impacto ambiental:

- a) Produção das oleaginosas e biomassa;
- b) Transporte das oleaginosas e biomassa colhida nas zonas de abastecimento para biorrefinarias;
- c) Processo de beneficiamento das oleaginosas e biomassa em bioprodutos e coprodutos;
- d) Transporte de bioprodutos e coprodutos para as zonas de demanda do cliente.

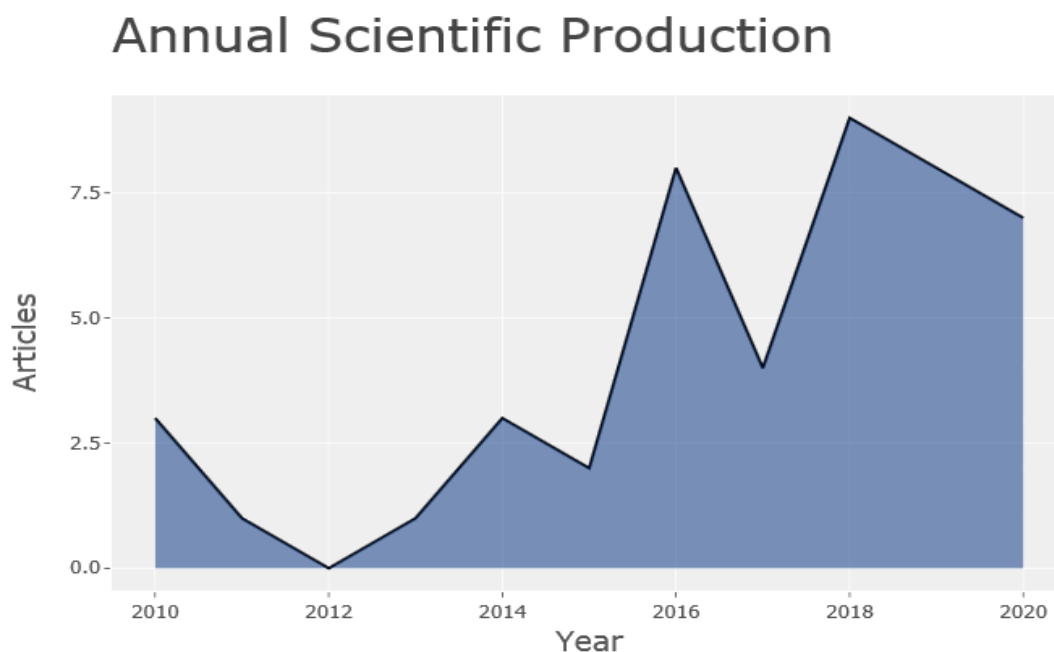
Outra análise ambiental de biorrefinaria foi desenvolvida por Ezequiel Santibanez-Aguilar *et al.* (2014). Esses autores realizaram uma análise da sustentabilidade de unidade industrial de biorrefinaria no México, com a inclusão de impacto ambiental, econômico e social a partir da programação linear inteira mista multiobjetivo. Nessa abordagem, foi empregada a técnica da ACV com aplicação do método Eco-indicador99 para avaliar o impacto ambiental, enquanto o impacto social foi

avaliado pela quantidade de empregos gerados com implementação da biorrefinaria. Os resultados indicam que soluções econômicas e sustentáveis podem ser obtidas para satisfazer a demanda mexicana de biodiesel e etanol, com a escolha de matérias-primas que estão disponíveis durante todo o ano e não afetam o meio ambiente.

2.7.3 Avaliação social de biorrefinaria

A avaliação social é importante para identificar o impacto social de um projeto de investimento ou uma instalação industrial de biorrefinarias com a comunidade do entorno. O levantamento bibliográfico sobre avaliação social no escopo de projetos de biorrefinaria permitiu verificar que a análise da dimensão social começa a parecer na literatura com mais frequência a partir de 2010. A evolução das publicações demonstrou um crescimento expressivo em 2016, mas teve uma queda em 2017 e voltou a crescer em 2018, veja **Figura 15**.

Figura 15 - Evolução da produção científica sobre avaliação social da biorrefinaria



Fonte: autor, a partir de Clarivate Analytics (2020).

O avanço nas produções científicas sobre avaliação social de biorrefinarias modulares pode ser influenciado por vários fatores, como o crescimento dos sistemas de produção de bioenergia; a necessidade de avaliar impactos sociais que justifiquem a

instalação de unidades de biorrefinarias numa comunidade, a análise da capacidade de biorrefinarias na geração de novos empregos, o incentivo ao desenvolvimento de tecnologias verdes e investimentos em PD&I (CADENA *et al.*, 2019; EBADIAN; SOKHANSANJ; WEBB, 2017; EZEQUIEL SANTIBANEZ-AGUILAR *et al.*, 2014). Também envolve abordagem da sustentabilidade na concepção de projetos de biorrefinarias para produção de bioenergias, promover o desenvolvimento regional por meio da diversificação da base produtiva (HUSGAFVEL *et al.*, 2017).

A técnica de Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACV-S) representa também uma das principais ferramentas aplicadas na literatura sobre avaliação social da biorrefinaria (CADENA *et al.*, 2019; NIEDER-HEITMANN; HAIGH; GORGENS, 2019; NISHIHARA HUN; DANIEL MELE; ANTONIO PEREZ, 2017; PRASARA-A *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2018). Essas ferramentas são de pesquisa operacional baseadas na abordagem de otimização multicritério. No contexto da biorrefinaria modular, o objetivo é maximizar impactos sociais positivos dessa indústria.

Na pesquisa realizada por Cadena *et al.*, (2019), empregou-se a ACV-S para medir o impacto social de biorrefinarias na Holanda a partir da matriz de causa-efeito para vincular as categorias das partes interessadas aos pontos médios (Mid-points). Essas categorias envolvem o potencial de empregos gerados (E), relações trabalhistas e gerenciais (LMR), saúde e segurança ocupacional (HS), bem-estar do funcionário (NEW), inovação e competitividade (I), não-discriminação (ND), práticas básicas de direitos humanos (BHRP), comunidade (COMM), políticas públicas (PP), conformidade (COMP), envolvimento das partes interessadas (STA), saúde e segurança do cliente (CHS) e conformidade do produto (PRC).

Essas categorias foram classificadas em 4 grupos (End-points): (I) práticas trabalhistas e trabalho decente (LA); (II) direitos humanos (HS); (III) sociedade; (IV) responsabilidade pelo produto (PR). Nesse sentido, elas permitiram analisar o impacto social da biorrefinaria em relação às partes interessadas representadas pela comunidade do entorno da biorrefinaria, autoridades, clientes, fornecedores e empregados.

Foram estabelecidos pontos de referência de desempenho (PRP) e, por não ser possível obter dados quantitativos de biorrefinarias ativas na Holanda, foi decidido usar

relatórios anuais de sustentabilidade de empreendimento desse segmento, os quais representam etapas do ciclo de vida do sistema (CADENA *et al.*, 2019). Os resultados permitiram analisar os indicadores sociais e construir um diagrama de análise de impactos sociais das biorrefinarias, conforme apresentado no **Quadro 5**.

Quadro 5 - Impactos sociais da biorrefinaria às partes interessadas

Impactos do projeto	Impactos positivos	Impactos negativos
Empregos	Criar oportunidades de emprego	Realocação frequente de pessoas Aumentar a exposição a substâncias perigosas
Consumidores	Oferecer mais alternativas de produtos de base biológica	Alterar a volatilidade dos preços
Partes interessadas	Benefício de subsídios ao investimento público Promova tecnologias verdes	Riscos mais elevados em comparação com negócios tradicionais Dificuldades na proteção do conhecimento
Fornecedores	Criar novas oportunidades de negócios Fortalece práticas de responsabilidade social	Responder a requisitos ambientais mais rígidos.
Comunidade local	Promover o desenvolvimento regional Resolver o problema de gerenciamento de resíduos de glicerol bruto	Aumentar os conflitos de direitos de terra; Gerar impactos ambientais; Mudar a biodiversidade.
Autoridades	Estimular a inovação em P&D Obter maiores receitas fiscais Reduzir a dependência externa	Estrutura de política fragmentada.

Fonte: autor, a partir de Cadena *et al.*, (2019).

Estes autores também recomendaram considerar no plano de implantação das instalações industriais de biorrefinarias, eventos que promovam o contato com a comunidade e ações que auxiliem o desenvolvimento das comunidades locais (CADENA *et al.*, 2019). O engajamento com as organizações sociais e uma interação frequente da comunidade poderiam influenciar positivamente o resultado do projeto de instalação de sistemas de biorrefinarias modulares nas zonas rurais da Guiné-Bissau.

Cabe ressaltar que a confiabilidade nos dados para avaliação ambiental, econômica e social é importante instrumento para tomada de decisão. Sendo assim, a descrição dos conceitos da avaliação das incertezas é apresentada a seguir.

2.8 Avaliação das incertezas de medição para propagação dos resultados da pesquisa

A avaliação da incerteza representa uma estimativa que permite quantificar a confiabilidade dos resultados de medições ou de informações. Essa avaliação se torna necessária na medida em que pode ocorrer a falta de exatidão ou de precisão na coleta de dados ou até durante a medição de um mensurando (JUNIOR; SILVEIRA, 2010, p. 3). O conceito estabelece que quanto maior a incerteza, menor é a confiabilidade dos resultados de uma medição, pressupondo que o resultado de uma medição deve ser atribuído a um intervalo de valores razoáveis do mensurando, que são caracterizados de incertezas (INMETRO, 2012; RIBEIRO, C.F. COSTA.; MEIRA, RL., MARTINS, MAF., KALID, 2018). Isso indica que uma medição não pode ser atribuída a um valor único em virtude das variações que podem ocorrer nas observações repetidas, e as interferências de grandezas não são controladas (JUNIOR; SILVEIRA, 2010, p. 4–5).

Existem dois tipos de avaliação de incertezas, as do Tipo A e as do Tipo B (BIPM *et al.*, 2008). A diferença entre elas ocorre em virtude dos procedimentos de cálculos distintos, mas representam a distribuição de probabilidade quantificada por meio de variância ou desvio padrão. A avaliação do Tipo A compreende o método de “avaliação de incertezas pela análise estatística de uma série de observações” (BIPM *et al.*, 2008). Essa avaliação pode ser calculada pelo desvio-padrão de várias medidas obtidas por meio de repetição. Tendo em vista que a melhor estimativa para o valor esperado é a média dos dados obtidos no processo, a incerteza do Tipo A será o desvio-padrão da média (JUNIOR; SILVEIRA, 2010).

Já a avaliação do Tipo B é necessária, pois está relacionada à qualidade do sistema de medição, metadados associados ao mensurando. Segundo (BIPM *et al.*, 2008), a incerteza do Tipo B é o “método de avaliação de incerteza por outros meios que não a análise estatística de séries de observações”. Para realizar essa avaliação da incerteza é necessário conhecer tanto os equipamentos quanto os materiais envolvidos no processo de mensuração (BIPM *et al.*, 2008). Tais informações abrangem as especificações do fabricante de materiais utilizados no processo, as certificações de calibração dos equipamentos de medição assim como as incertezas estabelecidas em manuais de uso e outras referências.

Entretanto, tanto a avaliação do tipo A quanto a do tipo B podem ser interpretadas como desvios-padrão, e os resultados podem ser utilizados para construir intervalos de abrangência no caso de um único mensurando, ou construir regiões de abrangência quando há mais de um mensurando (BIPM *et al.*, 2008; GONZÁLEZ; MACÍAS, 2018; JUNIOR; SILVEIRA, 2010; MENDES; KALID; ESQUERRE, 2011).

É importante ressaltar a existência de medições indiretas e propagação da incerteza. As medições indiretas são comuns porque permitem determinar a velocidade média de um corpo físico, por exemplo, a partir da medição do seu deslocamento pelo intervalo de tempo correspondente (LIMA, J., 2012).

A medição indireta da incerteza de um experimento pressupõe a construção de um modelo matemático que descreva a relação entre as grandezas envolvidas. Esse modelo permite determinar o valor de uma grandeza desconhecida a partir de valores de outras grandezas conhecidas (BIPM *et al.*, 2008). As grandezas conhecidas, cujos valores são inseridos no modelo matemático, são chamadas grandezas de entrada. Já a grandeza cujo valor se obtém a partir das grandezas de entrada é chamada grandeza de saída (BIPM *et al.*, 2008).

Entretanto, é necessário avaliar a incerteza do resultado obtido da medição indireta, uma vez que nenhum procedimento experimental é completamente confiável. Sempre haverá incerteza associada aos valores das grandezas experimentais. Nesse sentido, todas as grandezas de entrada possuem incertezas associadas. Conseqüentemente, as grandezas de saída possuem alguma incerteza também. Essa repercussão da incerteza das grandezas de entrada sobre a incerteza da grandeza de saída é chamada propagação da incerteza (BIPM *et al.*, 2008). A avaliação da incerteza pode ser realizada a partir da Matriz Pedree e Simulação Monte Carlo (MENDES *et al.*, 2011).

Os indicadores utilizados para avaliação ambiental de biorrefinarias modulares são a emissão de GEE representado pelo CO₂eq, uso da água no beneficiamento dos CFF de dendê e sementes de mamona descascada e uso da energia. Desse modo, as incertezas de indicadores ambientais devem ser avaliadas para quantificar a confiabilidade dos resultados a partir do modelo proposto neste estudo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O método de pesquisa compreende uma descrição detalhada do processo realizado para alcançar os objetivos de uma pesquisa, de forma a garantir sua reprodução parcial ou integral a partir de apropriação do conhecimento tácito das atividades desenvolvidas durante a execução (BELLO, P. L., 2004; KALID, 2022). Nesse contexto, Kalid (2022) chama a atenção sobre a importância de classificar a pesquisa quanto aos objetivos gerais, ao local de execução e aos procedimentos de coleta de dados para melhor compreensão da técnica utilizada.

Quanto aos objetivos, esta pesquisa se caracteriza como exploratória e para alcançá-los foram adotadas abordagens de pesquisa quali-quantitativas (mista), para dimensionar os parâmetros da avaliação tecno-econômica, ambiental e social de biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau. No Quadro 6 é possível visualizar a classificação geral desta pesquisa.

Quadro 6 - Classificação de pesquisas quanto aos objetivos gerais

Objetivos gerais: <ul style="list-style-type: none">• Pesquisa exploratória
Fonte de dados: <ul style="list-style-type: none">• Pesquisa bibliográfica (Web of Science, Scopus e Google Scholar);• Embrapa Brasil, Sites Oficiais do governo da Guiné-Bissau, Fundo Monetário Internacional, Banco Mundial, FAO AQUASTAT e FAOSTAT e, no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).
Procedimento de coleta de dados: <ul style="list-style-type: none">• Pesquisa bibliográfica<ul style="list-style-type: none">○ Proposição do modelo de avaliação tecno-econômica, ambiental e social de biorrefinarias modulares;○ Definição das técnicas numéricas e fontes de dados;○ Simulação do modelo computacional;○ Montagem do modelo computacional;○ Coleta de dados, tratamento e ajuste do modelo computacional;○ Coleta de dados da produtividade das biorrefinarias modulares;○ Validação do modelo proposto.• Levantamento de patentes de palma de dendê e mamona depositados no INPI e na Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO).

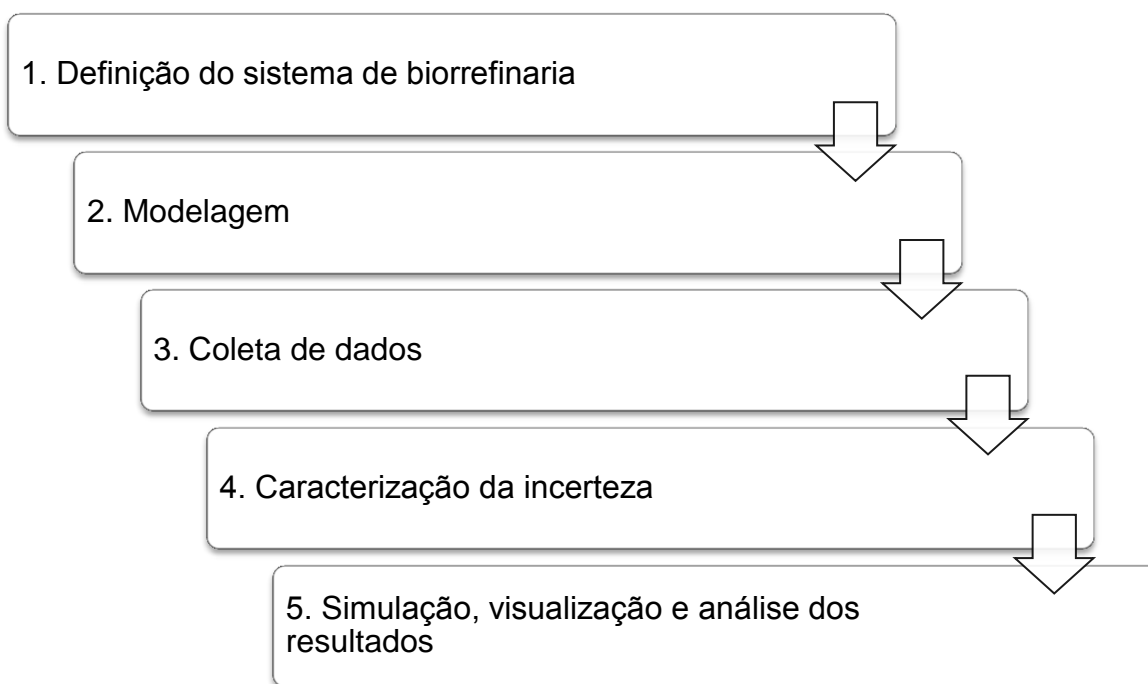
Fonte: autor, a partir de Kalid (2022) e Santos (2002).

A revisão bibliográfica foi realizada a partir da utilização das expressões-chave sobre o tema da pesquisa em fontes de dados Web of Science, Scopus e Google Scholar. Os resultados obtidos foram compilados e utilizados na construção de um quadro conceitual da avaliação tecno-econômica, ambiental e social de biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau, os quais foram utilizados para embasamento teórico deste estudo.

3.1 Modelo da pesquisa proposta

Os procedimentos metodológicos deste estudo compreendem 5 estágios de execução, conforme ilustrados na **Figura 16**, os quais são descritos nas seções seguintes.

Figura 16 - Etapas do procedimento metodológico deste trabalho

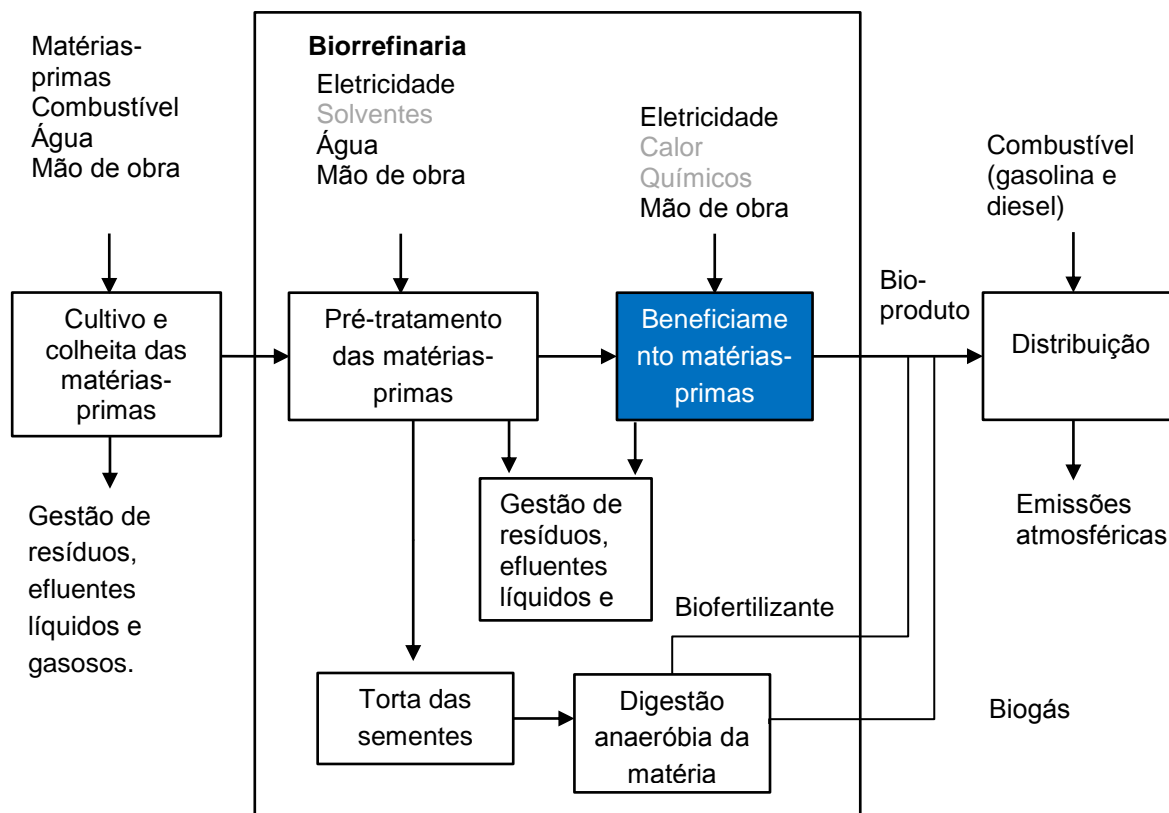


Fonte: autor.

3.1.1 Definição do sistema de biorrefinaria

As principais etapas e fluxos da cadeia de produção e consumo de produtos de uma biorrefinaria modular são apresentadas na **Figura 17**.

Figura 17 - Sistema de produção e uma biorrefinaria.



Fonte: adaptado, a partir de Prasara-A *et al.* (2019).

3.2 Modelagem

Foi utilizado o método de pesquisa quantitativa, baseado no modelo de otimização da função multiobjetivo para avaliar a viabilidade das dimensões técnica, econômica, ambiental e social de biorrefinarias multiproduto simultaneamente. O modelo proposto foi construído com base na técnica de otimização (BAIRAMZADEH; PISHVAEE; SAIDI-MEHRABAD, 2016). As variáveis de decisão do problema e as

condições de restrição são lineares e envolvem indicadores econômicos, ambientais e sociais de biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau.

3.2.1 Modelo de Avaliação Tecno-econômica

O vetor $\vec{q} = (q_1, q_2, q_3, \dots, q_7)$ foi definido para representar as variáveis de decisão dos produtos que se deseja fabricar, sendo estes os seguintes: Óleo Bruto de Palma (q_1), Óleo Bruto de Mamona (q_2), Óleo Refinado de Palma (q_3), Óleo Refinado de Mamona (q_4), Estearina de Palma (q_5), Estearina de Mamona (q_6) e Óleo de Palmiste (q_7). Tais produtos são produzidos a partir das seguintes matérias-primas: cacho de frutos de Palma de Dendê (β_1) e sementes de Mamona descascadas (β_2). Já a capacidade e quantidade das biorrefinarias foram definidas com base na disponibilidade das matérias-primas (palma de dendê e mamona) do país em estudo, a partir da Eq. 11:

$$q_i \leq \beta_i K_i \quad (11)$$

para $i = 1, 2, 3, \dots, 7,$

onde, q_i representa a quantidade do produto i em kg/d; β_i representa quantidade de matéria-prima i disponível em kg; e K_i capacidade produtiva de biorrefinarias em kg/d.

A quantidade produzida de óleo bruto de palma e mamona, e óleo de palmiste (q_1, q_2 e q_7) foi estimada sobre as matérias-primas de CFF e sementes de mamona descascadas (β_1 e β_2 , respectivamente). Já a quantidade de óleos refinados (q_3 e q_4) foi estimada a partir da quantidade produzida de óleos brutos (q_1 e q_2). Por fim, a quantidade produzida de estearinas (q_5 e q_6) foi estimada a partir da quantidade produzida de óleos refinados (q_3 e q_4). A Função Objetivo de Maximização de Lucro Bruto anual é apresentada pela Eq. 12, a qual é dependente das Eqs. 12 a 15.

$$\text{Maximizar } Z_1: \quad L = \sum_{i=1}^7 L_i \quad (12)$$

$$L_i = \sum (R_i - (C_i + C_{transp})) \quad (13)$$

$$R_i = q_i \times PV_i \quad (14)$$

$$C_i = q_i \times CP_i \quad (15)$$

onde, L representa o lucro bruto em US\$/d; L_i representa o lucro da produção i em US\$/d; R_i representa a receita bruta i em US\$/d; C_i representa o custo de produção i em US\$/d; C_{transp} é o custo de transporte das matérias-primas; q_i é a quantidade produzida i em kg/d; PV_i representa o preço de venda i em US\$/kg; CP_i é o custo de produção em US\$/kg. As variáveis de decisão são as quantidades produzidas de q_i . Os dados de entrada do rendimento das matérias-primas e custos de processamento estão apresentados na **Tabela 11**.

A otimização de transporte das matérias-primas das fazendas para locais de abastecimento das biorrefinarias foi definida a partir das Eqs. 16 a 19.

$$\min C_{transp} = \sum_{i=1}^2 \sum_i \sum_j C_{transp\ unit} \times \beta_{iab} \times d_{ab} \quad (16)$$

Sujeito a:

$$\sum_i \beta_{ia} \leq a_{ia} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (17)$$

$$\sum_j \beta_{ib} \leq K_{ib} \quad (j = 1, 2, \dots, m) \quad (18)$$

$$\beta_{iab} \geq 0 \quad (19)$$

onde, C_{transp} representa o custo total de transporte em US\$/d; $C_{transp\ unit}$ é o custo de transporte, em US\$/(kg km); β_{iab} é a quantidade da matéria-prima transportada, em kg/d; d_{ab} é a distância entre ponto de origem a e ponto de destino b , em km; β_{ia} é a quantidade da matéria-prima a ser transportada do ponto de origem a , em kg/d; a_{ia} é a quantidade de matéria-prima disponível no ponto de origem a , em kg/d; K_{ib} é a

quantidade demandada na biorrefinaria em kg/d. Os dados de entrada do modelo supracitado são apresentados na **Tabela 8**.

Tabela 8 - Distâncias entre as fazendas e biorrefinarias e quantidade ofertada de matéria-prima (palma e mamona)

Fazendas de abastecimento das matérias-primas (biomassa)	Localização das biorrefinarias de processamento das oleaginosas							Oferta (β_k) / (t ano)
	Distância entre as fazendas e estabelecimento das biorrefinarias (d_{ab}) / km							
	Bafatá	Biombo (Prabis)	Cacheu (Bula)	Gabú	Oio (Nhacra)	Quinara (Buba)	Tombali (Catió)	
Bambadinca	36	141	242	143	93	110	172	12 234
Biombo	157	6	55	207	47,9	240	301	12 161
Contubel	31	184	165	51	141	166	227	22 473
Xitole	66	166	204	116	123	69	130	19 414
Quinhamel	162	50	58	212	53	245	306	6539
Bedanda	174	274	312	224	231	67	37,4	16 619
Galomaro	33	159	170	82	115	141	202	7366
Gã-mamudo	19	169	143	73,2	126	153	214	13 093
Fulacunda	164	264	301	214	221	32	93,1	13 300
Safim	126	27	22	176	17	209	270	2534
Tite	203	303	340	252	260	70,8	132	10 142
Comuda	39	139	100	87,9	88	175	236	6960
Mansoa	89	73	61	138	30	172	233	15 901
Bissorã	101	87	40	149	54	196	257	16 281
Mansabá	69	102	70	117	59,2	201	262	20 110
Farim	121	160	112	141	146	256	317	22 205
Cacine	180	280	277	229	237	94	97	8894
Quebo	153	253	250	202	210	67	46	13 925
Pirada	86	251	224	43	196	222	282	13 548
Madina de Boé	117	269	255	67,9	226	252	313	47 670
Nhacra	110	43	35,1	159	0	193	253	3847
Empada	174	274	271	223	231	42	46	11 272
Pitche	81	214	205	33	191	217	277	29 309
Canchungo	177	87	38	226	73	270	331	9321
Sonaco	42	187	172	39	151	177	238	11 362

Fonte: autor, a partir de GOOGLE MAPS (2021).

Os dados apresentados na **Tabela 8** foram utilizados para definir a localização ótima das biorrefinarias a partir das equações 16 a 19. Esses dados foram coletados por meio da ferramenta de localização do Google maps®, o qual permitiu estimar a distância entre as fazendas de produção das oleaginosas e a localização das instalações das biorrefinarias.

A localização das biorrefinarias foi definida com base na estimativa da demanda disponível em cada cidade e disponibilidade das indústrias para absorção dos produtos.

O transporte dos produtos e coprodutos da biorrefinaria para as zonas da demanda de consumo não foi dimensionado, uma vez que os próprios compradores são responsáveis pelo transporte desde o portão da fábrica.

Os dados da **Tabela 8** permitiram prever o custo médio de transporte por *kilometro* rodado em 0,038 US\$/ (kg km^{-1}) , o qual foi estimado com base no Simulador de Custo de Transporte (EPL, 2022), assim como a demanda de CFF de dendê e as sementes de mamona descascadas para cada biorrefinaria. Informações detalhadas podem ser verificadas no **Apêndice A**.

Para avaliar a viabilidade econômico-financeira, foram utilizados os principais indicadores de avaliação de projetos a partir das Equações 20 a 23.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TMA)^t} - \text{Investimento Inicial} \quad (20)$$

$$\sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - \text{Investimento Inicial} = 0 \quad (21)$$

$$\text{Payback Simples} = \frac{\text{Investimento Inicial}}{FC_t} \quad (22)$$

$$\text{Payback Descontado} = \frac{\text{Investimento Inicial}}{VPL} \quad (23)$$

onde,

VPL = Valor Presente Líquido;

t = Período de Tempo Total;

t = Cada Período de Tempo Calculado;

FC_t = Fluxo de Caixa após um determinado período;

TMA = Taxa Mínima de Atratividade;

TIR = Taxa Interna de Retorno.

Os indicadores supracitados foram apurados a partir de um inventário com estimativas de custo de investimento inicial para instalações de biorrefinarias em Guiné-Bissau, custos operacionais e despesas gerais para um projeto com ciclo de vida de 15 anos. O modelo de avaliação ambiental é apresentado na sequência.

3.2.2 Modelo de Avaliação Ambiental

As emissões de GEE foram utilizadas como indicador na dimensão ambiental desta pesquisa. Para minimizar o impacto ambiental das biorrefinarias modulares em estudo, foi utilizada a Eq. 24.

$$\text{Minimizar } Z_2: \quad GEE = \sum_{i=1}^2 [GEE_i \times q_i] \quad (24)$$

onde, **GEE** é a quantidade de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) emitida no ciclo de vida da etapa de beneficiamento das matérias-primas em kg/d; **GEE_i** é o coeficiente da emissão de CO₂eq emitida no beneficiamento **i** em kg/kg; **q_i** é a quantidade produzida **i** em kg/d. Os dados de entrada das emissões de GEE das matérias-primas beneficiadas e a quantidade produzida de cada produto foram apresentados na **seção 3.3**.

Os relatórios de inventário da base de dados de ciclo de vida ecoinvent™ versão 3.6 (MORENO-RUIZ, E.; VALSASINA, L.; FITZGERALD, D.; BRUNNER, F.; SYMEONIDIS, A.; BOURGAULT, G.; WERNET, 2019) com o procedimento de alocação por subdivisão de processo (*cut-off criteria*) foram utilizados para obter a pegada de carbono unitária do método IPCC-2013 GWP-100 (potencial de aquecimento global de 100 anos) para produtos deste estudo (**Tabela 9**).

Tabela 9 - Pegada de carbono unitária por produto da biorrefinaria modular avaliada

Parâmetro	Potencial de aquecimento global / (kg CO ₂ eq kg ⁻¹)	Nome do inventário		Comentário
		Produto	Processo	
Palma de dendê				
Óleo bruto	1,403	<i>Palm oil, crude</i>	<i>Palm oil mill operation – RoW</i>	(GNANSOUNOU, 2019)
Óleo Refinado	2,558	<i>palm oil, refined</i>	<i>Palm oil refinery operation - GLO^a</i>	Insumo de óleo: 1.01 kg kg ⁻¹ ; Refino: 1,141 kg CO ₂ eq kg ⁻¹ (LEVOVA, 2019a)
Estearina	3,281	<i>Stearic acid</i>	<i>Stearic acid production - GLO^b</i>	Insumo de óleo: 1.11 kg kg ⁻¹ na produção de estearina; Produção de estearina ^c : 0,440 kg CO ₂ eq kg ⁻¹ (VALSASINA, 2019b)
Óleo refinado de Palmiste	2,074	<i>Fatty acid</i>	<i>Fatty acid production, from palm kernel oil - RoW^a</i>	Insumo de óleo: 1.03 kg kg ⁻¹ ; Refino: 0,303 kg CO ₂ eq kg ⁻¹ (VALSASINA, 2019a)
Torta de Palmiste	0,236	<i>Palm kernel meal</i>	<i>Palm oil mill operation – RoW</i>	
Mamona				
Óleo bruto	6,750	<i>Castor oil, crude</i>	<i>Soybean meal and crude oil production – RoW^d; Castor bean production - RoW como matéria-Prima</i>	Extração de óleo: 0,235 kg CO ₂ eq kg ⁻¹ (BAJAJ, 2019; LEVOVA, 2019b); produção da matéria-prima (BAJAJ, 2019; LEVOVA, 2019b).
Óleo Refinado	8,449	<i>Castor oil, refined</i>	<i>Soybean oil refinery operation – RoW^d;</i>	Insumo de óleo: 1.03 kg kg ⁻¹ ; Refino: 1,496 kg CO ₂ eq kg ⁻¹ (GREIG, 2019)
Estearina	9,819	<i>Stearic acid</i>	<i>Stearic acid production - GLO^b</i>	Insumo de óleo: 1.11 kg kg ⁻¹ na produção de estearina; Produção de estearina ^c : 0,440 kg CO ₂ eq kg ⁻¹ (VALSASINA, 2019b)
Torta de mamona	2,917	<i>Castor meal</i>	<i>Castor bean production – RoW^d</i>	Produção de torta: 0,101 kg CO ₂ eq kg ⁻¹

RoW: Rest of World; GLO: Global. ^a Óleo bruto oriundo apenas de fornecedor RoW; ^b Foi utilizado o procedimento de alocação mássica no processo multiproduto para que a mesma pegada de carbono unitária seja representativa para o processamento de óleos com diferentes concentrações de estearina. ^c Processo adaptado de insumo de sebo bovino para o insumo de óleo vegetal; ^d Processo adaptado de insumo de óleo de soja para o insumo de óleo de mamona sem considerar a diferença do conteúdo da matéria-prima e tecnologia de beneficiamento.

Fonte: autor, a partir de Weidema B P, Bauer C, Hischer R; Nemecek t, Reinhard J; G. (2013).

3.2.3 Modelo de Avaliação Social

O modelo de avaliação social foi construído a partir do problema de maximização de empregos gerados por quantidade das matérias-primas produzidas e processadas nas biorrefinarias modulares em estudo. A Eq. 25 é uma representação matemática desse problema.

$$\text{Maximizar } Z_3: \quad EG = \sum_{i=1}^2 [EG_i \times q_i] \quad (25)$$

onde, EG é a quantidade total de empregos diretos gerados; EG_i é o coeficiente de empregos gerados por produto i em 1/kg; q_i representa a quantidade produzida de um produto i em kg/d. Os dados de entrada para avaliar o impacto social da biorrefinaria na geração de empregos são apresentados na **Tabela 10**.

Tabela 10 - Unidade de empregos diretos por unidade de produto

Parâmetro	Empregos diretos (EG/ kg ⁻¹)	Nome do inventário	
		Produto	Processo
Palma de dendê			
Óleo bruto	0,000972	<i>Palm oil, crude</i>	<i>Palm oil mill operation</i>
Óleo refinado	0,001896	<i>palm oil, refined</i>	<i>Palm oil refinery operation</i>
Estearina	0,002178	<i>Stearic acid</i>	<i>Stearic acid production</i>
Óleo refinado de Palmiste	0,001105	<i>Fatty acid</i>	<i>Fatty acid production, from palm kernel oil</i>
Mamona			
Óleo bruto	0,004074	<i>Castor oil, crude</i>	<i>Crude oil production</i>
Óleo refinado	0,006722	<i>Castor oil, refined</i>	<i>Castor bean, oil refinery operation</i>
Estearina	0,007944	<i>Stearic acid</i>	<i>Stearic acid production</i>

Fonte: autor, a partir de Campos & Santos (2015; EMBRAPA, 2004; MEJER, 2014; OIT, 2020).

Os valores apresentados na **Tabela 10** representam os coeficientes de empregos gerados no ciclo de beneficiamento dos CFF e dendê e sementes de mamona em biorrefinarias modulares propostas neste estudo.

3.2.4 Restrições do modelo

O modelo que representa as restrições de beneficiamento das matérias-primas avaliadas neste estudo e que compreende a etapa de pré-tratamento e processamento é apresentado na Eq. 26 a Eq. 31. As demais Equações 33 a 35 representam os parâmetros e condições de restrições do modelo proposto, nas quais, é possível verificar a interdependência de cada produto em uma biorrefinaria modular.

$$\sum_{i=1}^2 q_1, q_2 = x_1 \times \beta_1 + x_2 \times \beta_2 \quad (\text{óleo bruto de dendê e mamona}) \quad (26)$$

$$q_3 = x_3 \times q_1 \quad (\text{óleo refinado de dendê}) \quad (27)$$

$$q_4 = x_4 \times q_2 \quad (\text{óleo refinado de mamona}) \quad (28)$$

$$q_5 = x_5 \times q_3 \quad (\text{estearina de dendê}) \quad (29)$$

$$q_6 = x_6 \times q_4 \quad (\text{estearina de mamona}) \quad (30)$$

$$q_7 = x_7 \times \beta_1 \quad (\text{óleo refinado de palmiste}) \quad (31)$$

$$\sum_{i=1}^7 (\alpha_i \times q_i) \leq A_{max} \quad (\text{uso da água}) \quad (32)$$

$$\sum_{i=1}^7 (\delta_i \times q_i) \leq E_{max} \quad (\text{uso da energia elétrica}) \quad (33)$$

$$\sum_{i=1}^7 (\gamma_i \times (\alpha_i \times q_i)) \leq T_{max} \quad (\text{geração de efluentes}) \quad (34)$$

$$q_i \geq 0 \quad (\text{quantidade a produzir de cada produto}) \quad (35)$$

onde, α_i é a quantidade de água utilizada na produção de um produto i em kg/d; q_i representa a quantidade produzida de um produto i em kg/d; A_{max} é a quantidade máxima de água que se deseja utilizar em kg/d; δ_i é a quantidade de energia utilizada na produção de um produto i em kWh/kg; E_{max} é a quantidade máxima de energia que se deseja utilizar em kWh/d; γ_i é o coeficiente de geração de efluente a partir do uso de água para beneficiar uma matéria-prima i em kg/kg; T_{max} é a quantidade máxima de efluentes que se deseja gerar em kg/d; k é a capacidade produtiva da biorrefinaria; x_i é o coeficiente utilizado em cada fase da produção.

Os dados de entrada do uso de água, energia e geração de efluentes são apresentados na **Tabela 11**.

Tabela 11 - Parâmetros de rendimento e custos de beneficiamento dos CFF de palma de dendê e sementes descascadas de mamona

Parâmetros e indicadores ambientais	Palma de dendê	Mamona	Unidade
Rendimento de óleo bruto	0,22	0,43	L/kg
Rendimento de óleo refinado	0,21	0,28	L/kg
Rendimento de estearina	0,06	0,30	kg/L
Rendimento de óleo de palmiste	0,03	-	L/kg
Geração de efluente líquido	0,50	0,53	L/kg
Geração de torta de palmiste	0,035	-	L/kg
Custo de produção de óleo bruto	3,77	2,26	US\$/L
Custo de refino do óleo	3,96	3,58	US\$/L
Custo de produção de óleo de palmiste	10,55	-	US\$/L
Custo de produção de estearina	6,97	12,24	US\$/kg
Uso de água	1,36	1,9	L/kg
Uso de energia no esmagamento e refino	0,019	3,48	kWh/kg
Geração de efluente	0,50	0,53	kg/kg

Fonte: autor, a partir de EMBRAPA (2018; WEIDEMA B P, BAUER C, HISCHIER R; NEMECEK T, REINHARD J; G, 2013).

A **Tabela 11** também apresenta os dados do rendimento dos produtos e custos de beneficiamento do CFF de dendê e das sementes descascadas de mamona. Os procedimentos da coleta de dados são apresentados na sequência.

3.3 Coleta de dados

Os dados foram coletados em sites especializados como da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAOSTAT e AQUASTAT FAO DATABASE), Empresa Brasileira de Agricultura e Agropecuária (EMBRAPA) e fontes oficiais do governo da Guiné-Bissau (DURAES, F.O.M.; LAVIOLA, B.G.; SUNDFELD, E.; MENDONÇA, S.; BHERING, 2009; EMBRAPA, 2004, 2005, 2018, 2020; FAO, 2019; FAO AQUASTAT, 2019; FAOSTAT, 2021; LEVERMANN; DE SOUZA, 2014; MILANE, 2014; RODRIGUES, 2011).

É importante ressaltar que a capacidade das biorrefinarias modulares foi definida com base na produção vigente de CFF de dendê e sementes descascadas de mamona. Já a avaliação da tendência de mercado de produtos e coprodutos da palma e mamona foi realizada por meio de prospecção tecnológica a partir de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial brasileiro (INPI) nos últimos 50 anos (INPI, 2022), o que compreende o período entre 1972 e 2022 na Organização Mundial da Propriedade Intelectual - WIPO (WIPO, 2016, 2022). Os resultados permitiram encontrar 11 patentes sobre beneficiamentos da palma de dendê e 89 patentes de mamona no INPI (DOURADO *et al.*, 2021; INPI, 2022). Já as patentes encontradas na WIPO foram descritas detalhadamente na seção dos resultados desta pesquisa.

A quantidade ofertada das matérias-primas também é um indicador importante para a tomada de decisão sobre a capacidade de processamento de biorrefinarias modulares multiproduto, além de evitar a ociosidade na produção. Nesse sentido, os dados coletados em fontes secundárias permitiram observar que a quantidade ofertada das matérias-primas às biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau é de $3,66 \times 10^5 \text{ t ano}^{-1}$ de CFF de dendê e $1,8 \times 10^4 \text{ t ano}^{-1}$ de mamona (BNDES, 2013), (FAOSTAT, 2021) e (INDEX MUNDI, 2021). A produtividade de sementes da mamona é de $1,64 \times 10^3 \text{ kg ha}^{-1}$, enquanto aquela de CFF de dendê é de $8,42 \times 10^3 \text{ kg ha}^{-1}$ em Guiné-Bissau, conforme apresentado no **Apêndice B**.

A capacidade total das biorrefinarias modulares representa a soma da produção unitária das sete biorrefinarias propostas nesta pesquisa para instalação em diferentes regiões da Guiné-Bissau: (1) Bafatá; (2) Biombo (Prabis); (3) Cacheu (Bula); (4) Gabú; (5) Oio (Nhacra); (6) Quinará (Buba); e (7) Tombali (Catió).

A localização geográfica dos locais supracitados pode ser visualizada no mapa apresentado na **Figura 18**.

Figura 18 - Localização geográfica dos locais de instalação de biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau



Fonte: adaptado, a partir de Enciclopédia Global (2022).

A demanda da produção de CFF de dendê em Guiné-Bissau foi projetada a partir do volume de consumo de óleo bruto de dendê e de palmiste nos últimos cinco anos (INDEX MUNDI, 2021). Já a demanda da mamona foi prevista por meio da capacidade de oferta das sementes na produção agroecológica da área de terra disponível para expansão dessa oleaginosa em Guiné-Bissau.

Para avaliar a receita bruta, foi realizado um levantamento de preços de venda dos produtos provenientes do beneficiamento da mamona e CFF de dendê (**Tabela 12**). Estes valores são importantes para solucionar o problema de maximização da receita bruta e lucratividade do sistema de biorrefino.

Tabela 12 - Preço de venda de produtos do beneficiamento de CFF da palma de dendê e sementes descascadas de mamona

Descrição dos preços de venda - PV	Palma de dendê	Mamona	Unidade por ano
Óleo bruto	4,99	7,19	US\$/L
Óleo refinado	9,98	11,42	US\$/L
Estearina	10,72	15,00	US\$/kg
Efluente líquido	0,13	0,29	US\$/L
Óleo refinado de palmiste	10,91	-	US\$/L
Torta de mamona	-	0,35	US\$/kg
Torta de palmiste	0,13	-	US\$/kg

Fonte: autor, a partir de Biomercado (2021).

Para avaliar o impacto ambiental de biorrefinarias em estudo, foram utilizados os coeficientes da pegada de carbono do transporte e beneficiamento das matérias-primas. A emissão de GEE utilizada na estimativa inicial do beneficiamento dos CFF de dendê é $1,48 \text{ CO}_2\text{eq kg}^{-1}$ e das sementes descascadas de mamona é $3,26 \text{ CO}_2\text{eq kg}^{-1}$ (EMBRAPA, 2018; WEIDEMA P *et al.*, 2013). Já a caracterização da incerteza dos dados utilizados neste estudo é apresentada na seção a seguir.

3.4 Caracterização da incerteza

A avaliação de incerteza deste estudo foi realizada a partir da caracterização da incerteza dos parâmetros utilizados nas equações de estimação dos indicadores finais das dimensões econômica (**Eq. 12**), ambiental (**Eq. 24**) e social (**Eq. 25**). Ainda, foi utilizada a incerteza básica e incerteza adicional com a Matriz Pedigree para caracterizar a incerteza total de cada parâmetro das referidas equações (WEIDEMA P *et al.*, 2013), as quais são apresentadas na **Tabela 13**.

Tabela 13 - Caracterização da incerteza dos parâmetros dos indicadores finais

Variável por dimensão avaliada	<i>GSD</i>	<i>GSD</i> ²	Incerteza Básica	Incerteza Pedigree [Pontuação Matriz Pedigree]
Lucro bruto: $L = R_i - C_i$				
R_i (receita bruta)	1,11	1,24	1,05	3; 1; 1; 2; 3 [1,10; 1,00; 1,00; 1,01; 1,20]
C_i (custo de produção)	1,11	1,24	1,05	3; 1; 1; 2; 3 [1,10; 1,00; 1,00; 1,01; 1,20]
Emissão de GEE: $GEE(\vec{q}) = \sum_{i=1}^7 [GEE_i \times q_i]$				
GEE_i (Gases de efeito estufa por produto)	1,15	1,33	1,05	4; 3; 2; 5; 3 [1,20; 1,05; 1,03; 1,10; 1,20]
q_i (quantidade produzida)	1,11	1,24	1,05	3; 1; 1; 1; 3 [1,10; 1,00; 1,00; 1,00; 1,20]
Empregos gerados: $EG = \sum_{i=1}^7 [EG_i \times q_i]$				
EG_i (empregos gerados por produto)	1,15	1,33	1,05	4; 3; 2; 5; 3 [1,20; 1,05; 1,03; 1,10; 1,20]

GSD: desvio padrão geométrico. **GSD²**: desvio padrão geométrico quadrado.

Fonte: autor, a partir de Weidema; Wesnæs (1996).

De acordo com a **Tabela 13**, a Incerteza Básica representa uma estimativa inicial de incerteza, a qual é caracterizada a partir de um valor definido por classe de parâmetro, enquanto a Incerteza Pedigree é caracterizada a partir dos seguintes indicadores: confiabilidade (fontes de dados, técnicas de coleta e verificação); completeza (representatividade estatística e robustez da amostra); temporalidade (correlação entre o ano da coleta de dados e o período do desenvolvimento da pesquisa em questão); localização geográfica (abrangência da região onde os dados foram medidos); e tecnologia (materiais e processos utilizados na medição) (WEIDEMA; WESNÆS, 1996).

O **Quadro 7** apresenta a Matriz Pedigree com indicadores da qualidade de dados e suas respectivas descrições.

Quadro 7 - Matriz Pedigree de qualidade dos dados elaborada pelo pesquisador Diego Lima Medeiros (Rede de Tecnologias Limpas - TECLIM, Universidade Federal da Bahia – UFBA)

Pontuação do indicador (P)	1	2	3	4	5
P ₁ Confiança na fonte	Dados verificados baseados em medidas	Dados verificados parcialmente baseados em estimativas ou dados não verificados baseados em medidas.	Dados não verificados parcialmente baseados em estimativas qualificadas	Estimativa qualificada ou dados derivados de informações teóricas.	Estimativa não qualificada
σ^2g_1 ou GSD_1^2 ou U_1	1,00	1,05	1,1	1,20	1,5
P ₂ Completeza	Dados representativos para um número relevante de empresas durante um período que permita eliminar flutuações.	Dados representativos de > 50 % do mercado durante um período que permita eliminar flutuações.	Dados representativos para uma fatia pequena de empresas, mas relevante para o mercado em estudo ou dados de mais de 50 % de empresas por um curto período de tempo.	Dados representativos para somente uma empresa relevante para o mercado considerado.	Representatividade desconhecida ou dados de um pequeno número de empresas em um curto período de tempo.
σ^2g_2 ou GSD_2^2 ou U_2	1,00	1,02	1,05	1,1	1,20
P ₃ Correlação temporal	Menos de 3 anos de diferença para o ano de referência.	Menos de 6 anos de diferença para o ano de referência	Menos de 10 anos de diferença para o ano de referência	Menos de 15 anos de diferença para o ano de referência	Data desconhecida ou mais de 15 anos de diferença para o ano de referência.
σ^2g_3 ou GSD_3^2 ou U_3	1,00	1,03	1,1	1,20	1,5
P ₄ Correlação geográfica	Dados da área em estudo.	Dados médios de uma área maior que a área de estudo	Dados de uma área menor que a do estudo ou dados de uma área similar	Dados de uma área com pouca similaridade das condições de produção	Dados desconhecidos ou dados de área distinta a área de estudo.
σ^2g_4 ou GSD_4^2 ou U_4	1,00	1,01	1,02	1,05	1,1
P ₅ Correlação tecnológica	Dados de empreendimentos, processos e matérias do estudo.	Dados de processos e materiais de mesma tecnologia, mas diferentes empreendimentos.	Dado de processos ou materiais correlatos, mas mesma tecnologia ou dados de processos e materiais do estudo, mas de diferente tecnologia.	Dado de processos ou materiais correlatos, mas diferente tecnologia ou dados de escala laboratorial e mesma tecnologia.	Dados de processos ou materiais correlatos, mas com diferente tecnologia e em escala laboratorial.
σ^2g_5 ou GSD_5^2 ou U_5	1,00	1,05	1,20	1,5	2,00

Fonte: A partir de (BIPM *et al.*, 2008; KALID, 2021; WEIDEMA P *et al.*, 2013).

De acordo com o **Quadro 7**, a Pontuação Pedigree varia em uma escala de 1 a 5 para cada um dos indicadores supracitados (confiança na fonte, completeza, correlação temporal, correlação geográfica e correlação tecnológica), sendo que 1 indica os dados de maior qualidade e 5 aqueles de menor qualidade. As notas atribuídas são associadas aos Fatores de Incerteza para cada indicador da Matriz Pedigree. Por exemplo, para avaliar a qualidade de dados da Receita bruta, foram atribuídas as seguintes notas: [3; 1; 1; 2; 3], as quais representam respectivamente P1; P2; P3; P4; e P5. Já as incertezas pedigree são respectivamente: 1,20; 1,05; 1,03; 1,10; e 1,20. Nesse contexto, a Incerteza Total de cada parâmetro das equações de estimação dos indicadores finais foi estimada a partir da Eq. 36 (HAUSCHILD; ROSENBAUM; OLSEN, 2017).

$$GSD_x^2 = \exp\left(\sqrt{\sum_{i=1}^n [\ln(GSD_{x_i}^2)]^2}\right) \quad (36)$$

onde, GSD_x^2 é a Incerteza Total de um parâmetro x , em desvio padrão geométrico quadrado; $GSD_{x_i}^2$ representa a contribuição de Incertezas Básica e Pedigree de um parâmetro x , em desvio padrão geométrico quadrado. Ademais, a distribuição de probabilidade foi definida como Log-normal (MULLER; LESAGE; SAMSON, 2016).

Já o desvio padrão aritmético dos Indicadores Finais foi obtido a partir dos valores da Simulação Monte Carlo e foi aplicado o \ln para converter o desvio padrão dos valores da Simulação Monte Carlo (SMC) para obter o GSD , conforme representada pela Eq. 37.

$$GSD_{saída} = \exp\left(Desvpad. a(\ln(SMC))\right) \quad (37)$$

onde, $GSD_{saída}$ é o desvio padrão geométrico de saída; \exp é a distribuição exponencial dos valores de desvio padrão amostral; \ln é o logaritmo natural; e SMC representa cada valor da SMC .

3.5 Simulação, visualização e análise dos resultados

A repercussão da incerteza das grandezas de entrada sobre a incerteza da grandeza de saída é chamada Propagação da Incerteza (BIPM *et al.*, 2008). Nessa perspectiva, foi utilizada uma planilha em Excel[®] para gerar a *SMC* em 10 000 iterações para cada variável de entrada de modo a estimar a incerteza da variável de saída de cada modelo de medição dos indicadores finais.

A modelagem de otimização multidimensional de sustentabilidade das biorrefinarias modulares foi rodada em linguagem de programação em Python[®], cujo resultado é apresentado no **Apêndice C**. Já a linguagem de programação em R[®] foi utilizada para tratamento de dados bibliográficos extraídos na Web of Science e Scopus, enquanto Mendeley[®] foi o gerenciador das referências utilizadas para embasamento teórico desta pesquisa.

3.6 Delimitações dos modelos da pesquisa

Os modelos da pesquisa propostos neste estudo apresentam muitas limitações que precisam ser detalhadas para garantir maior entendimento na análise dos resultados alcançados. No modelo de avaliação tecno-econômica, adotou-se indicador de lucro bruto para estudar a viabilidade técnica e econômico-financeira de empreendimentos propostos. Com isso, foi necessário realizar o levantamento de custos de produção, rendimento das matérias-primas e preço de venda dos produtos. Para tal, foram utilizados os dados agregados coletados em diferentes fontes secundárias.

Para avaliar a viabilidade tecno-econômica das biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau, inicialmente foram considerados apenas a receita bruta, os custos operacionais e o lucro bruto na produção dos principais produtos das duas matérias-primas (CFF e sementes de mamona). Estes produtos são o óleo bruto, óleo refinado, estearina e óleo de palmiste. A estimativa da quantidade produzida e os preços dos subprodutos da produção como torta de mamona e de palmiste, assim como engaços, mesocarpo dos CFF e efluentes gerados não são levados em consideração nesta

análise. No entanto, o potencial desses subprodutos e coprodutos para cogeração de energia foi dimensionado na análise do balanço energético.

Na avaliação técnica, foi realizada uma prospecção tecnológica para identificar as empresas e países que estão na vanguarda de tecnologias de beneficiamento dos CFF e mamona, e quais são os principais produtos derivados do beneficiamento dessas matérias-primas. As fontes utilizadas na coleta de dados foram o INPI e o WIPO. Nesse sentido, foi possível mapear a tendência tecnológica dos produtos da palma de dendê e de mamona, assim como a identificação das empresas mais ativas na quantidade de patentes depositadas e concedidas nos últimos 50 anos. Essas podem ser classificadas como potenciais clientes ou concorrentes da Guiné-Bissau no mercado internacional de insumos derivados da semente de mamona e CFF. Apesar da relevância dessas informações para tomada de decisão, elas podem não refletir as condições do mercado de insumos para as indústrias instaladas em Guiné-Bissau.

Na avaliação ambiental, apesar da utilização de apenas um indicador de impacto ambiental (CO_2eq), esse indicador abrange todas as emissões geradas no pré-tratamento das matérias-primas e beneficiamento nas biorrefinarias modulares propostas. Nesse contexto, as emissões geradas na fase agrícola das matérias-primas, que envolve o trabalho de preparação das plantas e colheita, não foram contempladas nessa avaliação. Além disso, o CO_2eq é um dos principais indicadores com potencial de aquecimento global. No entanto, este estudo se propõe a aproveitar os CFF e mamona disponíveis em Guiné-Bissau, a grande maioria de forma orgânica, o que reduz a necessidade de uso de maquinarias e outras ferramentas de escala industrial que possam grande potencial de impacto ambiental negativo.

Na avaliação social, as limitações envolvem o uso de um único indicador de impacto ambiental no modelo de otimização multiobjetivo construído para solucionar o problema da pesquisa. Nesse caso, o indicador adotado foi a geração de empregos diretos no pré-tratamento das matérias-primas, beneficiamento e distribuição. Dentro do modelo de otimização construído foi necessário utilizar apenas indicadores quantitativos. Sendo assim, a geração de empregos por quantidade da matéria-prima processada representa um dos principais indicadores. No entanto, outros impactos sociais foram avaliados de forma indireta, como o potencial de geração de receitas

fiscais, potencial de redução da desigualdade social em Guiné-Bissau e responsabilidade social corporativo.

Na avaliação da incerteza de informações, utilizou-se a Matriz Pedigree para pontuar as incertezas de dados e *SML*. A Matriz Pedigree é considerada uma das ferramentas mais simplificadas para caracterizar as incertezas das informações para tomada de decisão. Entretanto, é uma importante ferramenta para tratamento de dados secundários, que foram utilizados nesta pesquisa.

4 RESULTADOS

Os resultados deste estudo permitiram identificar o potencial de implementação de biorrefinarias de beneficiamento dos CFF de dendê e sementes de mamona em Guiné-Bissau. A apresentação dos resultados inicia com a busca patentária realizada na base de dados da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO), dos produtos e coprodutos da palma de dendê e mamona.

4.1 Avaliação Técnica de Biorrefinarias Modulares

O estudo de viabilidade técnica permitiu observar que o beneficiamento da palma de dendê e mamona está muito atrelado às indústrias alimentícias, cosméticas e farmacêuticas ao redor do mundo. Os insumos propostos para fabricação nas biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau representam a base para produção de diversos produtos para as indústrias supracitadas. As informações utilizadas para embasamento teórico neste caso foram obtidas por meio de prospecção tecnológica, especialmente a busca patentária.

A busca patentária representa uma importante etapa de prospecção tecnológica, a qual permite identificar as tendências tecnológicas de um produto por meio de diferentes dimensões de patenteamento, famílias de patentes, origem e afiliação de seus inventores e aplicações na indústria. Nesse sentido, foi realizada busca patentária da produção do óleo de palma e óleo de mamona para compreender a trajetória tecnológica desses produtos e os países que ocupam a posição de vanguarda tecnológica deles.

4.1.1 Busca Patentária

Os resultados da busca patentária da palma de dendê foram divididos em duas categorias:

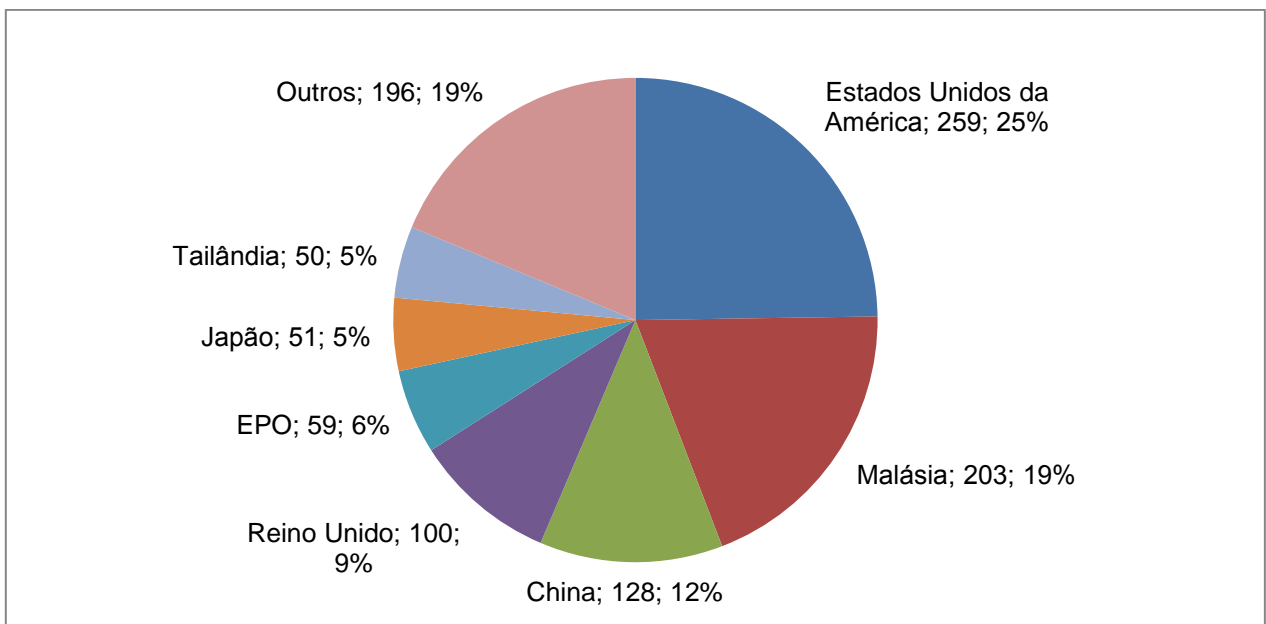
- I) produção de óleo de palma (óleo de palmiste, cultivo e colheita de fruto, processamento da fruta, extração e refino de óleos);
- II) tratamento dos resíduos de produção de óleo de palma (extração de

fitonutrientes, aproveitamento de palma biomassa e ou subprodutos gerados pelo óleo de palma para alimentos e bebidas, cosméticos, biocombustível e outras áreas industriais).

4.1.2 Patentes da produção do óleo de palma, óleo de palmiste e tratamento de resíduos

A relação de patentes encontradas foi organizada com base no relatório de patentes da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO, 2016). Este relatório foi elaborado a partir da pesquisa de famílias de patentes, o qual permitiu identificar um conjunto de 8.600 famílias de patentes simples, dos quais 2 370 foram consideradas relevantes para este estudo. Além disso, observou-se que as 2 370 famílias de patentes compõem no total 5 711 pedidos individuais de patentes, o que representa uma proporção de 41 % de aproveitamento absoluto de pedidos de patentes. Também foi observado que 68 % de famílias de patentes analisadas possuem apenas registros domésticos em países de afiliação do inventor. Portanto, sem registros ou arquivamentos internacionais, ver a **Figura 19**.

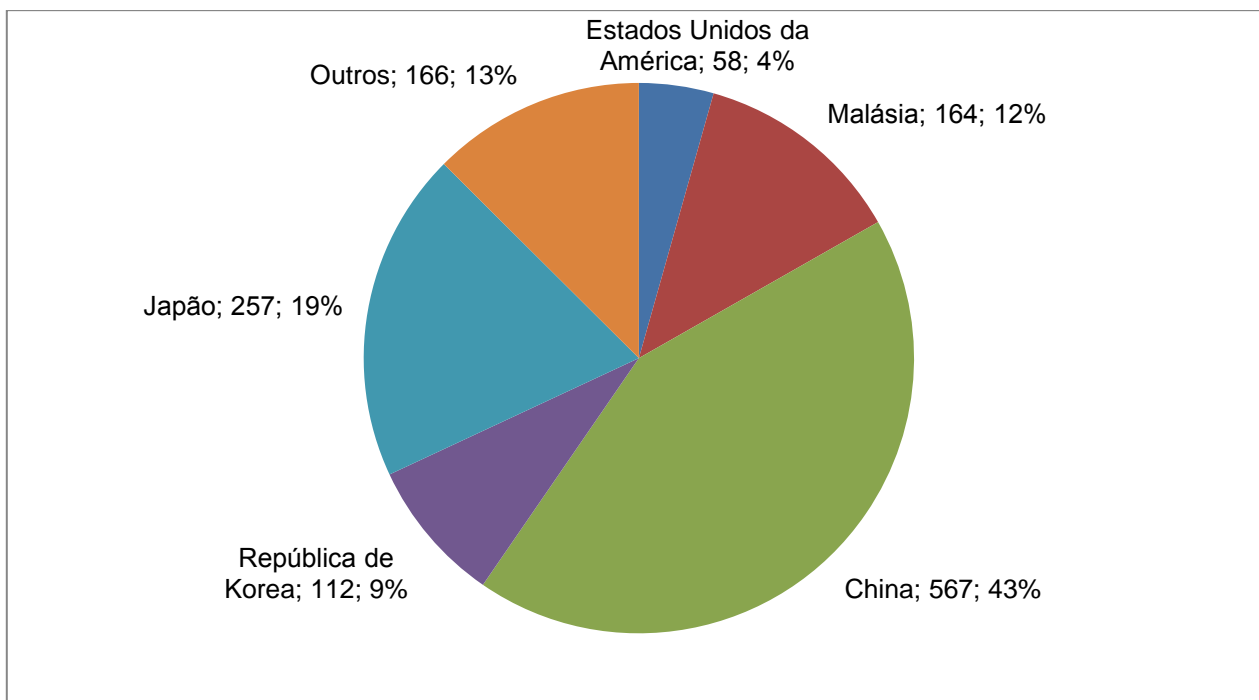
Figura 19 - Escritório de primeiro arquivamento de patente na categoria produção de óleo de palma



Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

É possível observar na **Figura 19**, que os EUA ocupam primeira posição na categoria de patentes de produção de óleo da palma de dendê. No entanto, na categoria tratamento e aplicação dos resíduos da produção de óleo de palma, a China responde por 43 % de patentes depositadas nos últimos anos, conforme ilustrado na **Figura 20**.

Figura 20 - Escritório de primeiro arquivamento de patente na categoria aplicação dos resíduos

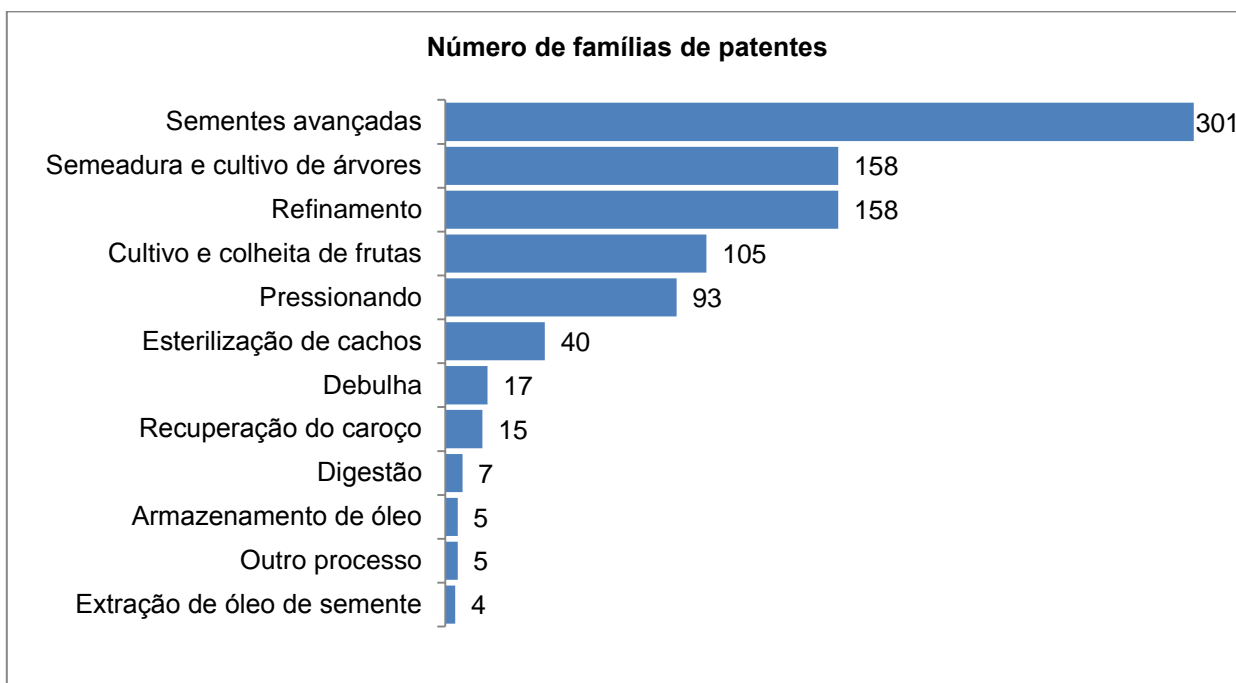


Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

Uma análise dos resultados da **Figura 20** pode indicar o comprometimento da China no tratamento dos resíduos da produção do óleo de dendê para diversas utilidades e contribuição para transição da produção mais limpa e sustentável.

Em relação às famílias de patentes, a grande maioria (com mais de 10 pedidos), era relevante para tecnologia de sementes de dendê. As referidas patentes abrangem grande variedade de oleaginosas, principalmente a palma de dendê (**Figura 21**).

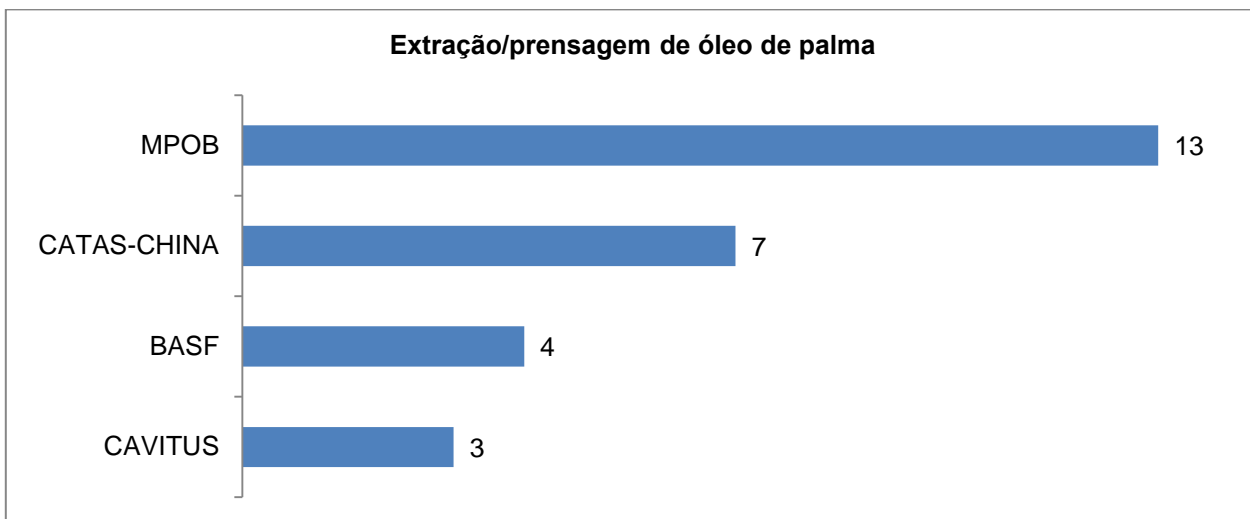
Figura 21 - Contagem das famílias de patentes por subcategorias de produção de óleo de palma desde 1970



Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

Na análise das patentes de subcategoria de produção de óleo palma, as patentes mais importantes no beneficiamento dos CFF são de esterilização, extração do óleo, refinamento, prensagem mecânica e armazenamento do óleo. No entanto, na subcategoria produção de óleo de palma e tratamento e resíduos de óleo, os agroquímicos americanos e indústrias europeias são requerentes de patentes mais ativos, conforme apresentados na **Figura 22**.

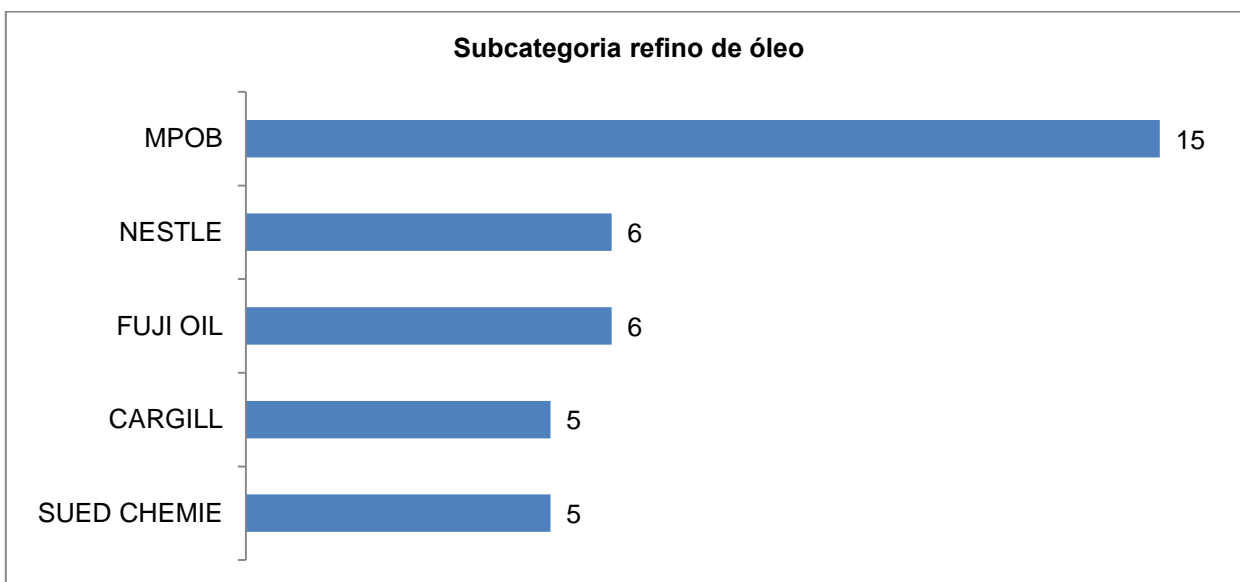
Figura 22 - Os requerentes mais ativos na subcategoria de extração/prensagem de óleo, desde 1995



MPOB: Malaysian Palm Oil Board.
Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

No caso de refino de óleo de palma e de palmiste, os requerentes mais ativos no período analisado são apresentados na **Figura 23**.

Figura 23 - Os requerentes mais ativos na subcategoria de refino de óleo, desde 1995



MPOB: Malaysian Palm Oil Board.
Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

De acordo com o relatório da WIPO, as atividades de patenteamento do óleo de palma no mundo aumentaram constantemente desde a década de 1990, passando de 50 pedidos por ano para mais de 300 pedidos de patentes nos últimos anos (WIPO, 2016). O relatório supracitado também ressalta que apesar da recessão econômica em 2008 ter desacelerado a produção mundial, não teve impacto significativo no patenteamento da produção de óleo de palma. Outro fator importante é que a quantidade de famílias de patentes de tratamento de resíduos superou amplamente a de produção de óleo de palma nos últimos anos. Na sequência, são apresentadas as patentes do beneficiamento da mamona.

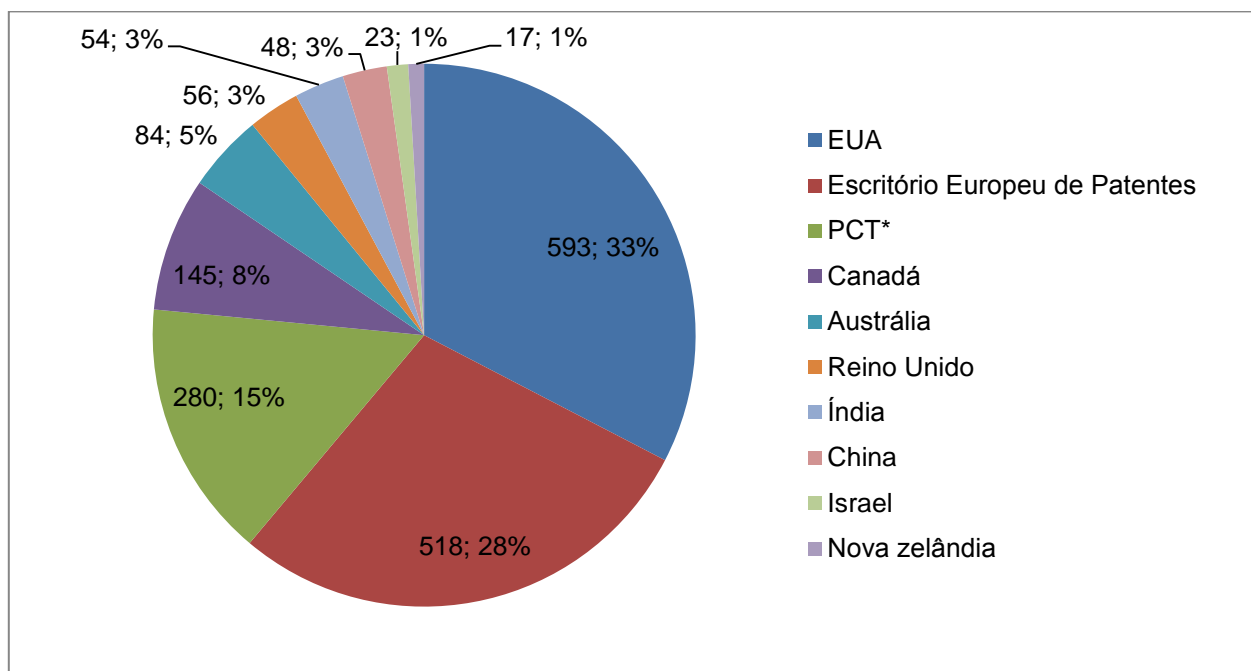
4.1.3 Patentes da produção do óleo de mamona e refino de óleo de mamona

A busca patentária do óleo de mamona foi realizada a partir da base de dados da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO, 2022). Os dados coletados para análise compreendem o período de 2013 a 2022. As expressões de busca utilizadas foram “*FP:(castor oil)*” e “*EN_ALLTXT:(“ricinus oil”)*”. A primeira expressão de busca obteve 18 735 resultados, enquanto a segunda expressão de busca permitiu encontrar 1854 resultados. Nesse sentido, foram adotados os resultados da segunda expressão de busca para análise nesta pesquisa, tendo em vista que “*ricinus*” representa o nome científico utilizado na denominação de mamona.

A análise dos resultados da busca patentária de óleo de rícinos permitiu observar que os EUA representam maiores depositantes de patentes de produção de óleo de mamona nos últimos 10 anos, seguido do Escritório Europeu de Patentes e Sistema Internacional de Patentes (PCT). As 3 instituições detinham 76 % de todos os pedidos de patentes de óleo de rícinos registrados no mundo entre 2013 e 2022.

A representação gráfica da distribuição dos 10 países que mais depositaram patentes no período analisado pode ser visualizada na **Figura 24**.

Figura 24 - Distribuição de países mais ativos no depósito de patentes de óleo de rícinos entre 2013 e 2022



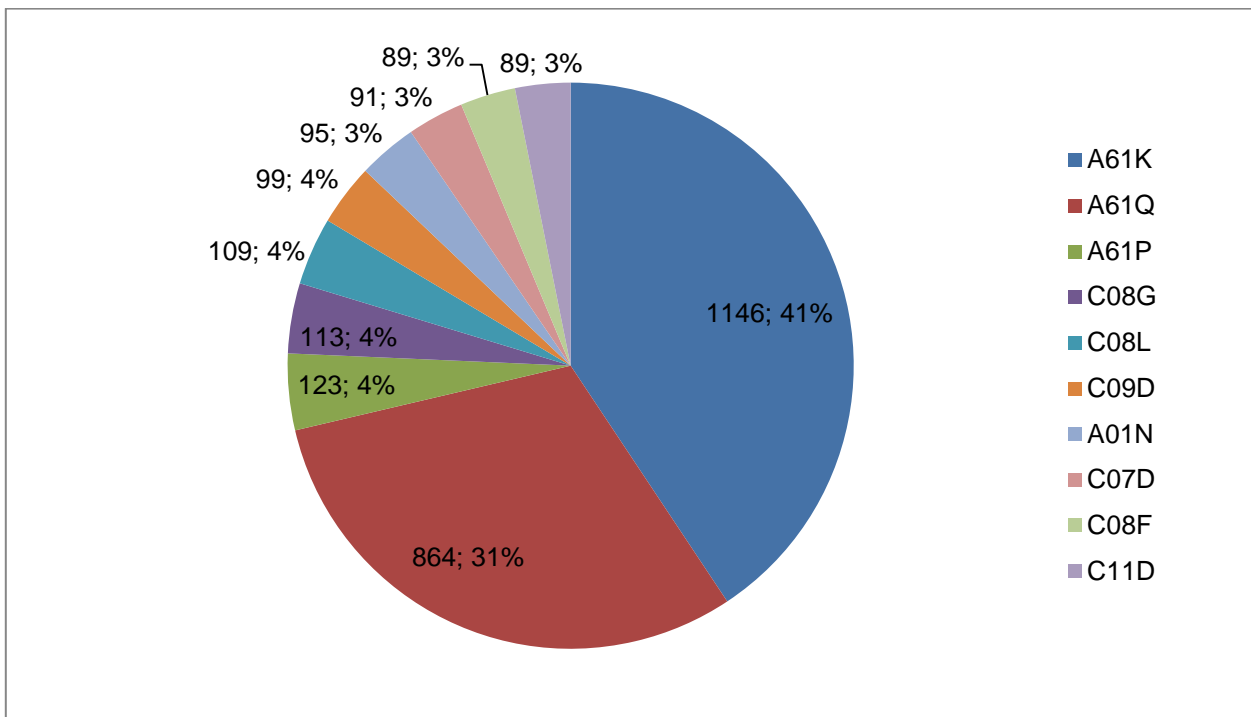
* PCT – Sistema Internacional de Patentes.

Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

Em relação à quantidade de patentes concedidas por país, a Índia ocupa a primeira posição, concentrando maior número de patentes entre 2013 e 2022, na segunda posição encontra-se o Escritório Europeu de Patentes e na terceira posição, a Organização Internacional de Patentes (PCT).

A análise das famílias de patentes de mamona permitiu observar a existência de uma grande variedade de produtos que incluem desde ração animal, cosméticos e produtos de limpeza e higiene como sabão e detergentes até produtos químicos como tintas, vernizes, repelentes, entre outros (**Figura 47**).

Figura 25 - Distribuição de família de patentes de óleo de rícinos



Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

A descrição de família de patentes apresentadas na **Figura 25** pode ser visualizada no **Quadro 8**.

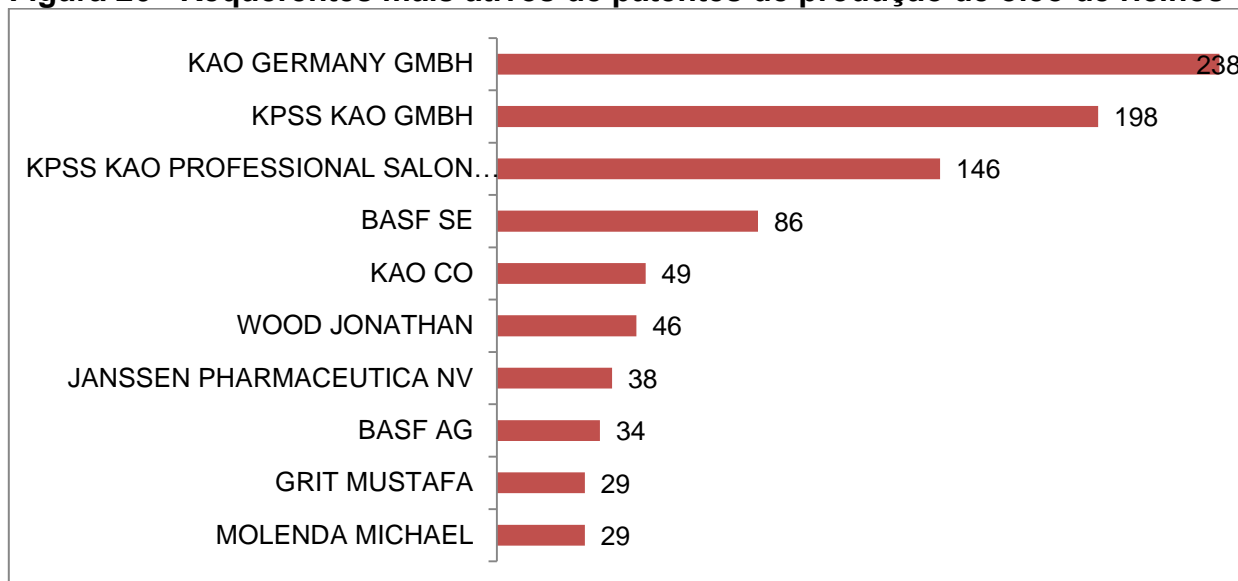
Quadro 8- Descrição de família de patentes de óleo de rícinos com frequência nos últimos 10 anos

Código	Descrição de Família de Patentes
A61K	Ciência Médica ou Veterinária; Higiene; Dispositivos ou métodos especialmente adaptados para colocar produtos farmacêuticos em formas físicas ou administrativas particulares A61J 3/00; aspectos químicos ou uso de materiais para desodorização do ar, para desinfecção ou esterilização, ou para ligaduras, pensos, compressas absorventes ou artigos cirúrgicos A61L; composições de sabão C11D.
A61Q	Uso específico de Cosméticos ou Preparações Similares para Banheiro (WC) Nesta subclasse, o uso de cosméticos ou preparações de toalete semelhantes é classificado em todos os locais apropriados.
A61P	Nesta subclasse, o termo “drogas” aqui inclui compostos ou composições químicas com atividade terapêutica.
C08G	Compostos Macromoleculares obtidos de forma que não por reações apenas envolvendo ligações insaturadas Carbono-Carbono (fermentação ou processos que utilizam enzimas para sintetizar um composto ou composição química desejada ou para separar isômeros ópticos de uma mistura racêmica C12P).
C08L	Composições de Compostos Macromoleculares (composições à base de monômeros polimerizáveis C08F, C08G; filamentos ou fibras artificiais D01F; composições para tratamento têxtil D06).
C09D	Corantes; Tintas; Polimentos; Resinas Naturais; Adesivos; Composições não fornecidas de outra forma; Aplicações de materiais não fornecidas de outra forma para composições de revestimento, por exemplo, tintas, vernizes ou lacas; Pastas de Recheio; Tinta Química ou Removedor de tinta; Correção de fluídos; Madeiras; Pastas ou sólidos para colorir ou impressão; Utilização dos materiais.
A01N	Biocidas, repelentes ou atrativos de pragas, ou reguladores de crescimento de plantas contendo compostos orgânicos que contém um átomo de carbono com duas ligações a heteroátomos com no máximo uma ligação a halogênio, por exemplo, radical aldeído.
C07D	Compostos Heterocíclicos (compostos macromoleculares C08)
C08F	Compostos macromoleculares obtidos por reações apenas envolvendo ligações insaturadas Carbono-Carbono (produção de misturas líquidas de hidrocarbonetos a partir de hidrocarbonetos com baixo número de carbonos, por exemplo, por oligomerização, C10G 50/00; fermentação ou processos que utilizam enzimas para sintetizar um composto ou composição química desejada ou para separar isômeros ópticos de uma mistura racêmica C12P; polimerização por enxerto de monômeros contendo ligações insaturadas carbono-carbono em fibras, fios, tecidos ou produtos fibrosos feitos desses materiais D06M 14/00).
C11D	Óleos, gorduras ou ceras de animais ou de vegetal; ácidos graxos deles; detergentes; velas, composições de detergentes; utilização de substâncias como detergentes; fazer sabão, sabonetes de resina; recuperação de glicerol.

Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

Os requerentes mais ativos de patentes de produção de óleo de rícinos são apresentados na **Figura 26**.

Figura 26 - Requerentes mais ativos de patentes de produção de óleo de rícinos



Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

De acordo com a **Figura 26**, as empresas da Alemanha ocupam a liderança na quantidade de patentes ativas de produção de óleo de rícino nos últimos 10 anos. É importante observar que a BASF SE ocupa a quarta posição no número de requerentes de patentes ativas no período analisado.

Os resultados apresentados nessa seção permitem identificar o potencial dos CFF de dendê e mamona na produção de produtos e insumos de alto valor agregado para diferentes segmentos da indústria. A extração e refino de óleos vegetais podem ser realizados por método físico-químico ou por solvente. No entanto, segundo a indústria chinesa de fabricação de biorrefinaria, DOING HOLDINGS CO. (2023), o processo de refino físico-químico é mais prático para óleos vegetais com baixo teor de goma e alto valor ácido, como óleo de palma, óleo de palmiste e óleo de coco, entre outros.

Essa empresa fabrica biorrefinaria com capacidade de processamento de 1 t/dia a 5000 t/dia. Além disso, executa o projeto completo de instalação das operações customizadas de biorrefinaria em vários países do mundo, incluindo projetos na Nigéria, Quênia, República Democrática do Congo, Tanzânia e Costa do Marfim. Nesse contexto, A Companhia Doing Group CO. representa um potencial fornecedor de

equipamentos para biorrefinarias modulares propostas nesta pesquisa (DOING HOLDINGS CO., 2023).

Uma ilustração da planta de beneficiamento da palma de dendê desenvolvida pela Doing Group CO pode ser visualizada na **Figura 27**.

Figura 27- Pequena biorrefinaria de produção de óleo vegetal



Fonte: autor, a partir da DOING HOLDINGS CO. (2023).

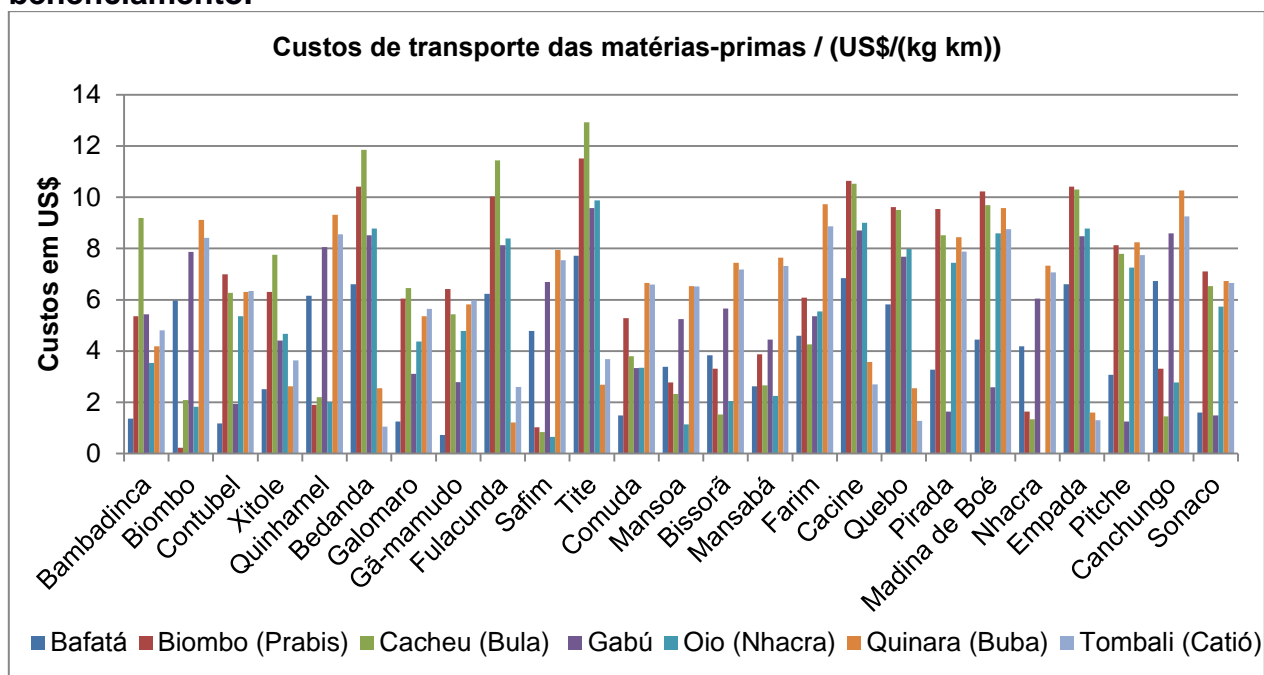
Essa biorrefinaria não atende apenas aos requisitos para prensagem de óleo, mas também tem as vantagens de operação simples, desempenho de baixo custo, economia e praticidade. Os modelos variam a capacidade de produção de 1 a 10 t/dia de sementes oleaginosas.

4.2 Avaliação Econômica

O estudo analisou a sustentabilidade econômica, ambiental e social do sistema de biorrefino a partir de diferentes cenários de beneficiamento das referidas matérias-primas disponíveis em Guiné-Bissau. A avaliação tecno-econômica foi realizada por meio de biorrefinarias com capacidade de beneficiamento do total das oleaginosas disponíveis em Guiné-Bissau (CFF de dendê e sementes de mamona descascadas). Nesse sentido, os coeficientes utilizados na programação matemática de maximização de lucro bruto contemplaram os custos de produção e de transporte das matérias-primas até ao local de beneficiamento no cenário base e no cenário otimizado.

A **Figura 28** é uma representação gráfica dos custos de transporte das fazendas de produção das oleaginosas para locais de beneficiamento de acordo com a demanda de cada biorrefinaria.

Figura 28 - Custos de transporte das matérias-primas para biorrefinarias de beneficiamento.



Fonte: autor.

De acordo com a **Figura 28**, é possível verificar que os custos de transporte são proporcionais à distância entre as fazendas e os pontos de estabelecimento das 9 biorrefinarias propostas neste estudo. Nesse contexto, a solução do problema de otimização do transporte permite estabelecer a melhor rota para abastecimento das biorrefinarias, assim como a quantidade das oleaginosas a serem transportadas.

Nessa perspectiva, a solução do problema de otimização do transporte (Eq. 16 a 19) permitiu estabelecer a melhor rota de transporte das oleaginosas (CFF de dendê e sementes de mamona descasada) das fazendas para os pontos de beneficiamento, minimizar os custos de transporte e satisfazer todas as restrições do problema (e.g., a demanda de produção e capacidade de oferta das oleaginosas em

cada fazenda). O custo total de transporte obtido a partir da otimização é de $3,95 \times 10^4$ US\$ ano⁻¹.

O detalhamento do volume das oleaginosas ofertadas por fazenda e a determinação da quantidade a ser destinada para os pontos de beneficiamento podem ser observados na **Tabela 14**.

Tabela 14 - Solução ótima do problema de transporte balanceado das matérias-primas para zonas de localização das biorrefinarias (em toneladas)

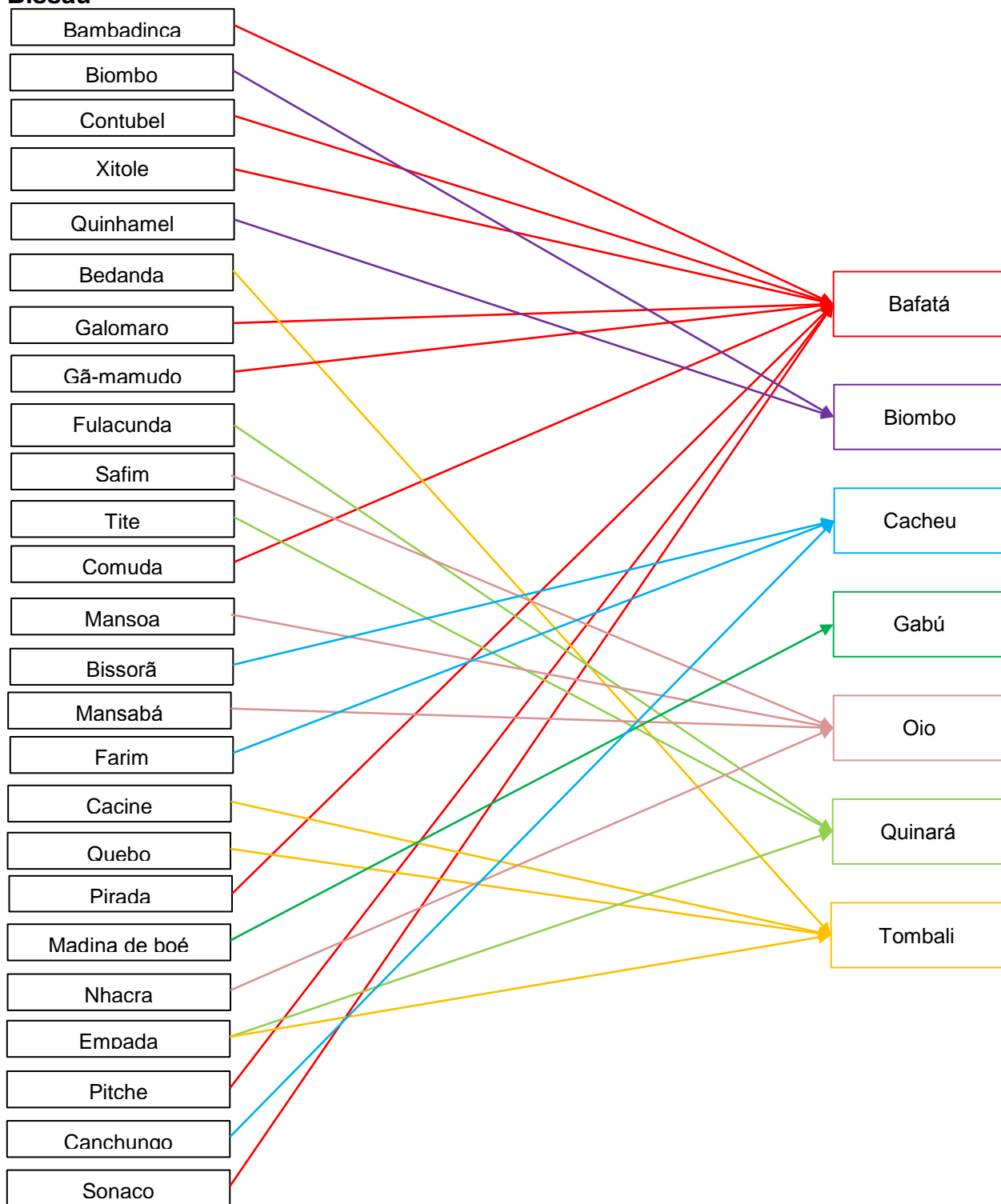
Fazendas de abastecimento	Biorrefinarias						
	Bafatá	Biombo (Prabis)	Cacheu (Bula)	Gabú	Oio (Nhacra)	Quinara (Buba)	Tombali (Catió)
Bambadinca	12234,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Biombo	0,00	12161,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Contubel	22473,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Xitole	19414,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Quinhamel	0,00	6539,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bedanda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16618,91
Galomaro	7365,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gã-mamudo	13092,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fulacunda	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13300,06	0,00
Safim	0,00	0,00	0,00	0,00	2534,45	0,00	0,00
Tite	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10142,15	0,00
Comuda	6959,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mansoa	0,00	0,00	0,00	0,00	15901,20	0,00	0,00
Bissorã	0,00	0,00	16281,08	0,00	0,00	0,00	0,00
Mansabá	0,00	0,00	0,00	0,00	20110,30	0,00	0,00
Farim	0,00	0,00	22205,43	0,00	0,00	0,00	0,00
Cacine	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8893,77
Quebo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13924,97
Pirada	13547,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Madina de Boé	0,00	0,00	0,00	47670,26	0,00	0,00	0,00

Fazendas de abastecimento	Biorrefinarias						
	Bafatá	Biombo (Prabis)	Cacheu (Bula)	Gabú	Oio (Nhacra)	Quinara (Buba)	Tombali (Catió)
Nhacra	0,00	0,00	0,00	0,00	3846,62	0,00	0,00
Empada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9571,84	1699,78
Pitche	10950,72	0,00	0,00	18357,83	0,00	0,00	0,00
Canchungo	0,00	0,00	9321,49	0,00	0,00	0,00	0,00
Sonaco	11361,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total / (t ano⁻¹)	117400,47	18700,98	47808,00	66028,09	42392,57	33014,05	41137,43
Função Custo	US\$ 39 452,74						

Fonte: autor.

De acordo com a **Tabela 14**, as linhas indicam o volume das oleaginosas a serem transportadas para as biorrefinarias (pontos de beneficiamento), enquanto as colunas contêm a soma da demanda das oleaginosas em função da capacidade de beneficiamento de cada biorrefinaria (em toneladas). A seguir, são ilustradas as fazendas de produção das matérias-primas destinadas ao beneficiamento nos pontos de instalação das biorrefinarias. A **Figura 29** apresenta as fazendas de produção dos CFF e mamona, e destinação de produtos para abastecimento das biorrefinarias modulares instaladas em diferentes regiões em Guiné-Bissau.

Figura 29 - Otimização da rota de transporte das fazendas de produção dos CFF e mamona, e destinação dos produtos às biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau

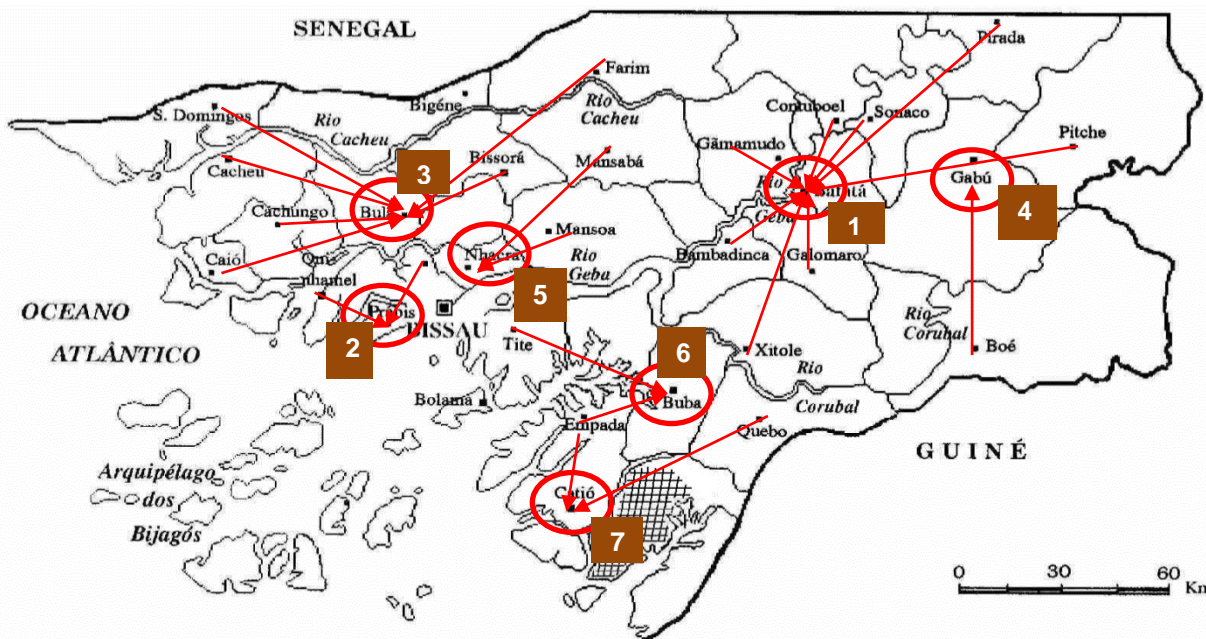


Fonte: autor.

De acordo com a **Figura 29**, as matérias-primas das fazendas foram destinadas para abastecer as biorrefinarias modulares em diferentes regiões de Guiné-Bissau. A destinação dos CFF e sementes de mamona foi indicada de forma a minimizar os custos de frete. A maioria das fazendas produz pequena quantidade das oleaginosas, que permite definir a destinação total de produtos para abastecer apenas uma biorrefinaria. No entanto, o modelo de otimização de transporte foi solucionado a partir do Método Simplex, com base nas Eqs. 16 a 19.

A **Figura 30** permite visualizar a localização das biorrefinarias de beneficiamento dos CFF e sementes de mamona descascadas em Guiné-Bissau. Os pontos numerados nesta Figura indicam os locais de estabelecimento das biorrefinarias modulares, enquanto os demais pontos representam as fazendas de fornecimento das matérias-primas.

Figura 30 - Localização das biorrefinarias modulares e rota de transporte para beneficiamento dos CFF e sementes de mamona em Guiné-Bissau



Legenda: (1) Bafatá. (2) Biombo (Prabis). (3) Cacheu (Bula). (4) Gabú. (5) Oio (Nhacra). (6) Quinará (Buba). (7) Tombali (Catió).

Fonte: autor, a partir de Temudo (2006).

Conforme a **Figura 30**, é possível verificar que foi definida a instalação de 7 biorrefinarias de beneficiamento das matérias-primas em Guiné-Bissau. Essas

biorrefinarias são necessárias para processamento de todos os CFF e sementes de mamona disponíveis em Guiné-Bissau. Nesse sentido, as rotas de transporte para abastecimento das instalações de biorrefinarias foram otimizadas, reduzindo o km rodado entre ponto de coleta dos CFF e mamona e pontos de beneficiamento, e o custo de frete para transportar as matérias-primas até o local de abastecimento das biorrefinarias.

A descrição completa dos valores supracitados se encontra no **Apêndice A** desta pesquisa. Já os custos de aquisição dos CFF de dendê, sementes de mamona descascadas e preço de venda de óleo bruto são apresentados no **Apêndice D**. Além disso, foram estabelecidas estimativas para o cenário base e cenário otimizado de beneficiamento dos CFF de dendê e sementes de mamona descascadas; a emissão de GEE; lucro bruto; e geração de empregos. Para estimar o cenário base, foram destinados 40 % dos CFF para produção de óleo bruto de palma, 35 % dos CFF para a produção de óleo refinado de palma e 25 % dos CFF para a produção de estearina de palma. As mesmas proporções foram definidas para o beneficiamento das sementes de mamona. Entretanto, o óleo refinado de palmiste foi considerado um coproduto de palma de dendê, portanto, 100 % de caroço dos CFF disponível foi destinado à produção de óleo de palmiste, enquanto a torta de palmiste é destinada à produção de ração **Tabela 15**.

Tabela 15 - Estimativa inicial de cada produto do beneficiamento das matérias-primas a partir de coeficientes de rendimento

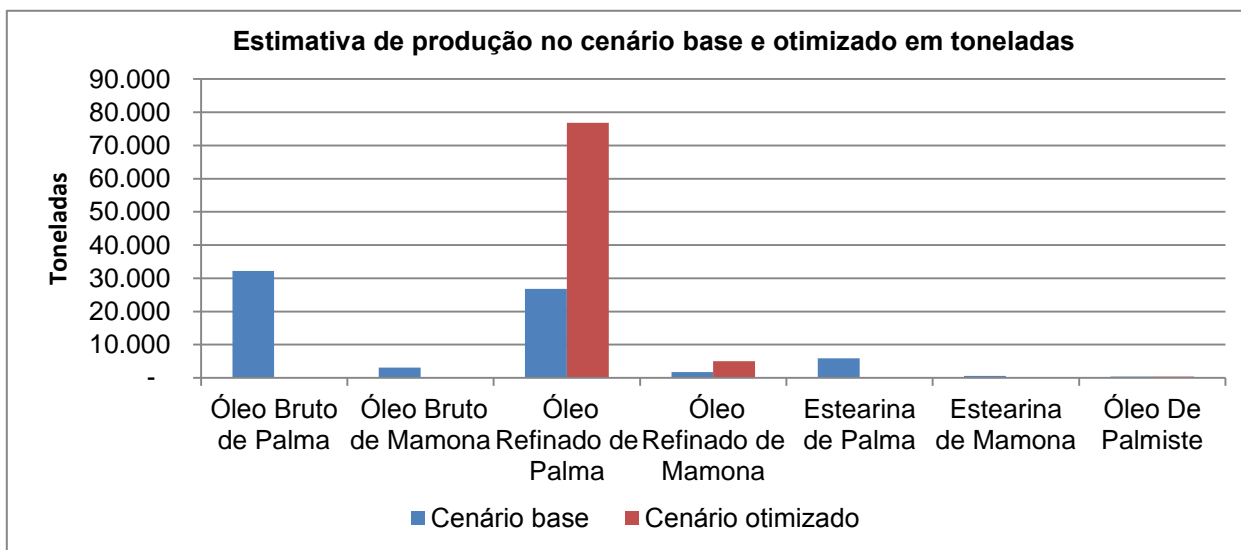
Beneficiamentos	CFF e Mamona	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6	q_7
		$0,22 \times \beta_1$	$0,43 \times \beta_2$	$0,95 \times q_1$	$0,65 \times q_2$	$0,29 \times q_3$	$0,30 \times q_4$	$0,03 \times \beta_1$
β_1 CFF l/(em kg)	$3,66 \times 10^8$	$3,22 \times 10^7$	-	$2,68 \times 10^7$	-	$5,84 \times 10^6$	-	$3,60 \times 10^5$
β_2 Mamona l/(em kg)	$1,80 \times 10^7$	-	$3,10 \times 10^6$	-	$1,76 \times 10^6$	-	$6,63 \times 10^5$	-
Lucro Unitário (US\$/kg)	-	1,22	4,93	6,02	7,84	3,75	2,76	0,36
Lucro bruto (US\$)	-	$3,94 \times 10^7$	$1,53 \times 10^7$	$1,61 \times 10^8$	$1,38 \times 10^7$	$2,19 \times 10^8$	$1,60 \times 10^6$	$1,30 \times 10^5$

*Maior rendimento em relação à receita bruta de beneficiamento de mamona descascada. **Maior rendimento em termos de receita bruta de CFF.
Fonte: autor.

É importante ressaltar que a simulação do cenário base foi realizada a partir de óleo bruto de CFF. Sendo assim, os rendimentos de óleo refinado de palma e estearina são de 95 % sobre o óleo bruto e 29 % sobre o óleo refinado. Os rendimentos do óleo refinado e estearina de mamona foram definidos com base no óleo bruto de mamona. Nesse sentido, a estimativa do cenário base para óleo refinado e estearina de mamona foi estabelecida em 65 % e 30 % de rendimento sobre óleo bruto, respectivamente. De acordo com a **Tabela 15**, a estimativa do lucro bruto é de $2,53 \times 10^8$ US\$ por ano.

A solução do modelo de otimização proposto permitiu verificar que a quantidade a produzir de forma a maximizar o lucro bruto é de $7,69 \times 10^7$ kg ano⁻¹ de óleo refinado de dendê e $5,04 \times 10^6$ kg ano⁻¹ de óleo refinado de mamona. O comparativo dos resultados do cenário base e do cenário otimizado com a maximização do lucro bruto pode ser visualizado na **Figura 31**.

Figura 31 - Comparativo dos resultados do cenário base e otimizado da maximização do lucro bruto de beneficiamento da palma de dendê e mamona

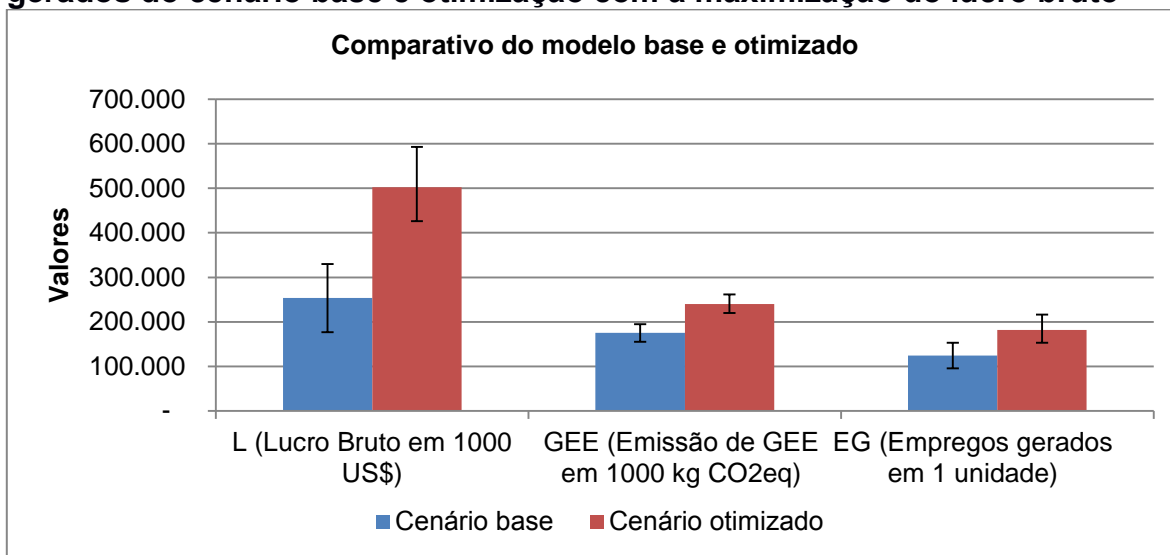


Fonte: autor.

A diferença entre a quantidade a produzir de óleo refinado de palma e estearina (**Figura 31**) resultou da formulação da modelagem de otimização com intuito de maximizar os impactos sociais (EG), econômicos (L) e minimizar os impactos ambientais (GEE).

A **Figura 32** apresenta os valores comparativos do cenário base relacionado ao lucro bruto (em US\$ ano⁻¹), emissão de GEE (em kg CO₂eq ano⁻¹), e empregos diretos nas biorrefinarias de beneficiamento EG (em número de empregos por ano), com a função objetivo de maximização do lucro a partir do Método Simplex.

Figura 32 - Comparativo da receita, custo, emissões de CO₂eq e empregos gerados do cenário base e otimização com a maximização do lucro bruto



Fonte: autor.

De acordo com a **Figura 32**, é possível verificar que a solução do modelo de otimização proposto no cenário otimista gera maior quantidade de empregos quando comparado com os valores da estimativa inicial apresentada no cenário base. Além disso, o lucro bruto também aumenta em relação ao cenário base. No entanto, constata-se que o aumento da emissão de GEE no cenário otimista está dentro da faixa de incerteza e, portanto, é possível afirmar que o cenário otimista não gera aumento significativo nas emissões de GEE, tendo em vista que o aumento de GEE gerado nesse cenário em relação ao cenário base pode ser eliminado pela incerteza de informações observada na **SML**.

Os valores da solução do modelo de otimização proposto e suas respectivas variáveis de decisão são apresentados na **Tabela 16**. O valor da receita bruta obtido com a função objetivo de maximização no cenário otimizado é de $8,29 \times 10^8$ US\$. Isso

representa um lucro bruto de $5,03 \times 10^8$ US\$ após a dedução do custo de aquisição e transporte das matérias-primas₇ e custo de beneficiamento.

Tabela 16 - Solução da otimização da função objetivo tecno-econômica, ambiental e social

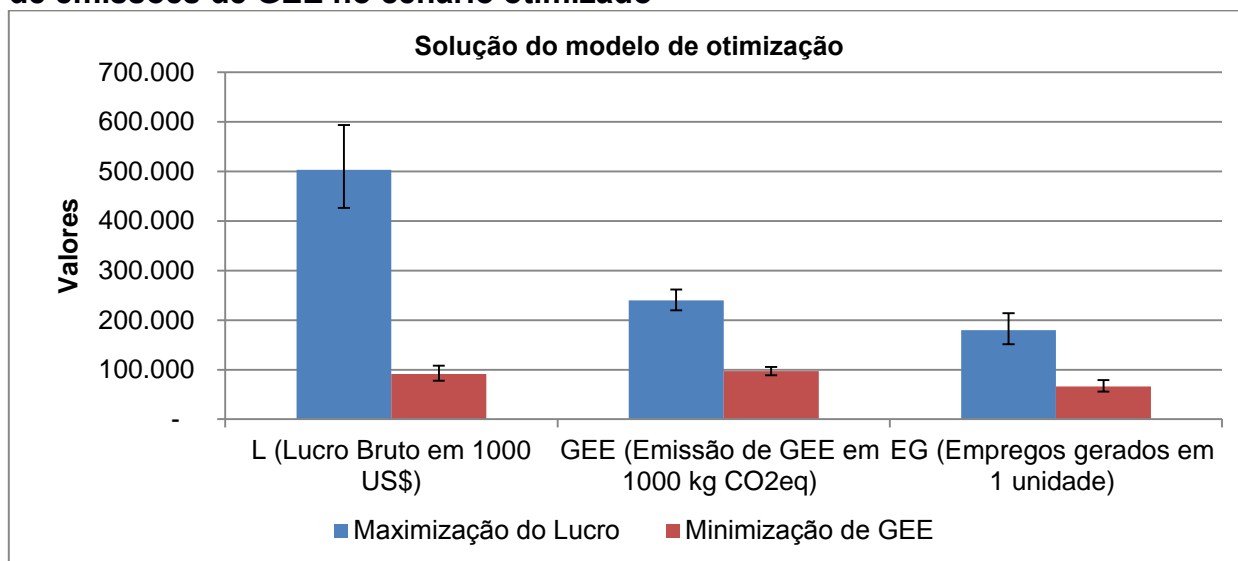
Variáveis de Decisão	Cenário base	Cenário otimizado	Unidade	Variação
q_1 (Óleo Bruto de Palma)	$3,22 \times 10^7$	-	Litros por ano	-
q_2 (Óleo Bruto de Mamona)	$3,10 \times 10^6$	-	Litros por ano	-
q_3 (Óleo Refinado de Palma)	$2,68 \times 10^7$	$7,69 \times 10^7$	Litros por ano	187 %
q_4 (Óleo Refinado de Mamona)	$1,76 \times 10^6$	$5,04 \times 10^6$	Litros por ano	186 %
q_5 (Estearina de Palma)	$5,84 \times 10^6$	-	<i>Kilogramas por ano</i>	-
q_6 (Estearina de Mamona)	$5,81 \times 10^5$	-	<i>Kilogramas por ano</i>	-
q_7 (Óleo De Palmiste)	$3,60 \times 10^5$	$3,60 \times 10^5$	Litros por ano	0 %
R_i (Receita Bruta)	$5,45 \times 10^8$	$8,29 \times 10^8$	US\$ por ano	52 %
C_i (Custo de Produção)	$2,92 \times 10^8$	$2,97 \times 10^8$	US\$ por ano	2 %
Indicadores Finais	Incerteza dos parâmetros de saída			
	Valor	Valor	Incerteza*	Unidade
L (Lucro Bruto)	$2,53 \times 10^8$	$5,03 \times 10^8$	18 %	US\$ ano ⁻¹
GEE (Emissão de GEE)	$1,75 \times 10^8$	$2,40 \times 10^8$	16 %	Kg CO ₂ eq ano ⁻¹
EG (Empregos gerados)	$1,24 \times 10^5$	$1,82 \times 10^5$	16 %	1 ano ⁻¹

*Desvio padrão aritmético absoluto.

Fonte: autor, partir de (MENDES *et al.*, 2011; ROMERO-PEREZ; VERGARA; GONZÁLEZ-DELGADO, 2021).

Conforme a **Tabela 16**, a solução do modelo de otimização do beneficiamento das oleaginosas propostas neste estudo permitiu estimar que o lucro bruto no cenário otimizado é de $5,03 \times 10^8$ US\$ ano⁻¹. Além disso, foi realizado comparativo da maximização do lucro e minimização da emissão de GEE, assim como avaliação das incertezas associadas, veja a **Figura 33**.

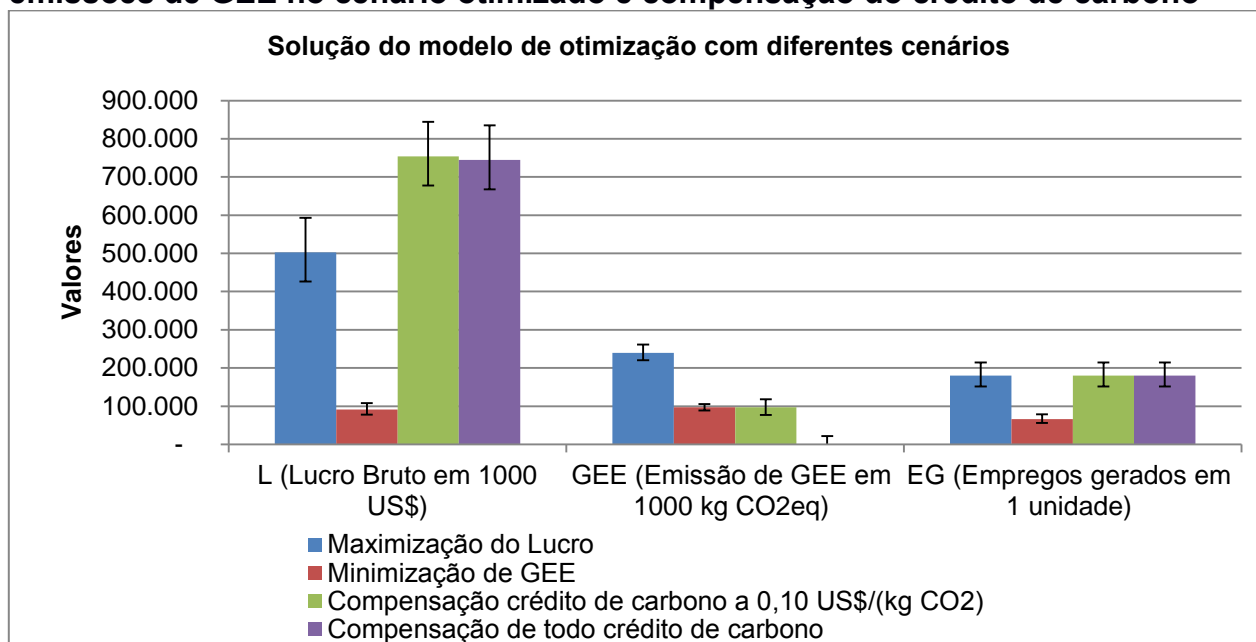
Figura 33 - Comparativo dos resultados da maximização do lucro e minimização de emissões de GEE no cenário otimizado



Fonte: autor.

De acordo com a **Figura 33**, a solução do modelo de otimização proposto gera maior quantidade de empregos e lucro bruto, quando comparada ao cenário base, devido às restrições impostas no problema. Para estimar o custo de crédito de carbono, foi utilizada a base de dados da EIA-Bioenergy, a qual estabelece o preço de 100 US\$ por tonelada de CO₂ (IEA-BIOENERGY, 2020). Nesse sentido, foram realizadas simulações com diferentes cenários de otimização da produção para avaliar os impactos de crédito de carbono ao maximizar o lucro bruto e benefícios sociais em relação à geração de empregos. Os resultados dessas simulações podem ser visualizados na **Figura 34**.

Figura 34 - Comparativo dos resultados da maximização do lucro, minimização de emissões de GEE no cenário otimizado e compensação do crédito de carbono



Fonte: autor.

Conforme ilustrado na **Figura 34**, a solução do modelo de otimização da maximização do lucro bruto gera maior quantidade de empregos diretos, quando comparada ao cenário base. No entanto, a emissão de GEE é maior no cenário otimizado, o que indica um *trade-off* para tomada de decisão, pois ao minimizar as emissões de GEE, o lucro bruto diminui em 82 % (de $5,03 \times 10^8$ US\$ ano⁻¹ para $9,15 \times 10^7$ US\$ ano⁻¹) e ao maximizar o lucro bruto, as emissões de GEE aumentam em 148 % (de $9,68 \times 10^7$ kg CO₂eq ano⁻¹ para $2,40 \times 10^8$ kg CO₂eq ano⁻¹). Desse modo, uma alternativa para reduzir a lucratividade da operação é comprar o crédito de carbono das emissões de GEE excedentes ao maximizar o lucro de produção.

Para identificar o impacto da compra do crédito de carbono no lucro operacional das biorrefinarias, foi simulado o valor de 0,03 US\$/kg⁻¹ CO₂) e 0,10 US\$/kg⁻¹ CO₂) (IEA-BIOENERGY, 2020). Nesse sentido, para a compra do crédito de carbono a 0,03 US\$ por *kilograma*, o custo total é de $4,32 \times 10^6$, isso representa 0,86 % do lucro bruto das biorrefinarias, enquanto o crédito de carbono a 0,10 US\$ por *kilograma* representa o valor total de $1,44 \times 10^7$ (2,86 % do lucro).

Também foi simulado um cenário em que toda emissão de GEE foi compensada com crédito de carbono ao preço de 0,10 US\$ por *kilograma* de CO₂. Nesse cenário, o montante necessário para compensar as emissões totais de GEE é $2,40 \times 10^7$ US\$, o que representa 4,77 % do lucro bruto do beneficiamento de todas as matérias-primas disponíveis para beneficiamento em Guiné-Bissau. Desse modo, é possível estabelecer, inicialmente, estratégia de maximizar o lucro de produção de biorrefinarias e compensar todas as emissões de GEE.

Em relação às incertezas representadas pelas barras de erro na **Figura 34**, pode-se afirmar que os cenários de maximização do lucro bruto e de compensação de crédito apresentam resultados semelhantes (dentro da faixa da incerteza), dos três indicadores avaliados. Entretanto, há uma diferença significativa (fora da margem da incerteza); nos resultados, quando a função objetivo do modelo de otimização é de minimização das emissões de GEE.

Os valores das emissões totais de GEE e do impacto social associado à geração de empregos foram obtidos por meio dos coeficientes atribuídos para cada produto proveniente do beneficiamento de CFF e semente de mamona descascada. Para avaliar a geração de empregos diretos e indiretos nas biorrefinarias em estudo, foram utilizados os coeficientes de empregos diretos por *kilograma* de produto (**Tabela 10**).

De acordo com a Embrapa (2018), a ocupação de terra é de 5 pessoas por ha na produção da palma de dendê e 2 pessoas por ha na produção de mamona (**Apêndice E**). Nesse sentido, a produção agrícola da palma de dendê tem o potencial de empregar $2,18 \times 10^5$ pessoas por ano no campo, com renda estimada em $2,65 \times 10^3$ US\$ ano⁻¹, enquanto a produção agrícola de mamona pode empregar $2,2 \times 10^4$ pessoas.

Nesse contexto, o coeficiente de empregos gerados no campo é de $2,27 \times 10^{-4}$ e 5×10^{-1} por *kilograma* de CFF de dendê e sementes de mamona, respectivamente. Tais coeficientes foram utilizados nas Simulações de Monte Carlo, as quais permitiram encontrar um potencial de geração de $8,54 \times 10^4$ empregos por ano na produção das matérias-primas para as biorrefinarias propostas em Guiné-Bissau. Outros benefícios sociais associados ao beneficiamento dessas oleaginosas em Guiné-Bissau são empregos diretos na indústria de biorrefino, que depende da capacidade das

instalações de beneficiamento e da estratégia da produção adotada nas unidades operacionais.

4.2.1 Estudo de viabilidade econômico-financeira

O estudo de viabilidade econômica e financeira de um empreendimento representa uma etapa importante para tomada de decisão de investimento em um projeto. Para avaliar a viabilidade econômico-financeira das biorrefinarias propostas nesta pesquisa, foram utilizados os dados secundários obtidos por meio de estimativas de investimento inicial e custos operacionais. Os indicadores utilizados para alcançar esse processo foram o VPL, Payback Simples e Payback Descontado. Para aplicar esses indicadores, foram utilizadas as Equações 20 a 23.

Os custos do investimento inicial são apresentados na **Tabela 17**.

Tabela 17- Custo de investimento inicial

Descrição	CAPEX	Valor	Unidade
Local de instalação	Guiné-Bissau	-	-
Módulo de produção de óleo de mamona	Aquisição de terreno área rural (4 mil m ²)	128	US\$
	Capacidade instalada (processamento de sementes)	60 a 200	t/dia
	Equipamentos de processo	$1,20 \times 10^6$	US\$
	Equipamentos acessórios	$6,00 \times 10^5$	US\$
	Tubulações	$8,50 \times 10^5$	US\$
	Componentes elétricos	$1,00 \times 10^6$	US\$
	Isolantes	$5,00 \times 10^4$	US\$
	Pintura	$1,25 \times 10^4$	US\$
	Instrumentação	$3,75 \times 10^4$	US\$
	Construção e área de armazenagem	$1,50 \times 10^6$	US\$
	Contingências	$2,50 \times 10^5$	US\$
	Engenharia e supervisão	$7,50 \times 10^5$	US\$
	Subtotal 1	$6,25 \times 10^6$	US\$
Módulo de produção de óleo de palma	Capacidade instalada (CFF)	$1,26 \times 10^2$	t/dia
	Equipamentos, ferramentas, máquinas e veículos	$1,78 \times 10^6$	US\$
	Materiais e insumos	$1,67 \times 10^5$	US\$
	Engenharia e supervisão	$2,10 \times 10^5$	US\$
	Subtotal 2	$2,15 \times 10^6$	US\$
Caldeira de cogeração de energia	Máquinas, equipamentos e insumos	$1,06 \times 10^6$	US\$
Biodigestor	Máquinas, equipamentos e insumos	$4,72 \times 10^4$	US\$
	Instalação do sistema anaeróbio	$1,43 \times 10^4$	US\$
	Instalação do grupo de geradores de biogás	$2,01 \times 10^5$	US\$
	Sistema de medição do gás	$2,50 \times 10^4$	US\$
	Projetos de redução de emissão de GEE no mercado regulado	$1,06 \times 10^5$	US\$ por projeto
	Projetos de redução de emissão de GEE no mercado voluntário	$4,94 \times 10^4$	US\$ por projeto
Investimento total	Custo total para 1 biorrefinaria	$9,91 \times 10^6$	US\$
	Custo total para 7 biorrefinarias	$6,93 \times 10^7$	US\$

Fonte: autor, a partir de Romero-Perez; VergarA; González-Delgado (2021).

A **Tabela 17** apresenta as estimativas de investimento inicial para instalação de 7 unidades de biorrefinarias de extração e refino de óleo de palma, óleo de palmiste, óleo de mamona, assim como recuperação energética de coprodutos gerados no beneficiamento desses óleos, como a torta de palma, a de palmiste e a torta de mamona. O inventário foi elaborado com base nos trabalhos científicos publicados recentemente em revistas qualificadas sobre o tema. Também, foi realizada uma análise de custos obtidos em artigos recentes para garantir maior precisão dos

resultados para a tomada de decisão. Além disso, para avaliar as incertezas de informações apresentadas nesses inventários, foi empregada a Matriz Pedigree. Já os custos operacionais são apresentados na **Tabela 18**.

Tabela 18 - Custos e despesas operacionais

Descrição de custos	OPEX	Valor	Unidade
Custo de fabricação	Matérias-primas	$2,75 \times 10^7$	US\$/ano
	Transporte	$3,95 \times 10^4$	US\$/ano
	Utilidades	$3,36 \times 10^6$	US\$/ano
	Mão de obra	$3,12 \times 10^7$	US\$/ano
	Manutenção e reparo (2 % de CAPEX)	$1,38 \times 10^6$	US\$/ano
	Manutenção e reparo caldeira (3 % CAPEX)	$3,18 \times 10^4$	US\$/ano
	Manutenção do sistema anaeróbio	$5,74 \times 10^3$	US\$/ano
	Manutenção de geradores de biogás	$9,50 \times 10^4$	US\$/ano
	Suprimentos operacionais (10 % Cfab.)	$3,24 \times 10^6$	US\$/ano
	Taxas de laboratório (10 % MO)	$3,12 \times 10^6$	US\$/ano
	Supervisão Direta e Trabalho Administrativo (SDTA, 10 % MO)	$3,12 \times 10^6$	US\$/ano
	Custos fixos	$1,39 \times 10^7$	US\$/ano
Despesas gerais	Impostos locais (25 % CAPEX)	$1,72 \times 10^7$	US\$/ano
	Seguro (1 % CAPEX)	$6,90 \times 10^5$	US\$/ano
	Despesas financeiras (13 % CAPEX)	$8,28 \times 10^6$	US\$/ano
	Mão de obra	$6,24 \times 10^7$	US\$/ano
	Custos indiretos da planta (50 % MO, Cfab, SDTA)	$3,18 \times 10^7$	US\$/ano
	CAPEX + OPEX (15 %)	$1,52 \times 10^7$	US\$/ano
	Custos administrativos (5 %)	$5,07 \times 10^6$	US\$/ano
	Distribuição e comercialização (5 %)	$5,07 \times 10^6$	US\$/ano
Pesquisa e desenvolvimento (5%)	$5,07 \times 10^6$	US\$/ano	
Total de custos operacionais		$2,23 \times 10^8$	US\$/ano

Fonte: autor, a partir de Romero-Perez; Vergara; González-Delgado (2021).

É importante observar que os custos operacionais apresentados na **Tabela 18** incluem as principais despesas necessárias para a operacionalização das biorrefinarias propostas em Guiné-Bissau. No entanto, pode haver variação nas despesas de acordo com o método adotado no momento da decisão de implementação da proposta do projeto de extração e refino das oleaginosas selecionadas nesta pesquisa.

Para realizar o estudo de viabilidade econômico-financeira, inicialmente, foram empregados os indicadores de produção, receita bruta e custos, considerando a quantidade a produzir de cada produto de modo a garantir a maximização do lucro bruto, conforme apresentado na **Tabela 19**.

Tabela 19 - Receita bruta e custo operacional total

Produção otimizada	Quantidade	Unidade	Preço de venda	Unidade	Receita total	Unidade
Óleo refinado de palma	$7,69 \times 10^7$	Kg ano ⁻¹	9,98	US\$ kg ⁻¹	$7,67 \times 10^8$	US\$ ano ⁻¹
Óleo refinado mamona	$5,04 \times 10^6$	Kg ano ⁻¹	11,42	US\$ kg ⁻¹	$5,76 \times 10^8$	US\$ ano ⁻¹
Óleo de palmiste	$3,06 \times 10^5$	Kg ano ⁻¹	10,91	US\$ kg ⁻¹	$3,93 \times 10^6$	US\$ ano ⁻¹
Receita bruta (=)	-	-	-	-	$8,28 \times 10^8$	US\$ ano ⁻¹
Custos de produção (-)	-	-	-	-	$3,25 \times 10^8$	US\$ ano ⁻¹
Lucro bruto (=)	-	-	-	-	$5,03 \times 10^8$	US\$ ano ⁻¹
Despesas gerais (-)	-	-	-	-	$4,76 \times 10^8$	US\$ ano ⁻¹
Lucro operacional (=)	-	-	-	-	$2,69 \times 10^7$	US\$ ano ⁻¹

Fonte: autor.

De acordo com a **Tabela 19**, é possível observar que a quantidade a produzir do óleo refinado da palma de dendê ($7,69 \times 10^6$ kg ano⁻¹), óleo refinado de mamona ($5,04 \times 10^6$ kg ano⁻¹) e óleo de palmiste ($3,06 \times 10^5$ kg ano⁻¹) foi definida pelos resultados obtidos com a solução do modelo de otimização para maximização do lucro, a partir da Equação 12 e da **Tabela 16**. Nesse contexto, foi realizada a apuração do fluxo de caixa com base na estimativa da receita e nos custos operacionais, conforme a **Tabela 20**.

Tabela 20 - Apuração do fluxo de caixa

Ano	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Descontado		Fluxo Atual	Unidade
		Cálculo	Valor		
0	$-6,90 \times 10^7$	-	-	$-6,90 \times 10^7$	US\$
1	$2,69 \times 10^7$	$\frac{2,69 \times 10^7}{(1 + 0,14)^1}$	$2,24 \times 10^7$	$-4,66 \times 10^7$	US\$
2	$2,69 \times 10^7$	$\frac{2,69 \times 10^7}{(1 + 0,14)^2}$	$1,87 \times 10^7$	$-2,79 \times 10^7$	US\$
3	$2,69 \times 10^7$	$\frac{2,69 \times 10^7}{(1 + 0,14)^3}$	$1,56 \times 10^7$	$-1,23 \times 10^6$	US\$
4	$2,69 \times 10^7$	$\frac{2,69 \times 10^7}{(1 + 0,14)^4}$	$1,30 \times 10^7$	$6,76 \times 10^5$	US\$
5	$2,69 \times 10^7$	$\frac{2,69 \times 10^7}{(1 + 0,14)^5}$	$1,08 \times 10^7$	$1,15 \times 10^7$	US\$
6	$2,69 \times 10^7$	$\frac{2,69 \times 10^7}{(1 + 0,14)^6}$	$9,01 \times 10^6$	$2,05 \times 10^7$	US\$
7	$2,69 \times 10^7$	$\frac{2,69 \times 10^7}{(1 + 0,14)^7}$	$7,51 \times 10^6$	$2,80 \times 10^7$	US\$
8	$2,69 \times 10^7$	$\frac{2,69 \times 10^7}{(1 + 0,14)^8}$	$6,26 \times 10^6$	$3,43 \times 10^7$	US\$
9	$2,69 \times 10^7$	$\frac{2,69 \times 10^7}{(1 + 0,14)^9}$	$5,22 \times 10^6$	$3,95 \times 10^7$	US\$
10	$2,69 \times 10^7$	$\frac{2,69 \times 10^7}{(1 + 0,14)^{10}}$	$4,35 \times 10^6$	$4,38 \times 10^7$	US\$
11	$2,69 \times 10^7$	$\frac{2,69 \times 10^7}{(1 + 0,14)^{11}}$	$3,62 \times 10^6$	$4,75 \times 10^7$	US\$
12	$2,69 \times 10^7$	$\frac{2,69 \times 10^7}{(1 + 0,14)^{12}}$	$3,02 \times 10^6$	$5,05 \times 10^7$	US\$
13	$2,69 \times 10^7$	$\frac{2,69 \times 10^7}{(1 + 0,14)^{13}}$	$2,52 \times 10^6$	$5,30 \times 10^7$	US\$
14	$2,69 \times 10^7$	$\frac{2,69 \times 10^7}{(1 + 0,14)^{14}}$	$2,10 \times 10^6$	$5,51 \times 10^7$	US\$
15	$2,69 \times 10^7$	$\frac{2,69 \times 10^7}{(1 + 0,14)^{15}}$	$1,75 \times 10^6$	$5,68 \times 10^7$	US\$

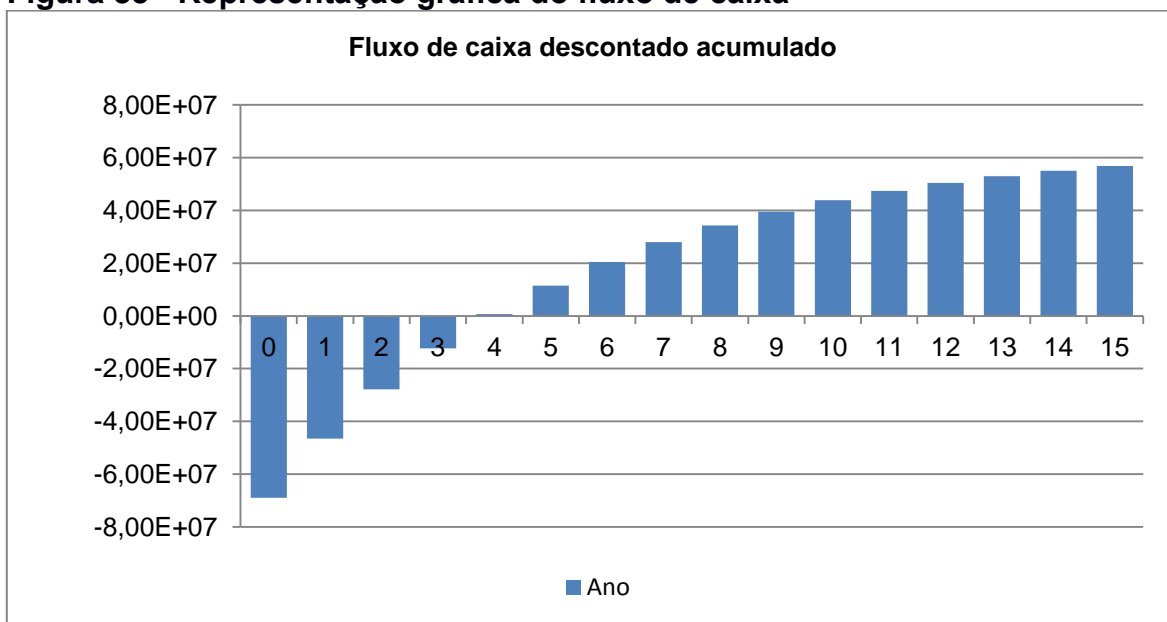
Fonte: autor.

A Taxa Mínima da Atratividade anual adotada foi de 20 %, o que representa a taxa utilizada em projetos de investimento, ou seja, o custo de oportunidade. O fluxo de caixa simples foi estimado em $2,69 \times 10^7$ US\$ para um período do ciclo de vida do projeto de 15 anos. Nesse sentido, o Valor Presente Líquido é igual a $5,68 \times 10^7$ US\$, o qual foi obtido a partir da apuração do fluxo de caixa, enquanto a Taxa Interna de

Retorno foi de 39 %. A análise de viabilidade econômico-financeira de um projeto a partir do VPL estabelece que se o resultado desse indicador foi maior ou igual a zero, isso indica que o projeto é viável, caso contrário, o projeto é inviável. A representação matemática desse argumento é o seguinte: $VPL \geq 0$ o projeto é viável; $VPL < 0$ o projeto é inviável.

A representação gráfica do fluxo de caixa pode ser visualizada na **Figura 35**.

Figura 35 - Representação gráfica do fluxo de caixa



Fonte: autor.

Os resultados do estudo de viabilidade econômico-financeira são ilustrados na **Tabela 21**.

Tabela 21 - Indicadores de viabilidade econômico-financeira

Indicadores	Valor	Unidades
Investimento inicial (-)	$6,93 \times 10^7$	US\$
Receita bruta (=)	$8,28 \times 10^8$	US\$
Custos de produção (-)	$3,25 \times 10^8$	US\$
Custos operacionais (-)	$4,76 \times 10^8$	US\$
FC - Fluxo de caixa (=)	$2,69 \times 10^7$	US\$
TMA - Taxa Mínima de Atratividade	20	%
Ciclo de vida do projeto	15	Anos
VPL - Valor presente líquido	$5,68 \times 10^7$	US\$
TIR - Taxa Interna de Retorno	39	%
Payback Simples	2,56	Anos
Payback Descontado	3,95	Anos

Fonte: autor.

De acordo com a **Tabela 21**, é possível assegurar que um projeto de instalação de 7 biorrefinarias de extração e refino de óleo de palma, de palmiste e de mamona é viável do ponto de vista econômico-financeira, e a estimativa do retorno de investimento inicial é de 3,95 anos (3 anos, 11 meses). O método de extração de óleo adotado para estimar os custos de produção é o de prensagem mecânica e processo físico-químico de refino. Os resultados da avaliação ambiental de biorrefinarias modulares são apresentados na próxima seção.

4.3 Avaliação Ambiental

A avaliação ambiental nesta pesquisa foi realizada a partir da **Eq. 24**. Os resultados permitiram observar que a operacionalização das biorrefinarias modulares proposta neste estudo tem o potencial de gerar $1,75 \times 10^8$ kg CO₂eq ano⁻¹ no cenário base e $2,40 \times 10^8$ kg CO₂eq ano⁻¹ no cenário otimizado, a uma taxa de produção de 100 % da capacidade (**Tabela 16**). Além disso, foi realizada uma análise do potencial de sequestro de carbono e recuperação de energia a partir dos indicadores de conversão de coprodutos das oleaginosas selecionadas nesta pesquisa. A **Tabela 22** permite verificar a quantidade de carbono que pode ser sequestrada por meio da planta agroecológica da palma de dendê.

Tabela 22 - Estimativa de sequestro de carbono da cultura de dendê

Estrutura da planta	Fator de residência	Sequestro de carbono/ t/(ha ano ⁻¹)	Carbono estocado/ t/(ha ano ⁻¹)
Folhas	2	6,54	13,08
Tronco	15	0,93	13,95
Raízes	15	0,22	3,3
Inflorescências	1	0,37	0,37
CFF*	1	5,19	5,19
Total		13,25	35,87

*Cachos de Frutos Frescos.

Fonte: autor, a partir de Machado; Henrique; Felici (2006).

De acordo com a **Tabela 22**, o sequestro de carbono realizado pela cultura de dendê é de 13,25 t/(ha ano⁻¹). Já para mamoneira, o sequestro de carbono varia de 15 t/(ha ano⁻¹) a 33 t/(ha ano⁻¹). Este último inclui o processo de fotossíntese das plantas de mamona, resíduos orgânicos (caules, ramos e hastes). Isso representa um resultado importante no contexto de redução de impactos ambientais na atividade agroindustrial, além de contribuir para o desenvolvimento sustentável. Para produzir a quantidade dos CFF e sementes de mamona disponíveis em Guiné-Bissau, é necessária uma área de colheita de $4,35 \times 10^4$ ha ano⁻¹ e $1,1 \times 10^4$ ha ano⁻¹ para os CFF e sementes de mamona, respectivamente. Nesse sentido, as emissões de GEE totais evitadas variam de $7,52 \times 10^5$ t CO₂ ano⁻¹ a $9,49 \times 10^4$ t CO₂ ano⁻¹. O balanço energético da fase agrícola e industrial das oleaginosas supracitadas é apresentado a seguir.

4.3.1 Balanço energético da palma de dendê e mamona

O balanço energético se caracteriza como um processo de avaliação da sustentabilidade energética de um arranjo produtivo, no qual se o resultado for positivo indica que há excedente de energia e se for negativo significa que a energia de entrada (consumida no processo) é maior que a energia produzida. Este último indica que o arranjo produtivo não é sustentável energeticamente.

Os elementos de entrada no processo de balanço energético para beneficiamento dos CFF de dendê são apresentados na **Tabela 23**.

Tabela 23 - Potencial energético de óleo de palma na geração de empregos diretos no campo

Óleo vegetal	Valor	Unidade
Óleo bruto de palma	4,84	t/(ha ano ⁻¹)
Óleo de palmiste	0,40	t/(ha ano ⁻¹)
Biomassa para cogeração (resíduos de processo)		
Cachos vazios	5,50	t/(ha ano ⁻¹)
Cascas de amêndoas	1,25	t/(ha ano ⁻¹)
Fibras do mesocarpo	3	t/(ha ano ⁻¹)
Balanco energético		
Energia aplicada	19,20	GJ/ha
Energia produzida	182,10	GJ/ha
Razão	9,50	GJ/ha
Área de colheita	$1,7 \times 10^4$	ha ano ⁻¹
Produção total por ano		
Óleo bruto de palma	$8,1 \times 10^4$	Toneladas por ano
Óleo de palmiste	$6,7 \times 10^3$	Toneladas por ano
Energia (excedente para cogeração)	5,37	MWh/(por ano)
Empregos diretos na agricultura	$1,7 \times 10^3$	1/(por ano)

Fonte: adaptado, a partir de Yusof; Ariffin (1996).

De acordo com a **Tabela 23**, há um excedente de energia para cogeração de 5,37 MWh por ano no beneficiamento dos CFF e potencial de 1664 empregos diretos na fase agrícola. A expansão da capacidade produtiva implica no aumento proporcional da energia excedente e novos empregos diretos em toda a cadeia de beneficiamento dessa oleaginosa.

Da mesma forma, foi realizado também o balanço energético do beneficiamento das sementes da mamona. Essa atividade envolve a estimativa da quantidade das sementes de mamona produzida de forma agroecológica em Guiné-Bissau.

Os resultados desse processo são apresentados na **Tabela 24**.

Tabela 24 - Potencial energético de óleo bruto de mamona e geração de emprego

Balanco energético	Valor	Unidade
Fase de colheita (agrícola) - (A)		
Mão de obra	13,40	GJ/ha
Maquinário	1,50	GJ/ha
Transporte	0,86	GJ/ha
Energia produzida	22,16	GJ/ha
Ração	1,41	GJ/ha
Área de colheita	1.2×10^3	ha ano ⁻¹
Fase industrial - (B)		
Eletricidade	0,67	GJ/ha
Vapor	3,18	GJ/ha
Água de limpeza	0,37	GJ/ha
Calor no espaço interno	0,35	GJ/ha
Calor direto	1,03	GJ/ha
Perdas	0,62	GJ/ha
Aço inoxidável	0,39	GJ/ha
Aço	0,59	GJ/ha
Cimento	0,25	GJ/ha
Energia de entrada - (A + B)	$2,79 \times 10^5$	GJ
Produção total por ano		
Óleo bruto de mamona (9 kcal/kg)	$7,7 \times 10^3$	t por ano
Torta (4 kcal/kg)	$8,1 \times 10^3$	t por ano
Energia de saída	$2,92 \times 10^5$	GJ
Balanco final	$3,65 \times 10^3$	MWh
Empregos diretos na agricultura	$2,4 \times 10^4$	1/(por ano)

Fonte: autor, a partir da EMBRAPA (2006).

Conforme apresentada na **Tabela 24**, o balanço energético da mamona apresentou um excedente de $3,65 \times 10^3$ MWh. Além disso, foi considerada uma produção mecanizada em que a ocupação da terra é de 2 pessoas por hectare por ano, o que implica na geração de $2,4 \times 10^4$ empregos diretos no campo. A avaliação social é apresentada na sequência.

4.4 Avaliação Social

A avaliação social de biorrefinarias modulares proposta nesta pesquisa foi realizada a partir da análise do potencial de impacto socioeconômico positivo proveniente das operações desses empreendimentos com base na **Eq. 25**. Os

resultados permitiram observar que a operacionalização desses empreendimentos com 100 % da capacidade, tem potencial de gerar $1,24 \times 10^5$ empregos no cenário base e $1,82 \times 10^5$ empregos no cenário otimizado (**Tabela 16**).

Os demais impactos sociais de instalação de biorrefinarias em Guiné-Bissau podem ser dimensionados na medida em que se encontra uma grande parcela da população dependente da monocultura de caju como principal fonte de renda. O beneficiamento proposto neste estudo demonstra um grande potencial de geração de empregos diretos para a população com baixa qualificação profissional em Guiné-Bissau.

O fortalecimento das cooperativas agrícolas também representa outro fator importante no engajamento dos pequenos produtores na cadeia de valor de biorrefinarias propostas neste estudo. A simplificação dos métodos de extração de óleo e refino de óleo de dendê e de mamona pode impulsionar a iniciativa privada nesse segmento. Além disso, as instalações de biorrefinarias modulares têm o potencial de atrair investimentos no agronegócio em Guiné-Bissau.

Em primeiro lugar, é importante criar instrumentos para promover a inclusão das comunidades locais a partir do diagnóstico participativo, planejamento de atividades desenvolvidas pelas cooperativas locais, monitoramento, controle, avaliação das atividades promovidas e dos resultados. Além disso, é necessário criar parcerias para garantir a mobilização de recursos com agentes de crédito. Nesse sentido, é necessário identificar as atividades realizadas pelas comunidades locais para fins de geração de renda, se possuem negociações ou parcerias em andamento e quais projetos estão comprometidos a desenvolver.

Em segundo lugar, pode-se fomentar atividade agroecológica praticada pelas comunidades da zona rural. Para tal, é importante analisar o contexto social das famílias que compõem as comunidades. Essa análise envolve identificação de quem mora na casa, o tempo de residência, se possui propriedade e a renda mensal da família. Além disso, é necessário saber a localização da propriedade, questões legais de sua titulação, bens patrimoniais existentes nela; qual a fonte de água e energia elétrica, averiguar a disposição do agricultor para ampliar a instalação e identificar a distância da propriedade para a sede do município.

Em terceiro lugar, é possível analisar os aspectos relativos à produção, extração de produtos e sistema de produção utilizada nas comunidades locais. Nesse sentido, pode-se realizar levantamento de dados sobre as principais atividades comerciais e não comerciais desenvolvidas na comunidade; identificar a localização das atividades na propriedade; as culturas praticadas e o volume de produção; quem são os responsáveis pela produção e como se dá a divisão das tarefas, bem como o meio de transporte utilizado para os produtos.

Outro aspecto importante na análise da produção agroecológica envolve o processo de manejo e uso da terra. Esse aspecto pode ser diagnosticado nas comunidades por meio de avaliação do histórico de uso da terra, identificação do tipo de culturas praticadas, formas de manejo da terra, as principais dificuldades enfrentadas no processo produtivo, tipos de defensivos agrícolas utilizados no cultivo; identificar tipos de sementes utilizadas, a incidência de pragas e formas de controle, se utiliza fogo no manejo do solo agrícola, identificar a predisposição do proprietário de terra para adoção de inovações no processo de produção.

Nesse contexto, pode-se observar também se o agricultor possui um sistema agroflorestal de produção, como faz a manutenção do sistema, o tamanho da área utilizada, culturas praticadas e a data de implantação da propriedade. Além disso, é necessário identificar as práticas extrativistas realizadas pelos agricultores na área própria da comunidade ou de terceiros; a quantidade produzida; o que é extraído da floresta para comércio ou para outras finalidades como medicinais ou alimentos, quais espécies de frutas ou sementes são extraídas da floresta, bem como os produtos comercializados.

Em quarto lugar pode-se avaliar o processo de beneficiamento dos produtos agroecológicos no âmbito da produção, beneficiamento, comercialização e marketing. Para tal, os **Quadro 9** e **Quadro 10** sintetizam as principais informações necessárias para o embasamento durante avaliação do potencial de produção, beneficiamento e comercialização dos produtos agroecológicos.

Quadro 9 - Dimensões de análise da produção, beneficiamento, comercialização e marketing dos produtos provenientes da palma de dendê e mamona em Guiné-Bissau

Dimensões de análise	Detalhamento de aspectos de análise
Produção	<p>Identificação de produtos que são produzidos nas fazendas selecionadas</p> <p>Quantificação das fazendas e famílias envolvidas.</p> <p>Dimensionamento da quantidade produzida de cada matéria-prima nos últimos anos.</p> <p>Disponibilidade de infraestrutura de produção (máquinas, equipamentos e galpão).</p> <p>O potencial de produção, considerando a disponibilidade de matéria-prima, mão de obra e infraestrutura disponível.</p> <p>Assistência técnica disponível para produção e os responsáveis.</p> <p>Modelos de gestão e controle da produção.</p> <p>Métodos de planejamento de produção anual implementado.</p> <p>Identificação de como é feito o pagamento da produção e o responsável.</p> <p>Capacidade financeira do sistema de produção agroindustrial.</p> <p>Os principais desafios enfrentados na produção.</p> <p>Ações importantes para melhoria dos aspectos relacionados à produção.</p>
Beneficiamento	<p>O volume de produção de cada produto nos últimos anos.</p> <p>Disponibilidade de agroindústria para beneficiamento dos produtos.</p> <p>Capacidade produtiva atual da agroindústria e capacidade ociosa.</p> <p>Expectativa de ampliação da produção.</p> <p>Formalização legal da agroindústria nos órgãos de controle.</p> <p>Qualidade de infraestrutura da agroindústria.</p> <p>Quantificação dos empregados e o regime de contrato (funcionários, diaristas, cooperados ou voluntários).</p> <p>Disponibilidade de manual de boas práticas de fabricação utilizada ou não pela agroindústria.</p> <p>Padronização da produção na agroindústria.</p> <p>Monitoramento técnico na área de processamento.</p> <p>Embalagem dos produtos com informações completas nos rótulos.</p> <p>Padronização de qualidade das embalagens primária e secundária.</p> <p>Existência e uso de ficha técnica dos produtos.</p> <p>Os principais desafios enfrentados no beneficiamento.</p> <p>Ações importantes para melhoria dos aspectos relacionados ao beneficiamento.</p>
Comercialização e marketing	<p>Elaboração e execução do plano de negócios.</p> <p>Realização do estudo de viabilidade mercadológica.</p> <p>Precificação dos produtos compatível com o mercado.</p> <p>Registro detalhado de composição do custo de produção e preço do produto.</p> <p>Identidade visual dos produtos (merchandising, logomarcas, rótulos, cartões de visitas, banners, entre outros).</p> <p>Adequação dos rótulos dos produtos para o mercado que está inserido.</p> <p>Interesse e capacidade de produção para além do mercado local.</p> <p>Ações importantes para melhoria dos aspectos relacionados ao marketing.</p> <p>Emissão de nota fiscal avulsa, bloco ou eletrônica.</p> <p>Contabilidade e pagamento regular dos impostos.</p> <p>Tabela de preços dos produtos.</p> <p>Mercado de comercialização dos produtos.</p>

Fonte: adaptado, a partir de ISPN (2015).

Quadro 10 - Dimensões de análise da produção, beneficiamento, comercialização e marketing dos produtos provenientes da palma de dendê e mamona em Guiné-Bissau (continuação)

Fator de análise	Dimensões de análise
Comercialização e marketing	Disponibilidade e acesso ao mercado institucional público. Diferenciação do preço para compra no atacado e varejo. Clareza na estratégia comercial. Equipe de vendas qualificadas ou responsáveis na organização pela comercialização dos produtos. Website ou qualquer ferramenta eletrônica de divulgação dos produtos. Logística integrada para comercialização dos produtos para os principais mercados identificados. Padronização do processo de cobrança das vendas e medidas para minimizar perdas de contas a receber. Capacidade de aumentar o volume de vendas. Identificação dos principais desafios na comercialização. Ações importantes para melhoria dos aspectos relacionados à comercialização.
Quadro Institucional	Formulação do quadro institucional e regulatório para garantir o êxito de empreendimentos de beneficiamento das oleaginosas em Guiné-Bissau. Compreender a estrutura do quadro regulatório atrelado à produção agrícola e política industrial vigente naquele país. Avaliar impacto econômico nas receitas fiscais por meio de tributações sobre produtos industrializados. Elaboração de políticas públicas de fomento à iniciativa privada. Criação de linhas de financiamento para o empreendimento. Dimensionamento das receitas fiscais. Abertura de mercado para comercialização de produtos da biorrefinaria. Facilidade no processo de regulação e tributação de produtos. Simplificação do processo de exportação.

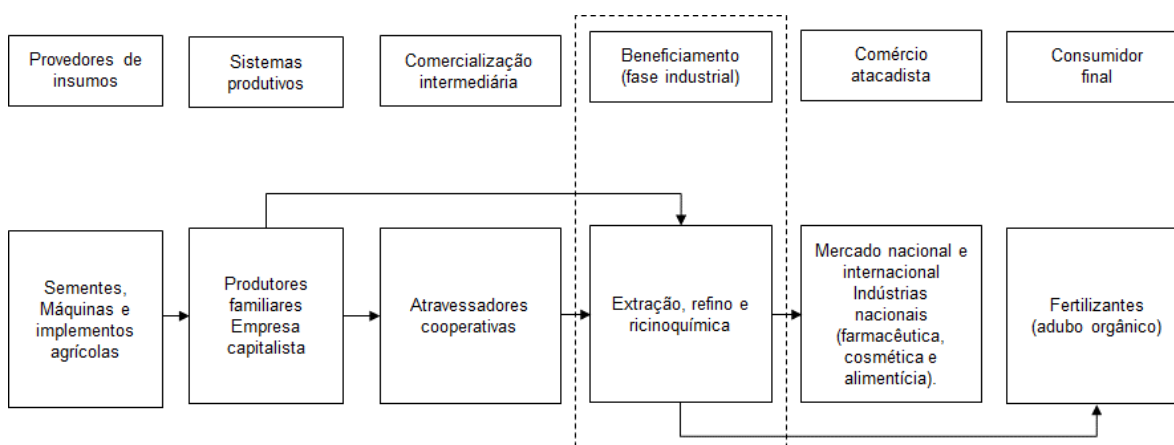
Fonte: adaptado, a partir de ISPN (2015).

De acordo com os **Quadro 9** e **Quadro 10**, a operacionalização das biorrefinarias propostas nessa pesquisa requer uma análise detalhada dos fatores da produção, beneficiamento e comercialização dos produtos provenientes dos CFF e sementes de mamona. Tais fatores representam os principais componentes de subsistemas de uma organização, os quais podem ser divididos em subsistema técnico de produção e mercadológico. O levantamento de dados apresentados nos Quadros supracitados é fundamento para adequação da estrutura das biorrefinarias apresentadas nesta pesquisa. Os elos da cadeia de beneficiamento tanto dos CFF de dendê, quanto das sementes da mamona descascadas são apresentadas na subseção a seguir.

4.5 Cadeia produtiva da palma de dendê e mamona

A análise da cadeia de beneficiamento dos CFF de dendê e sementes da mamona é uma importante atividade para identificar o potencial do agronegócio dessas oleaginosas em Guiné-Bissau. Nesse sentido, foi construído um esquema que apresenta de forma sintetizada os principais elos da cadeia de suprimento das oleaginosas supracitadas, de acordo com a **Figura 36**.

Figura 36 - Cadeia de suprimento da palma de dendê e mamona em Guiné-Bissau



Fonte: autor.

A biomassa da palma de dendê tem potencial de produzir insumos industriais para produção de alimentos, fertilizantes, ração animal e biocombustível, entre outros produtos. Já a biomassa da mamona é uma importante matéria-prima para produtos de agricultura, cosméticos, higiene, beleza e estética, além de proteína animal. Sendo assim, o desenvolvimento da cadeia produtiva dessas oleaginosas pode impulsionar o agronegócio em Guiné-Bissau e reduzir a dependência das indústrias locais por insumos provenientes do mercado estrangeiro.

Ademais, vale ressaltar a importância de engajamento das cooperativas locais na cadeia produtiva das referidas instalações industriais para garantir o fornecimento das matérias-primas e a operacionalização do sistema de biorrefino em Guiné-Bissau. Nesse sentido, foi realizado um mapeamento das cooperativas integradas em operação na Guiné-Bissau com potencial de atuar na capacitação dos habitantes do campo sobre o processo de colheita, pré-tratamento e comercialização dos CFF e sementes de mamona. O mapeamento permitiu encontrar 18 cooperativas dessa categoria em

funcionamento na Guiné-Bissau, as quais são apresentadas nas **Tabela 25** e **Tabela 26** a seguir.

Tabela 25 - Principais cooperativas que atuam no setor agrícola na Guiné-Bissau

Cooperativa/Associação agrícola	Área de atuação	Região	Associados
Ação para o desenvolvimento das tabancas do Leste	Segurança ambiental e desenvolvimento rural, saúde, ambiente, educação e formação.	Gabú	Não reportado
Associação para o desenvolvimento rural e urbana	Segurança ambiental e desenvolvimento rural, saúde, ambiente, educação e formação.	Oio	8
Apoio ao desenvolvimento das iniciativas comunitárias	Segurança ambiental e desenvolvimento rural, saúde, ambiente, educação e formação; microcrédito, economia e atividades geradoras de renda.	Gabú	21
Associação de filhos e amigos de Cubisseco/Empada	Segurança ambiental e desenvolvimento rural, saúde, ambiente, educação e formação.	Quinará	200
Associação de jovens agricultores de Mansabá	Segurança ambiental e desenvolvimento rural, saúde, ambiente, educação e formação; microcrédito, economia e atividades geradoras de renda.	Oio	300
Associação de jovens agricultores do setor de Pirada	Segurança ambiental e desenvolvimento rural, saúde, ambiente, educação e formação; microcrédito, economia e atividades geradoras de renda.	Gabú	463
Associação de jovens agricultores do setor de Pitche	Segurança ambiental e desenvolvimento rural, saúde, ambiente, educação e formação; microcrédito, economia e atividades geradoras de renda.	Gabú	1562
Associação dos jovens para o desenvolvimento da agricultura e pesca	Segurança alimentar e desenvolvimento rural	Bolama	129
Associação dos jovens para o desenvolvimento do setor de Fulacunda	Segurança ambiental e desenvolvimento rural, saúde, ambiente, educação e formação.	Quinará	287
Associação das mulheres horticultoras de Forea	Segurança alimentar e desenvolvimento rural, economia e atividades geradoras de renda.	Tombali	36

Fonte: autor, a partir de União Europeia (2018) e IMFV (2008).

Tabela 26 - Principais cooperativas que atuam no setor agrícola na Guiné-Bissau (continuação da Tabela anterior)

Cooperativa/Associação agrícola	Área de atuação	Região	Associados
Associação das mulheres horticultoras de Ponta Nobú	Segurança ambiental e desenvolvimento rural	Bafatá	120
Associação Nacional dos Agricultores da Guiné-Bissau	Segurança ambiental e desenvolvimento rural, saúde, ambiente, educação e formação; microcrédito, economia e atividades geradoras de renda.	Nacional	Não reportado
Associação de pequenos agricultores de Luta Contra Fome	Segurança ambiental e desenvolvimento rural, saúde, ambiente, educação e formação; microcrédito, economia e atividades geradoras de renda, Direitos Humanos e Cidadania; Gênero.	Bafatá; Gabú	2500
Federação das associações camponesas de Cubucaré	Segurança ambiental e desenvolvimento rural, ambiente, educação e formação.	Tombali	1800
Ajuda de desenvolvimento de povo para povo na Guiné-Bissau (ADPP-GB)	Segurança alimentar e desenvolvimento rural	Bissorã	2110
Clubes Integrados de Agricultores e Energia Renovável	Segurança alimentar e desenvolvimento rural	Bissorã	14 274
COAJQ - cooperativa agrícola de jovens quadros	Segurança alimentar e desenvolvimento rural	Cacheu	1850

Fonte: autor, a partir de União Europeia (2018) e IMFV (2008).

Nessa perspectiva, o grau de engajamento das cooperativas apresentadas nas **Tabela 25** e **Tabela 26** pode definir o sucesso na operacionalização das biorrefinarias propostas nesta pesquisa, tendo em vista a capacidade de mobilização dos pequenos agricultores familiares no âmbito de fornecimento dos CFF e sementes de mamona descascadas para beneficiamento nas biorrefinarias instaladas na região. O estudo de impacto ambiental é apresentado na sequência e a discussão dos resultados é apresentada na seção a seguir.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A instalação de biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau pode ser vista como um mecanismo para promover o desenvolvimento regional. Portanto, deve atentar para o beneficiamento das matérias-primas já domesticadas naquele país. O modelo de biorrefinarias modulares atende uma demanda importante na indústria local ao observar a extrema dependência de importação de insumos de produção para a indústria de alimentos, cosméticos e farmacêuticos, provenientes do mercado internacional.

Partindo-se da premissa que as biorrefinarias representam um instrumento importante no cenário atual de transição para uma economia de baixo carbono, é possível argumentar a necessidade de mapeamento das fontes de renda de países em desenvolvimento, compreender a relação da população economicamente ativa com a natureza para obtenção da renda. Nesse sentido, a proposta de projeto de investimento não deve ser avaliada apenas no contexto de viabilidade econômico-financeira, mas também com relação à estrutura, o tamanho e a demanda do mercado atual, sendo importante analisar o futuro daquele mercado e o posicionamento do empreendimento em longo prazo.

No caso das biorrefinarias, é importante levar em consideração, a modularização desde a concepção do projeto. Diferentemente do que a literatura apresenta na grande maioria dos trabalhos científicos, esta pesquisa revela a importância da modularização desses empreendimentos, uma vez que permite maior eficiência na produção e no uso de coprodutos para diversas finalidades, como recuperação de energia por meio de calor e metano.

Os resultados da otimização confirmam que a proposta de biorrefinarias modulares apresenta maior lucratividade para o empreendimento, uma vez que apresenta várias opções de produção de variedade dos produtos, permitindo o uso de métodos heurísticos para tomada de decisão de quanto produzir de cada item e ainda realizar análise de sensibilidade.

A avaliação tecno-econômica, ambiental e social foi realizada de forma simultânea a partir da otimização multiobjetivo (**Tabela 16**). No entanto, nos resultados da pesquisa, as três dimensões foram apresentadas em subseções diferentes, o que permite maior precisão e clareza na análise. A escolha de um indicador para avaliar

cada uma das dimensões da sustentabilidade de biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau pode ser justificada pela sua representatividade para alcançar os objetivos propostos nesta pesquisa. No caso da avaliação ambiental, o indicador selecionado foi a emissão de CO₂eq. Este indicador converte todos os impactos ambientais gerados na extração e refino do óleo de palma e mamona em *kilograma* de CO₂.

Em relação à avaliação tecno-econômica, utilizou-se o lucro bruto da produção, também incluiu os indicadores de viabilidade como VPL, TIR e *Payback*. Esses indicadores são amplamente utilizados na literatura científica sobre o tema em estudo. Sendo assim, possuem um papel importante para tomada de decisão de investimento. Além disso, é importante salientar que os resultados obtidos nesse processo, foram comparados com outros trabalhos científicos de projetos de biorrefinarias na África. Essa comparação demonstrou que os resultados obtidos neste estudo são similares aos resultados encontrados na literatura.

As biorrefinarias em operação em grande parte do mundo utilizam modelos de produção muito limitadas, baseadas na fabricação de óleo bruto e óleos refinados, enquanto outras biorrefinarias se dedicam a canalizar grande parte da sua produção de base que são óleos para produzir biocombustível. Desse modo, vale ressaltar que tais projetos não encontram amparos sólidos quando se trata de avaliação de riscos de investimento, tendo em vista que os biocombustíveis precisam de subsídios governamentais para garantir o preço competitivo com o petróleo. Além disso, em períodos de queda do preço de barril de petróleo, esse tipo de investimento se torna ainda mais arriscado devido ao elevado custo de produção.

Ademais, é importante observar as novas possibilidades que podem ser exploradas no campo da produção e operações das biorrefinarias, dando maior ênfase na fabricação de produtos de alto valor agregado. Esses avanços podem incluir a fabricação de polímeros e estearinas. No caso da palma de dendê, a estearina é utilizada na formulação de gordura sólida e empregada amplamente na indústria alimentícia, essencialmente na produção de alimentos processados, assim como na indústria de cosméticos; enquanto a estearina de mamona é utilizada desde a fabricação de utilidades como velas até produtos de alto valor agregado empregados na indústria cosmética e farmacêutica.

Outro fator importante a ressaltar é o diferencial desta pesquisa em relação às produções científicas encontradas na literatura sobre o tema. Este diferencial compreende no modelo de avaliação das incertezas utilizado nesta pesquisa. Esse modelo pode ser considerado de baixa complexidade, mas permitiu verificar que tanto o cenário base quanto o cenário otimizado possuem diferenças de emissões de gases de efeito estufa, que estão dentro da faixa de incerteza. Além disso, permite tomar melhores decisões com base em informações mais detalhadas.

Com base nas informações sobre os resultados do modelo de otimização empregado nesta pesquisa e suas incertezas associadas, é possível definir estratégias de produção e operacionalização das biorrefinarias, que podem ser alinhadas de acordo com a estimativa da demanda do mercado ou por meio de políticas públicas de fomento a fim de garantir melhores desempenhos produtivos e econômicos das biorrefinarias propostas. No caso das políticas públicas de fomento, pode-se elaborar uma estratégia de produção, em que as diretrizes de tal política sejam colocadas como restrições de produção, garantindo o planejamento e o controle produtivo conforme apresentado na **Figura 6**.

5.1 Beneficiamento dos CFF e Sementes de mamona

A indústria de beneficiamento dos CFF de dendê é a maior geradora de empregos diretos e indiretos no mundo, na qual os maiores produtores mundiais são a Malásia e a Indonésia devido ao domínio da cultura de dendezeiro e condições edafoclimáticas favoráveis para o crescimento dessa oleaginosa. Esses dois países respondem por mais de 80 % da produção mundial de óleo de dendê, o que representa $5,2 \times 10^3$ toneladas por ano. De acordo com os resultados analisados no relatório de Levermann; de Souza (2014), os postos de trabalho criados na cadeia produtiva do óleo de palma nesses dois países correspondem 4,3 milhões de empregos diretos e cerca de 17,2 milhões de empregos indiretos. Em relação à área plantada, o impacto social da cadeia de óleo de palma compreende a capacidade de gerar um posto de trabalho direto e dois empregos indiretos em cada 7 hectares por ano (LEVERMANN;

DE SOUZA, 2014), consolidando a agroindústria de óleo de dendê como maior empregadora do mundo.

No Brasil, houve grande avanço nos estudos prospectivos de expansão da prática agrícola da palma de dendê na década de 2010, impulsionado pela demanda de biodiesel, principalmente no estado da Bahia. Porém houve poucos avanços devido aos impactos ambientais e sociais negativos associados ao uso da terra, além da baixa competitividade com a cultura da soja abundante no território nacional brasileiro, que é um substituto favorito na produção de biodiesel.

A cultura mamoneira também representa grande importância na indústria de oleaginosas de origem vegetal, mas encontra barreiras de crescimento associadas ao domínio da cultura e das tecnologias de beneficiamento para fabricar produtos de alto valor agregado para a indústria cosmética, alimentícia e farmacêutica. No entanto, o presente estudo demonstrou que o beneficiamento de mamona pode contribuir na geração de emprego e renda, redução de impacto ambiental e crescimento econômico nos países em desenvolvimento, desde que seja associado às biorrefinarias modulares.

A instalação de biorrefinarias de esmagamento das sementes de mamona e CFF de dendê e a estruturação da cadeia de suprimento integrada para comercialização de produtos derivados de beneficiamento dessas oleaginosas tem potencial de gerar impactos social, ambiental e econômico positivos em Guiné-Bissau, que enfrenta déficit na balança comercial e ociosidade da mão de obra. Além disso, a expansão da área plantada das referidas oleaginosas pode contribuir para a recuperação das áreas degradadas em Guiné-Bissau, bem como impulsionar o agronegócio nesse país.

Este estudo prospectivo analisou a viabilidade técnica, econômica, ambiental e social de biorrefinarias em Guiné-Bissau e permitiu constatar a viabilidade econômico-financeira de implantação dessa indústria. Além disso, a quantificação de impactos ambientais a partir de emissões de GEE e impacto social por meio de empregos gerados no campo e nas biorrefinarias de beneficiamento das oleaginosas, permitiu observar a importância desse negócio para a Guiné-Bissau. Além de garantir a geração de renda, as biorrefinarias apresentam eficiência energética no esmagamento e beneficiamento das oleaginosas.

O estudo prospectivo também indicou a oportunidade de expansão da produção de mamoneira e palma de dendê em diferentes locais desse país, o que pode aumentar a disponibilidade dessas oleaginosas. No entanto, deve se observar os aspectos técnicos apresentados na literatura como a distância adequada do local da produção das matérias-primas e a instalação de beneficiamento, bem como a facilidade de distribuição dos centros comerciais de consumo de produtos e coprodutos dessas oleaginosas.

Outro fator importante a ressaltar nos estudos prospectivos, é a confiabilidade dos resultados a partir de dados coletados em diferentes fontes secundárias para desenvolvimento deste estudo. Sendo assim, foi realizada uma avaliação da incerteza dos dados, porém optou-se por avaliar apenas as equações finais da modelagem matemática proposta neste estudo.

De acordo com a **Tabela 16**, a barra de erros representa a média dos valores da incerteza das três funções objetivos propostas no modelo de otimização da produção de óleos de palma, óleos de mamona e seus respectivos coprodutos. A média da incerteza associada ao Lucro bruto (L) de beneficiamento dos CFF de dendê e sementes de mamona é de 18 %. Já a incerteza de emissões de GEE (GEE) é 16 %, enquanto a incerteza dos valores da geração de empregos diretos (EG) é de 16 %. Esses valores de incertezas são compatíveis com o nível aceitável para tomada de decisão em estudos prospectivos de instalação de novos arranjos organizacionais, especialmente no caso da biorrefinaria multiproduto.

É importante ressaltar que a busca patentária permitiu observar que embora a Malásia represente a maior produtora mundial de óleo de palma, os EUA ocupam a liderança de países de primeiro escritório de arquivamento de patentes de fabricação dessa oleaginosa. Entretanto, em termos de instituições de afiliação de inventores mais ativos em pedidos de patentes, encontra-se a empresa pública da Malásia (Malaysian Palm Oil Board). Também, segue em destaque a BASF (da Alemanha); Nestlé (Suíça); Catas-China (China); Agrinomics, Monsanto, Cargill e Du pont (EUA).

Nessa perspectiva, a busca patentária do óleo de palma permite assegurar que os países supracitados estão na vanguarda tecnológica da fabricação de óleo de palma no mundo. Além disso, a prospecção de tecnologia de beneficiamento de óleo de palma

assim como do tratamento de resíduos de fabricação de óleo de palma é liderada por empresas públicas e privadas dos países mencionados anteriormente. Nesse sentido, é importante observar as tecnologias desenvolvidas por empresas e países que ocupam a liderança na quantidade de patentes depositadas nos últimos anos durante a concepção e desenvolvimento de projetos de biorrefinarias modulares de beneficiamento de CFF em Guiné-Bissau.

Em relação à busca patentária da produção de óleo de mamona, os resultados permitiram verificar que os EUA ocupam a liderança nos pedidos de patentes ativos nos últimos 10 anos. Na segunda posição, encontra-se o Escritório Europeu de Patentes, seguido pela Organização Internacional de Patentes (PCT) na terceira posição. Os resultados da busca patentária de óleo de mamona também demonstraram que os demais países (Austrália, China e Índia) exercem papel importante na quantidade de pedidos de patentes de fabricação do óleo de mamona, porém nos últimos 10 anos não houve quantidade significativa de pedidos ou concessão de patentes de origem nesses países.

A análise da busca patentária permitiu observar que as famílias de patentes requeridas e concedidas na WIPO envolvem todo o ciclo da fase agrícola e processamento industrial da palma de dendê e mamona. No caso do beneficiamento dos CFF e sementes da mamona, foi possível observar que as famílias de patentes arquivadas contemplam os produtos para a indústria alimentícia, cosmética e farmacêutica. Esses resultados enaltecem a relevância desta pesquisa, essencialmente a sua implicação na diversificação da economia da Guiné-Bissau, além de gerar impactos sociais e ambientais positivos como crédito de carbono e novos postos de trabalho.

5.2 Oportunidades e Desafios

Esta pesquisa foi desenvolvida num contexto de grande apelo da comunidade científica no âmbito da redução do impacto ambiental e criação de mecanismo da produção limpa que garantem a transição do modelo tradicional de produção linear para um modelo mais sustentável nas dimensões econômica, ambiental e social. Nesse

sentido, a pesquisa foi desenvolvida no contexto de avaliar a viabilidade técnica, econômica, ambiental e social de um sistema de biorrefino em Guiné-Bissau, que leva em consideração a cultura oleaginosa disponível nesse país a partir do modelo de produção agroflorestal.

Os resultados deste estudo permitiram observar que a instalação de biorrefinarias multiproduto pode contribuir significativamente na diversificação da economia guineense, proporcionar o desenvolvimento do agronegócio e garantir a comercialização de óleos refinados de palma de dendê, estearina de palma, óleo de palmiste, essências de óleos de mamona e estearina. Os modelos de otimização utilizados para avaliar a viabilidade tecno-econômica, ambiental e social permitiram dimensionar a quantidade a produzir de cada produto (**Tabela 16**) e a otimização de transporte das matérias-primas para as biorrefinarias (**Tabela 14**), minimizar os custos de transporte e emissões de CO₂eq da queima de combustível fóssil.

Atualmente, a extração de óleo bruto de palma em Guiné-Bissau é realizada por mulheres de forma artesanal, com o emprego de ferramentas de uso manual, o que gera ineficiência produtiva. Muito embora a produtividade de óleo de dendê seja ineficiente em Guiné-Bissau, o país produziu em média $8,42 \times 10^3$ t ano⁻¹ entre 2016 e 2019 (**Apêndice F**). Grande parte dessa produção é destinada para autoconsumo das famílias e o excedente é comercializado no mercado local, com pouco valor agregado.

Nesse contexto, os resultados do estudo da viabilidade tecno-econômica, ambiental e social de biorrefinaria de beneficiamento de CFF de dendê a partir da colheita agroecológica é importante para formuladores de políticas públicas em Guiné-Bissau, que pode servir de embasamento para encorajar a iniciativa privada nesse segmento da indústria. O óleo bruto de palma de dendê é um produto alimentício e os engaços podem ser utilizados para cogeração de energia; já o óleo refinado de palma, óleo de palmiste e estearina de palma são insumos para indústria alimentícia, cosmética e farmacêutica, usados na fabricação de sorvetes, chocolate, lubrificantes para máquina de produção de alimentos, endurecimento de balas, sabonetes, loções, creme de barbear, creme de pele, entre outros. Enquanto o óleo bruto de mamona, óleo refinado e estearina têm aplicações na indústria cosmética e farmacêutica. Além disso,

a estearina de mamona serve para fabricação de vela, sabão e detergentes, batom, amaciadores, lubrificantes, giz, cera, entre outros.

A contribuição do segmento industrial no Produto Interno Bruto (PIB) da Guiné-Bissau é de 13 %, enquanto da agricultura responde por 51 % do PIB. Já o segmento de serviços foi responsável por 31 % do PIB em 2021. Nesse contexto, os produtos avaliados neste estudo a partir do beneficiamento de CFF e sementes da mamona descascadas (**Tabela 16**) permitiram criar um cenário capaz de contribuir para a diversificação econômica da Guiné-Bissau, além de benefícios ambientais e sociais. Além disso, é possível verificar que a Guiné-Bissau possui grande potencial de produção do óleo de palma de dendê e de mamona (**Apêndice D; F**). Essa produção pode ser ampliada com instalação de novas biorrefinarias em diferentes regiões desse país.

Da mesma forma, os resultados obtidos na avaliação tecno-econômica de biorrefinarias permitiram estabelecer quantidade a ser produzida de cada produto do beneficiamento dos CFF e sementes de mamona descascadas, a fim de maximizar o lucro bruto (*L*), minimizar o impacto ambiental (*GEE*) e maximizar o impacto social (*EG*).

As biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau também podem contribuir para a redução do desmatamento e a valorização da mata viva, uma vez que o estudo considera a colheita da palma de dendê e mamona agroflorestal como uma forma de geração de renda e empregos qualificados no campo e nas instalações de processamento das oleaginosas.

5.3 Mercado Exterior da Guiné-Bissau

Este estudo possui foco no mercado nacional da Guiné-Bissau, no entanto, a prospecção tecnológica demonstrou que os países que estão na vanguarda da tecnologia de beneficiamento das matérias-primas selecionadas nesta pesquisa são Malásia, Alemanha, China e os EUA. Esses países não são parceiros comerciais da Guiné-Bissau, exceto a China. Nesse contexto, é importante desenvolver estratégia de desenvolvimento de mercado para facilitar as exportações de excedentes de produtos provenientes de beneficiamento dos CFF e sementes de mamona descartada. Essa

prática teria impacto positivo na redução do déficit da balança comercial da Guiné-Bissau, assim como fortalecer a economia nacional reduzindo a evasão de divisas.

Atualmente, os principais parceiros comerciais da Guiné-Bissau são: Portugal, Senegal, Brasil, Paquistão e China. Esses países respondem por mais de 60 % das importações da Guiné-Bissau. Os produtos importados pela Guiné-Bissau são: (I) grãos e cereais alimentícios (agroalimentares); (II) energéticos (combustíveis e óleos minerais), betumes e ceras; (III) químicos (plásticos e derivados, farmacêuticos, sabão, lubrificantes, ceras, velas, materiais de uso para dentista, produtos diversos para a indústria química, óleos essenciais, perfumarias, cosméticos, extratos tanantes, pigmentos, tintas e vernizes); (IV) minérios e metais, entre outros (MARQUES, 2023). A descrição completa de produtos importados por grupo de produtos pode ser visualizada em [Anexos](#).

Os principais destinos das exportações da Guiné-Bissau são: 1) Índia; 2) Togo; 3) Vietnã; 4) Espanha; e 5) China. Os principais produtos exportados pela Guiné-Bissau são o petróleo e derivados do petróleo; castanha de caju; peixes congelados, frescos ou refrigerados; borrachas e suas obras; madeiras e manufaturas de madeiras; entre outros. Nesse contexto, é importante observar que as exportações da Guiné-Bissau estão muito limitadas a manufaturas de baixo valor agregado.

Além disso, o levantamento da balança comercial de mercadorias realizado no período de 2017 a 2022 demonstrou que a Guiné-Bissau possui um saldo comercial negativo desde 2019 (exportação *Fob* – importação *Cif*), registrando um déficit de – 207 US\$ milhões em 2021, conforme apresentado em [Anexos](#) deste estudo (MARQUES, 2023). Nesse sentido, a proposta de biorrefinarias modulares na Guiné-Bissau pode contribuir muito para agregar valor na balança comercial de mercadorias, principalmente na oferta de produtos químicos como óleos essenciais, cosméticos e perfumarias.

Tendo em vista que os parceiros comerciais da Guiné-Bissau não representam países da vanguarda tecnológica dos produtos propostos para fabricação por meio de biorrefinarias modulares, é importante desenvolver novas relações comerciais com potenciais mercados internacionais para exportação de insumos e produtos excedentes no mercado nacional para atender demandas desses países.

6 CONCLUSÕES

Esta pesquisa permitiu observar que a instalação de biorrefinarias modulares representa um papel importante na diversificação da economia de países em desenvolvimento, como é o caso da Guiné-Bissau. No entanto, a definição de produtos a serem produzidos deve contemplar a demanda local e o mercado de fatores de produção para garantir a oferta das matérias-primas e o funcionamento de empreendimentos de beneficiamento. Além disso, constatou-se que as biorrefinarias modulares têm grande potencial para contribuir no processo de transição para uma economia mais sustentável e resiliente no cenário atual de grande apelo pela redução do uso de recursos não renováveis de produção.

Com isso, pode-se concluir que a concepção de projetos de biorrefinarias nos países em desenvolvimento não deve ser limitada apenas ao beneficiamento de uma única matéria-prima e nem produzir somente um único produto devido ao alto risco macroambiental que pode comprometer o desempenho econômico de um produto no mercado. Nessa perspectiva, a modularização de biorrefinaria poderia suprir essa lacuna, além de viabilizar a recuperação energética de resíduos de produção para cogeração de energia. Assim, a modularização permite a produção de multiprodutos devido a flexibilidade no beneficiamento das matérias-primas.

Para justificar o potencial econômico da proposta de instalação de biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau, foi realizada uma estimativa de investimento inicial e custos operacionais para 7 biorrefinarias em Guiné-Bissau. Nesse contexto, foi realizado um estudo de viabilidade econômico-financeira. Os indicadores avaliados foram o VPL, TIR e Payback Simples para um projeto cujo ciclo de vida é de 15 anos e Taxa Mínima de Atratividade de 20 % ao ano. Os resultados evidenciaram o VPL positivo, TIR de 39 % e o prazo para Retorno de Investimento Inicial de 3,95 anos.

É importante ressaltar que embora o estudo de viabilidade econômico-financeira demonstrasse um resultado positivo, foi realizada uma avaliação de incerteza para verificar a qualidade dos dados utilizados nesse processo. Nesse sentido, para avaliar a incerteza dos dados, foi empregada a Matriz Pedigree e Simulações de Monte Carlo. Os resultados obtidos evidenciaram percentuais muito elevadas de incerteza dos

dados, o que permitiu observar a necessidade de melhoria da base de dados para reduzir a incerteza. Além disso, as incertezas obtidas nas Simulações de Monte Carlo representam informações relevantes para tomada de decisão com maior precisão.

Do ponto de vista econômico, a proposta de produção de insumos de alto valor agregado para a indústria alimentícia, cosmética e farmacêutica limita a necessidade de produção de grandes volumes de produtos, mas possui uma rentabilidade muito elevada. Sendo assim, a estratégia de produção e comercialização deve ser construída com base na agregação de valor em toda a cadeia produtiva de biorrefinarias modulares propostas nesta pesquisa.

Ademais, esta pesquisa também tinha o objetivo de avaliar a viabilidade técnico-econômica, ambiental e social de biorrefinarias modulares para a produção de insumos de alto valor agregado para a indústria farmacêutica, cosmética e alimentícia em Guiné-Bissau, a partir de beneficiamento de CFF de dendê e sementes de mamona descascadas. Para avaliar os resultados obtidos, foram construídos dois cenários de análise, que foram denominados de cenário base e cenário otimizado.

A análise comparativa permitiu concluir que o cenário otimizado apresenta melhor desempenho tanto em termos de maximização de lucro de produção de óleo de palma e de mamona e geração de empregos diretos quanto em minimização de emissões de GEE no processamento industrial das oleaginosas selecionadas para análise, nomeadamente os CFF e sementes de mamona (Tabela 16). Além disso, os resultados da pesquisa permitiram observar a viabilidade econômico-financeira de beneficiamento dos CFF e sementes de mamona descascadas por meio de biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau. Essa análise envolve os indicadores de custos de aquisição das matérias-primas, transporte, insumos de produção e processamento industrial.

Na abordagem do potencial mercadológico de biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau, observou-se que a oferta de insumos para a indústria de cosméticos, farmacêutica e alimentícia pode contribuir significativamente na geração de empregos diretos e qualificados, geração de receitas fiscais para o Estado, sequestro de carbono e fortalecimento da indústria. Além disso, a instalação de biorrefinarias modulares pode reduzir a exportação de produtos de baixo valor agregado.

O conceito de biorrefinarias modulares abrange a flexibilidade no beneficiamento das matérias-primas para a produção de multiprodutos e coprodutos, simultaneamente, elevando a capacidade de produção e reduzindo os desperdícios provenientes de rejeitos da produção. A proposição de produzir 7 produtos diferentes nesta pesquisa, assim como a construção de um modelo de otimização multiobjetivo que maximiza o lucro, minimiza as emissões de GEE e maximiza a geração de empregos diretos. O modelo de otimização supracitado permitiu determinar a quantidade a produzir de cada produto, de modo a otimizar a produção e realizar uma avaliação multidimensional da sustentabilidade desta proposta de projeto.

Os produtos e coprodutos analisados nesta pesquisa representam os principais insumos de alto valor agregado para a indústria farmacêutica, cosmética e alimentícia em Guiné-Bissau. Além disso, podem ser produzidos em larga escala para comercialização no mercado nacional e internacional sem perder o valor. Logo, os empregos gerados no campo representam ganhos sociais para esse país onde há uma grande ociosidade da mão de obra nos períodos entressafra da castanha de caju.

A prospecção tecnológica permitiu identificar os países que estão na vanguarda tecnológica da produção de óleo de palma e de mamona nos últimos 10 anos, pela qual foi constatada a importância de considerar a tendência tecnológica da fabricação do óleo de palma e de mamona no desenvolvimento de biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau. Assim, a combinação da tendência tecnológica e a demanda de produtos definirá os módulos de biorrefinaria apropriados para atender o mercado.

Ademais, vale ressaltar a importância desta pesquisa no uso de matérias-primas de origem agroflorestal para a produção de produtos de alto valor agregado em diferentes aplicações industriais. Além disso, uma das grandes contribuições sociais dessa proposta é a geração de renda para a população do campo inserida na cadeia produtiva. Logo, esta pesquisa tem fortes contribuições ambientais na mitigação do desmatamento, tendo em vista que enfatiza o uso econômico das matérias-primas de origem agroflorestal sem a necessidade de desmatamento.

Diante disso, A pesquisa também permitiu verificar a existência de diferentes cooperativas que podem ser engajadas para assegurar a operacionalização das biorrefinarias modulares propostas em Guiné-Bissau. Essas cooperativas exercem um

papel crucial na sensibilização dos pequenos produtores residentes no campo a fim de coordenar a colheita e a comercialização das matérias-primas para beneficiamento em biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau. Nesse sentido, as cooperativas podem exercer papel de intermediárias na garantia das matérias-primas e na negociação de preços de aquisição junto aos produtores, bem como aumentar a quantidade de associados envolvidos na cadeia produtiva de biorrefinarias modulares.

Finalmente, cabe enfatizar a necessidade de engajamento dos formuladores de políticas públicas em Guiné-Bissau, de modo a fomentarem o investimento da iniciativa privada nesse segmento da indústria. Desse modo, no contexto da pesquisa futura, é importante abordar o potencial de biomassas em terras degradadas em Guiné-Bissau e demais oleaginosas disponíveis nesse país que podem ser agregadas na cadeia produtiva das biorrefinarias modulares.

6.1 Sugestões para Pesquisas Futuras

A partir da análise dos resultados alcançados nesta pesquisa, foram observadas algumas limitações que envolvem os dados utilizados na avaliação tecno-econômico, ambiental e social de biorrefinarias modulares em Guiné-Bissau. Estas limitações são elencadas a seguir e representam oportunidades para futuras pesquisas sobre o tema.

- A pesquisa analisou apenas duas oleaginosas (palma de dendê e mamona), entre várias oleaginosas disponíveis em Guiné-Bissau, as quais podem ser beneficiadas para a produção de insumos industriais;
- Há necessidade de avaliar a percepção das autoridades locais e demais partes interessadas para garantir o êxito desta proposta de projeto em Guiné-Bissau;
- A atividade de reflorestamento de terras degradadas pode ser fomentada para compensar as emissões de GEE, de modo a evitar a necessidade da compra de crédito de carbono em um eventual cenário obrigatório de compensação.

Por outro lado, as principais sugestões para pesquisas futuras são apresentadas a seguir:

- Integração das cooperativas locais na cadeia produtiva;
- Capacidade produtiva e comercial das matérias-primas;

- Engajamento dos formuladores políticos em Guiné-Bissau;
- Fomento à iniciativa privada no segmento de biorrefinaria;
- Potencial de beneficiamento de outras biomassas disponíveis em Guiné-Bissau;
- Prospecção de mercado para comercialização de produtos;
- Desenvolvimento de rede de cooperação com indústrias locais;
- Cooperação de P, D&I com empresas estrangeiras.

6.2 Contribuições desta Pesquisa

As principais contribuições científicas desta pesquisa consistem no desenvolvimento de um modelo de otimização multiobjetivo, na evidência da importância de avaliar as incertezas de informações para tomada de decisão e em demonstrar o potencial das biorrefinarias modulares na produção de produtos de alto valor agregado para aplicações na indústria farmacêutica, cosmética e alimentícia em Guiné-Bissau.

Os resultados parciais deste estudo foram publicados em revistas científicas qualificadas cujas referências são apresentadas na sequência:

IANDA, T. F.; KALID, A. R.; Rocha, L. B.; PADULA, A. D.; Zimmerman, W. B. Techno-economic modeling to produce biodiesel from marine microalgae in sub-Saharan countries: An exploratory study in Guinea-Bissau. **Biomass and Bioenergy**, [s. l.], v. 158, n. January, p. 106369, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106369>

Ianda, T. F.; Sales, E. A., Nascimento, A. N., & Padula, A. D. (2020). Optimizing the Cooperated “Multi-Countries” Biodiesel Production and Consumption in Sub-Saharan Africa. **Energies**, 13(18), 4717. doi:10.3390/en13184717. Disponível em: < <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/18/4717>>. Acesso em: 08 set. 2021.

IANDA, T. F.; PADULA, Antonio Domingos. Exploring the Brazilian experience to design and simulate the impacts of a biodiesel program for sub-Saharan countries: The case of Guinea-Bissau. **Energy Strategy Reviews**, [s. l.], v. 32, p. 100547, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100547>.

Ianda, T. F. Sales, E. A., Nascimento, A. N. Análise de Cross-Section dos determinantes da inovação e desempenho na indústria brasileira de transformação. **Revista do Instituto Politécnico da Bahia**. Ano 11 Edição Quadrienal Dezembro de 2019. ISSN 1809 8169 31E. Páginas 6-16. Disponível em: <

<http://ipolitecnicobahia.org/wp-content/uploads/2019/12/Download-Revista-31E.pdf>>.
Acesso em: 08 set. 2021.

RECONHECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ABBATI DE ASSIS, Camilla *et al.* Techno-Economic Assessment, Scalability, and Applications of Aerosol Lignin Micro- and Nanoparticles. **ACS Sustainable Chemistry and Engineering**, [s. l.], v. 6, n. 9, p. 11853–11868, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b02151>

AHLGREN, Serina *et al.* LCA of biorefineries identification of key issues and methodological recommendations. [s. l.], p. 81, 2013. Disponível em: http://f3centre.se/sites/default/files/f3_report_2013-25_lca_biorefineries_140710.pdf

AKKARI, Alessandra Cristina Santos *et al.* Pharmaceutical Innovation EU US and ROW. **Gestão & Produção**, [s. l.], v. 23, n. 2, p. 365–380, 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2016000200365&lng=pt&tlng=pt

AMARASEKARA, A. S. Handbook of cellulosic ethanol. **Scrivener Publishing LLC, & John Wiley and Sons Inc**, [s. l.], 2013. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781118878750>

BAD. **Perspetivas económicas em África 2018**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/9789264248649-pt>

BAIRAMZADEH, Samira; PISHVAEE, Mir Saman; SAIDI-MEHRABAD, Mohammad. Multiobjective Robust Possibilistic Programming Approach to Sustainable Bioethanol Supply Chain Design under Multiple Uncertainties. **INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH**, 1155 16TH ST, NW, WASHINGTON, DC 20036 USA, v. 55, n. 1, p. 237–256, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.5b02875>

BAJAJ, S. **Ecoinvent 3.6 dataset documentation: Castor bean production - RoW; Castor bean; allocatable product; Allocation, cut-off**. Zürich: [s. n.], 2019.

BANCO MUNDIAL. **Guiné-Bissau. Memorando Econômico do País**. [S. l.: s. n.], 2015. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/pt/425691468276277003/pdf/582960PORTUGES0CEM0final010Feb150PT.pdf>.

BECKER, D.F. (Org.). **Desenvolvimento regional (abordagens interdisciplinares)**. Santa Cruz do Sul (RS-Brasil): [s. n.], 2003.

BELLO, P. L., José. **Metodologia Científica**. [S. l.: s. n.], 2004.

BIODIESEL BR. **Mamona colhida no semi-árido do Piauí será transformada em biodiesel**. [S. l.], 2011. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/mamona/mamona-colhida-no-semi-arido-do-piaui-sera-transformada-em-biodiesel>. Acesso em: 20 ago. 2021.

BIOMERCADO. **Indicadores de Preços Médios**. [S. l.], 2021. Disponível em:

<http://biomercado.com.br/>. Acesso em: 20 ago. 2021.

BIPM *et al.* Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. **International Organization for Standardization Geneva ISBN**, [s. l.], v. 50, n. September, p. 134, 2008. Disponível em: <http://www.bipm.org/en/publications/guides/gum.html>

BNDES. **Estudo de Viabilidade de Produção de Biocombustíveis na UEMOA (União Econômica e Monetária do Oeste Africano)**. [S. l.: s. n.], 2013.

BRASIL. **Guia Prático de Análise Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: https://www.gov.br/economia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/2020/arquivos/apr_acb-infraestrutura_2020-07-31.pdf.

BRONDANI, Michel. **Avaliação Do Ciclo De Vida (Acv) Da Produção De Bioetanol Hidratado Em Pequena Escala: Abrangência Agrícola E Industrial**. 132 f. 2014. - Universidade Federal de Santa Catarina, [s. l.], 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7983/BRONDANI%2CMICHEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BUNGE. **Relatório de Sustentabilidade**. [S. l.], 2012. Disponível em: <https://www.bunge.com.br/sustentabilidade/2012/port/ra/13.htm>. Acesso em: 20 mar. 2022.

BUSINESS INSIDER. **Beauty has blown up to be a \$532 billion industry — and analysts say that these 4 trends will make it even bigger**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.businessinsider.com/beauty-multibillion-industry-trends-future-2019-7>. Acesso em: 22 out. 2020.

CADENA, Erasmo *et al.* Social life cycle assessment methodology for evaluating production process design: Biorefinery case study. **JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION**, THE BOULEVARD, LANGFORD LANE, KIDLINGTON, OXFORD OX5 1GB, OXON, ENGLAND, v. 238, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117718>

CAMPESTRE. **Óleo de palma - ficha técnica**. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://www.campestre.com.br/oleos-vegetais/oleo-de-palma/oleo-de-palma-ficha-tecnica/>. Acesso em: 17 fev. 2021.

CAMPOS, Eugênio dos Dos Santos de Castro; SANTOS, Viviani Marques Leite dos. Estudo Do Processo De Extração De Óleo De Mamona Em Cooperativas Do Pólo São Francisco (Study of the Extraction Process of Castor Bean Oil in the Cooperatives of Pole San Francisco). **Engevista**, [s. l.], v. 17, n. 4, p. 477, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/engevista.v17i4.616>

CARDOSO, Terezinha F *et al.* Economic, environmental, and social impacts of different sugarcane production systems. **BIOFUELS BIOPRODUCTS \& BIOREFINING-**

BIOFPR, 111 RIVER ST, HOBOKEN 07030-5774, NJ USA, v. 12, n. 1, p. 68–82, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bbb.1829>

CAVALCANTE, S. A.; ÁVILA, P. E.; SILVA, T. N. ATUAÇÃO DA PETROBRAS NO GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTO PARA A USINA DE BIODIESEL DE QUIXADÁ. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 277–290, 2014.

CHACÓN, L.; COTO, O.; FLORES, M. Actualización de la encuesta de biomasa como insumo para su incorporación en la matriz energética de Costa Rica. **EMA Energía Medio Ambiente y Desarrollo S. A**, [s. l.], 2018. Disponível em: https://sepse.go.cr/documentos/%0AInforme_Final_Actualizacion_Encuesta_Biomasa_SEPSE_CRUSA_EMA_2018.pdf

CHERUBINI, Francesco; STROMMAN, Anders Hammer; ULGIATI, Sergio. Influence of allocation methods on the environmental performance of biorefinery products-A case study. **RESOURCES CONSERVATION AND RECYCLING**, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS, v. 55, n. 11, p. 1070–1077, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.06.001>

CLARIVATE ANALITICS. **Web of Science**. [S. l.], 2020. Disponível em: <http://login.webofknowledge.com/error/Error?Src=IP&Alias=WOK5&Error=IPError&Params=%26Error%3DClient.NullSessionID&PathInfo=%2F&RouterURL=http%3A%2F%2Fwww.webofknowledge.com%2F&Domain=.webofknowledge.com>. Acesso em: 20 out. 2020.

COMPREHENSIVE CASTOR OIL REPORT. **Tamilnadu: Castor oil in**. [S. l.: s. n.], 2013.

CORONA, Andrea *et al.* Environmental screening of potential biomass for green biorefinery conversion. **JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION**, THE BOULEVARD, LANGFORD LANE, KIDLINGTON, OXFORD OX5 1GB, OXON, ENGLAND, v. 189, p. 344–357, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.316>

COSTA, Vânia Maria Gomes; CUNHA, João Carlos da. A universidade e a capacitação tecnológica das empresas. **Revista de Administração Contemporânea**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 61–81, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1415-65552001000100005>

COTO, O. **Uso de los residuos agrícolas orgánicos como fuente de energía: aprovechamiento de recursos y reducción de gases de efecto invernadero en Costa Rica**. [S. l.: s. n.], 2013. Disponível em: <https://docplayer.es/12647419-Proyecto-informe-de-consultoria-producto-1.html>.

COTULA, Lorenzo. **Land deals in Africa: What is in the contracts?** London, UK: [s. n.], 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.17528/cifor/003313>

DAFUL, Asfaw Gezae; GOERGENS, Johann F. Techno-economic analysis and environmental impact assessment of lignocellulosic lactic acid production. **CHEMICAL**

ENGINEERING SCIENCE, [s. l.], v. 162, p. 53–65, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2016.12.054>

DAHIYA, A. *et al.* Bioenergy: Biomass to biofuels. **Academic Press, Elsevier**, [s. l.], 2015. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/C2012-0-06230-8>

DASAN, Yaleeni Kanna *et al.* Life cycle evaluation of microalgae biofuels production: Effect of cultivation system on energy, carbon emission and cost balance analysis. **SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT**, [s. l.], v. 688, p. 112–128, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.181>

DE JONG, Ed; JUNGMEIER, Gerfried. **Biorefinery Concepts in Comparison to Petrochemical Refineries**. [S. l.]: Elsevier B.V., 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63453-5.00001-X>

DÖHLER AMÉRICA LATINA. **Dossiê Óleos**. [S. l.: s. n.], 2014.

DOING HOLDINGS CO., LTD. **DOING GROUP**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://www.doinggroup.com/>.

DOURADO, Mailena Silva *et al.* Prospecção Tecnológica de Patentes a Respeito da Produção de Diesel Verde a partir de Microalgas com Catalisadores de Nióbio por Pirólise Rápida. **Cadernos de Prospecção**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 950, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.9771/cp.v14i3.38002>

DURAES, F.O.M.; LAVIOLA, B.G.; SUNDFELD, E.; MENDONÇA, S.; BHERING, L.L. **Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Pinhão-manso para Produção de Biocombustíveis Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Agroenergia Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Embrapa**. Brasília: [s. n.], 2009. Disponível em: www.cnptia.embrapa.br.

EBADIAN, Mahmood; SOKHANSANJ, Shahab; WEBB, Erin. Estimating the required logistical resources to support the development of a sustainable corn stover bioeconomy in the USA. **BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR**, 111 RIVER ST, HOBOKEN 07030-5774, NJ USA, v. 11, n. 1, p. 129–149, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bbb.1736>

ECREEE. **AGENDA DE AÇÃO PARA A ENERGIA SUSTENTÁVEL PARA TODOS NA GUINÉ- BISSAU**. [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: https://www.aler-renovaveis.org/contents/files/agenda-accao-energia-sustentavel-para-todos_outubro-2017.pdf.

EMBRAPA. Matérias - primas para produção do biodiesel: priorizando alternativas. [s. l.], p. 35, 2005. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/matprima1_000gevvbauw02wx5ok0dnrsvx8drsue9.pdf

EMBRAPA. **RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DE TECNOLOGIAS**

GERADAS PELA EMBRAPA. [S. l.: s. n.], 2018.

EMBRAPA. **Sistemas de Produção Embrapa: Cultivo da Mamona.** [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em:

https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=5701&p_r_p_-996514994_topicold=6. Acesso em: 19 jan. 2021.

EMBRAPA. **Viabilidade Técnica e Econômica de Produção de Ésteres de Óleo de Palma, para Utilização como Substituto de Óleo Diesel, na Amazônia.** Belém, PA: [s. n.], 2004. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/408467/1/OrientalDoc193.PDF>.

ENCICLOPÉDIA GLOBAL. **Guiné-Bissau. Mapas Geográficos de Guiné-Bissau.** [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.megatimes.com.br/2018/04/guine-bissau.html>. Acesso em: 4 nov. 2022.

EPE. Décima Edição Da Análise De Conjuntura Dos Biocombustíveis. **MME**, [s. l.], n. 1, p. 43, 2018. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/186602/PPAU0156-D.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127%0Ahttp://www.scielo.br/pdf/rae/v45n1/v45n1a08%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j>

EPL. **Simulador de Custo de Transporte.** Brasília, 2022. Disponível em: <https://ontl.epl.gov.br/aplicacoes/simulador-de-custo-de-transporte/>. Acesso em: 8 out. 2022.

ESCOBAR, N; LAIBACH, N. Sustainability check for bio-based technologies: A review of process-based and life cycle approaches. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 135, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110213>

EZEQUIEL SANTIBANEZ-AGUILAR, Jose *et al.* Optimal planning and site selection for distributed multiproduct biorefineries involving economic, environmental and social objectives. **JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION**, THE BOULEVARD, LANGFORD LANE, KIDLINGTON, OXFORD OX5 1GB, OXON, ENGLAND, v. 65, p. 270–294, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.004>

FAO. **AQUASTAT.** [S. l.], 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en>. Acesso em: 13 fev. 2019.

FAO. **As FAO turns 75, its mission to end hunger and nourish the world is as relevant today as ever.** [S. l.], 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/news/story/pt/item/1314573/icode/>. Acesso em: 22 out. 2020.

FAO AQUASTAT. **Arable Land**. [S. l.], 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=e>. Acesso em: 16 set. 2020.

FAOSTAT. **Food and agriculture data**. [S. l.], 2021. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 19 jan. 2021.

FARIA, Daniela Ramos Guimarães de. **Uso de Programação Matemática na Síntese de uma Bioindústria de Mamona**. 99 f. 2014. - Universidade Federal do Rio de Janeiro, [s. l.], 2014.

FERREIRA, Jacson Hudson Inácio. Um modelo de otimização multiobjetivo aplicado no dimensionamento da capacidade instalada de uma pequena central hidrelétrica jacson hudson inácio ferreira. [s. l.], p. 212, 2019.

FIOCRUZ. **Introdução à Gestão da Inovação em Medicamentos da biodiversidade**. [S. l.], 2020. Disponível em: https://mooc.campusvirtual.fiocruz.br/rea/medicamentos-da-biodiversidade/industria_farmacutica.html. Acesso em: 21 out. 2020.

FLETCHER, Eugene; ADEBOYE, Peter Temitope; DUEDU, Kwabena O. Toward a sustainable bioeconomy in West Africa: A focus on biorefining. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 246–256, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bbb>

FOTEINIS, Spyros; ANTONIADIS-GAVRIIL, Antonis; TSOUTSOS, Theocharis. Life cycle assessment of algae-to-biodiesel shallow pond production systems in the Mediterranean: influence of species, pond type, by(co)-product valorisation and electricity mix. **BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR**, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 542–558, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bbb.1871>

FOULET, Amandine *et al.* Life cycle assessment of a bioelectrochemical system as a new technological platform for biosuccinic acid production from waste. **ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH**, [s. l.], v. 25, n. 36, SI, p. 36485–36502, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3530-9>

FREITAS, G. A. **Produção e área colhida de mamona no nordeste Banco do Nordeste**. [S. l.: s. n.], 2011. Disponível em: http://200.217.154.7/content/aplicacao/clientes/planilhas_formularios/docs/etene-ano4_2.pdf.

GARCÍA, Carlos A.; BETANCOURT, Ramiro; CARDONA, Carlos A. **Stand-alone and biorefinery pathways to produce hydrogen through gasification and dark fermentation using Pinus Patula**. [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.04.001>

GASPARATOS, A. *et al.* Biofuels in sub-Saharan Africa: Drivers, impacts and priority policy areas. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 45, p. 879–901, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.02.006>

GEZAE DAFUL, Asfaw; GÖRGENS, Johann F. Techno-economic analysis and environmental impact assessment of lignocellulosic lactic acid production. **Chemical Engineering Science**, [s. l.], v. 162, p. 53–65, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2016.12.054>

GHEEWALA, Shabbir H *et al.* Sustainability assessment of palm oil-based refinery systems for food , fuel , and chemicals. [s. l.], v. 36, p. 1750–1763, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.18331/BRJ2022.9.4.5>

GIWA, Adewale. Comparative cradle-to-grave life cycle assessment of biogas production from marine algae and cattle manure biorefineries. **BIORESOURCE TECHNOLOGY**, THE BOULEVARD, LANGFORD LANE, KIDLINGTON, OXFORD OX5 1GB, OXON, ENGLAND, v. 244, n. 2, SI, p. 1470–1479, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.05.143>

GNANSOUNOU, E. **Ecoinvent 3.6 dataset documentation: Palm oil mill operation - RoW; palm oil, crude; Allocation, cut-off**. Zürich: [s. n.], 2019.

GOLLAKOTA, A. R. K.; KISHORE, N., & GU, S. A review on hydrothermal liquefaction of biomass. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 81, p. 1378–1392, 2018. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.178>

GONZÁLEZ, V C; MACÍAS, J C R. Evaluación de conocimientos sobre salud en secundarias de Baja California. **Perfiles Educativos**, [s. l.], v. 40, n. 162, p. 37–53, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.22201/iissue.24486167e.2018.162.58620>

GOOGLE MAPS. **Guiné-Bissau. Rotas**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 20 ago. 2021.

GREIG, A. **Ecoinvent 3.6 dataset documentation: Soybean oil refinery operation - RoW; Soybean oil, refined; allocatable product; Allocation, cut-off**. Zürich: [s. n.], 2019.

GULLÓN, P *et al.* Comparative environmental Life Cycle Assessment of integral revalorization of vine shoots from a biorefinery perspective. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 624, p. 225–240, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.036>

HAMID, Nur Nabila Abdul; LIM, Jeng Shiun. Evaluation of processing route alternatives for accessing the integration of algae-based biorefinery with palm oil mill. **JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION**, [s. l.], v. 212, p. 1282–1299, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.104>

HAUSCHILD, Michael Z.; ROSENBAUM, Ralph K.; OLSEN, Stig Irving. **Life Cycle Assessment: Theory and Practice**. [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3>

HEIJUNGS, Reinout; GUINÉE, Jeroen B. Allocation and “what-if” scenarios in life cycle

assessment of waste management systems. **Waste Management**, [s. l.], v. 27, n. 8, p. 997–1005, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.02.013>

HERNÁNDEZ-CHAVERRI, Rodolfo A.; BUENROSTRO-FIGUEROA, José J.; PRADO-BARRAGÁN, Lilia A. Biomass: Biorefinery as a model to boost the bioeconomy in Costa Rica, a review. **Agronomy Mesoamerican**, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 1047–1070, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.15517/AM.V32I3.43736>

HUGOS, H. M. **Essential tools of supply chain management**. 3. ed. United States of America: [s. n.], 2011. ISSN 01922262.v. 22

HUSGAFVEL, Roope *et al.* Development and Piloting of Sustainability Assessment Metrics for Arctic Process Industry in Finland-The Biorefinery Investment and Slag Processing Service Cases. **SUSTAINABILITY**, ST ALBAN-ANLAGE 66, CH-4052 BASEL, SWITZERLAND, v. 9, n. 10, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su9101693>

IANDA, Tito Francisco *et al.* Optimizing the cooperated “multi-countries” biodiesel production and consumption in sub-saharan africa. **Energies**, [s. l.], v. 13, n. 18, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en13184717>

IANDA, Tito Francisco *et al.* Techno-economic modeling to produce biodiesel from marine microalgae in sub-Saharan countries: An exploratory study in Guinea-Bissau. **Biomass and Bioenergy**, [s. l.], v. 158, n. January, p. 106369, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106369>

IEA-BIOENERGY. **Bio-Based Chemicals: A 2020 Update**. Dublin: [s. n.], 2020.

IEA. **World Energy Outlook 2014**. [S. l.: s. n.], 2014. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/283551355/IEA-2014-World-Energy-Outlook-2014>.

IMFV. **Análise Institucional das Organizações da Sociedade Civil**. [S. l.: s. n.], 2008.

INDEX MUNDI. **Guinea-Bissau**. [S. l.], 2020. Disponível em: https://www.indexmundi.com/guinea-bissau/gdp_composition_by_sector.html. Acesso em: 23 jun. 2021.

INDEX MUNDI. **Palm Oil Production by Country in 1000 MT**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=palm-oil&graph=production>. Acesso em: 19 jan. 2021.

INMETRO. **Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012)**. [S. l.: s. n.], 2012. ISSN 1098-6596.

INPI. **PePI - Pesquisa em Propriedade Industrial**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController>. Acesso em: 22 fev. 2022.

ISPN. **Exemplos de questões a serem levantadas em diagnósticos**. Brasília, DF,

Brasil: [s. n.], 2015. Disponível em: <https://capta.org.br/wp-content/uploads/2015/09/perguntas-para-diagnostico.pdf>.

JUNIOR, Paulo Lima; SILVEIRA, Fernando Lang da. Sobre as incertezas do tipo A e B e sua propagação sem derivadas: Uma contribuição para a incorporação da metrologia contemporânea aos laboratórios de física básica superior. **RBEF**, [s. l.], 2010. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Propaga__Incerteza_.pdf

KALID, Ricardo de Araújo. **Diretrizes para automatização de documentos técnico-científicos**TECLIM-UFSB. [S. l.: s. n.], 2022.

KALID, Ricardo de Araújo. **Expressão de indicações, observações e dados experimentais em conformidade com O SI, o VIM e o GUM**. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5076289>.

KAMM, B., P. Gruber and M. Kamm. **Biorefineries – industrial processes and products**”, **Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry**. 7th eded. [S. l.: s. n.], 2007.

KAMM, B.; KAMM, M. Biorefinery - systems. **Chemical and Biochemical Engineering Quarterly**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 1–6, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-59561-4.00014-0>

KAMM, B.; KAMM, M.; GRUBER, P. Biorefinery systems – an overview”, In: Kamm B., M. Kamm and P. Gruber (eds.), **Biorefineries – industrial processes and products**. Status Quo and future directions. **Wiley-VCH, Weinheim**, [s. l.], v. 1, p. 3–40, 2006.

KAMM, B.; KAMM, M.; SOYEZ, K. (eds.). Die Grüne Bioraffinerie/The Green Biorefinery. In: , 1998, Neuruppin, Germany. **Technologiekonzept, 1st International Symposium Green Biorefinery/Grüne Bioraffinerie, Oct. 1997**. Neuruppin, Germany: Proceedings, Berlin, 1998. Disponível em: <https://doi.org/ISBN 3-929672-06-5>

KHOSHNEVISAN, Benyamin *et al.* Life cycle assessment of castor-based biorefinery: a well to wheel LCA. **INTERNATIONAL JOURNAL OF LIFE CYCLE ASSESSMENT**, [s. l.], v. 23, n. 9, p. 1788–1805, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1383-y>

KUBALA, Jillian. **Óleo de rícino: como usar e quais seus benefícios**. [S. l.], 2021. Disponível em: [https://www.ecycle.com.br/2696-oleo-de-ricino.html#:~:text=O óleo de rícino é composto por 95%25 de ácido,ácidos linoleico%2C oleico e palmítico](https://www.ecycle.com.br/2696-oleo-de-ricino.html#:~:text=O%20%C3%B3leo%20de%20r%C3%ADcino%20%C3%A9%20composto%20por%2095%25%20de%20%C3%A1cido%20linoleico%20e%20oleico%20e%20palm%C3%ADtico). Acesso em: 17 fev. 2021.

KUMAR, Naveen *et al.* **Next-Generation Biofuels—Opportunities and Challenges**. [S. l.]: Springer Singapore, 2020. ISSN 18653537. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-981-13-9012-8_8

LÁSZLÓ, Fábían. As magníficas propriedades cosméticas do óleo de. **Green Me Brasil**, [s. l.], p. 4, 2018. Disponível em: <https://www.greenmebrasil.com/wp->

content/uploads/2018/05/As_magnificas_propriedades_cosmeticas_do_oleo_de_PALMI
STE.pdf

LEVERMANN, Ralf A; DE SOUZA, Juliano Paulo Mendes. Óleo de palma: O crescimento da indústria global. **AgroANALYSIS**, [s. l.], v. 34, n. 02, p. 13–15, 2014.

LEVOVA, T. **Ecoinvent 3.6 dataset documentation: Palm oil refinery operation - GLO; Palm oil, refined; Allocation, cut-off**. Zürich: [s. n.], 2019a.

LEVOVA, T. **Ecoinvent 3.6 dataset documentation: Soybean meal and crude oil production - RoW; Soybean oil, crude; Allocation, cut-off**. Zürich: [s. n.], 2019b.

LIMA, A M. Estudos recentes e perspectivas da viabilidade técnico-econômica da produção de biodiesel. **Journal of Materials Processing Technology**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 1–8, 2018. Disponível em:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055>
<https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006>
<https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024>
<https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001>

LIMA, I Alberton de. Transferência de Tecnologia no âmbito da Cooperação Universidade-Empresa: Estudo de Caso no Cefet-PR. **Tese de Doutorado**, [s. l.], 2004.

LIMA, Junior. O laboratório de mecânica. **IF-UFRGS**, [s. l.], p. 38–42, 2012.

LINDORFER, Johannes *et al.* **Technical, Economic and Environmental Assessment of Biorefinery Concepts**. [S. l.]: IEA Bioenergy, 2019. *E-book*.

MACHADO, Rafael; HENRIQUE, Paulo; FELICI, Nardon. Balanço energético na cultura da mamona para a produção de biocombustível. **EMBRAPA SOJA**, [s. l.], p. 33–39, 2006. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88484/1/ID-27012.pdf>

MANNINEN, J. Promoting bioeconomy in Finland - policy landscape, business ecosystems and program activities. *In*: , 2016, Paris, May 25. **OECD workshop Innovation for a Sustainable Bioeconomy**. Paris, May 25: OECD, 2016.

MAPA. **Diagnóstico da Produção Sustentável da Palma de Óleo**. [S. l.: s. n.], 2018. *E-book*.

MARQUES, Walter Anatole. **Comércio Externo da Guiné-Bissau (2017-2021) e Portugal – Guiné-Bissau (2018-2022)**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em:
[https://www.gee.gov.pt/pt/?option=com_fileman&view=file&routed=1&name=Em Análise Guiné.Bissau e Portugal-G.Bissau \(2018-2022\).pdf&folder=estudos-e-seminarios%20Fartigos&container=fileman-files](https://www.gee.gov.pt/pt/?option=com_fileman&view=file&routed=1&name=Em%20An%C3%A1lise%20Guin%C3%A9.Bissau%20e%20Portugal-G.Bissau%20(2018-2022).pdf&folder=estudos-e-semin%C3%A1rios%20Fartigos&container=fileman-files).

MEJER. Mejer cultivo, extração e refino de óleo de palma e palmiste. **Food Ingredients Brasil**, [s. l.], n. 31, p. 56–59, 2014. Disponível em: www.revista-fi.com

MENDES, C. De Souza *et al.* Assessment of the uncertainty associated with the energy indicator. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 15, n. 6, p. 3156–3164, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.04.031>

MENDES, C. P.; KALID, R. A.; ESQUERRE, Karla P. Avaliação da incerteza de medição associada a indicadores de desempenho ambiental. **Xxxi Encontro Nacional De Engenharia De Producao**, [s. l.], p. 14, 2011. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_143_902_18581.pdf

MILANE, Maira. **Cultivo da Mamona**. [S. l.], 2014. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=5701&p_r_p_-996514994_topicold=6. Acesso em: 18 jan. 2021.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA/ANTT. **RESOLUÇÃO Nº 5.959, DE 20 DE JANEIRO DE 2022**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-5.959-de-20-de-janeiro-de-2022-375504795>. Acesso em: 23 fev. 2021.

MME. Boletim mensal dos combustíveis renováveis - Novembro de 2015. **Ministério de Minas e Energia - MME**, [s. l.], p. 1–23, 2015.

MORENO-RUIZ, E.; VALSASINA, L.; FITZGERALD, D.; BRUNNER, F.; SYMEONIDIS, A.; BOURGAULT, G.; WERNET, G. **Documentation of changes implemented in ecoinvent database v3.6**. Zürich: [s. n.], 2019.

MULDER, Wim *et al.* Proteins for Food, Feed and Biobased Applications. **IEA Bioenergy**, [s. l.], v. 42, p. 1–67, 2016. Disponível em: www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com

MULLER, Stéphanie; LESAGE, Pascal; SAMSON, Réjean. Giving a scientific basis for uncertainty factors used in global life cycle inventory databases: an algorithm to update factors using new information. **International Journal of Life Cycle Assessment**, [s. l.], v. 21, n. 8, p. 1185–1196, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1098-5>

MULUGETTA, Yacob. Evaluating the economics of biodiesel in Africa. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 13, n. 6–7, p. 1592–1598, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.011>

NALI, Eduardo Christensen; RIBEIRO, Leonardo Brandão Nader Magliano; HORA, André Barros. Biorrefinaria integrada à indústria de celulose no Brasil: oportunidade ou necessidade? **BNDES Setorial**, [s. l.], v. 43, p. 257–294, 2016. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/9578>

NAUTIYAL, Omprakash H. Castor Oil and Its Derivatives ' With Market Growth , Commercial Perspective : Review. [s. l.], 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.19080/OMCIJ.2018.06.555692>

NIEDER-HEITMANN, Mieke; HAIGH, Kathleen F; GORGENS, Johann F. Life cycle assessment and multi-criteria analysis of sugarcane biorefinery scenarios: Finding a sustainable solution for the South African sugar industry. **JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION**, THE BOULEVARD, LANGFORD LANE, KIDLINGTON, OXFORD OX5 1GB, OXON, ENGLAND, v. 239, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118039>

NISHIHARA HUN, Andrea Lorena; DANIEL MELE, Fernando; ANTONIO PEREZ, Gonzalo. A comparative life cycle assessment of the sugarcane value chain in the province of Tucuman (Argentina) considering different technology levels. **INTERNATIONAL JOURNAL OF LIFE CYCLE ASSESSMENT**, TIERGARTENSTRASSE 17, D-69121 HEIDELBERG, GERMANY, v. 22, n. 4, p. 502–515, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1047-3>

OECD. **Guinea-Bissau**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://oec.world/en/profile/country/gnb>.

OECD. **BIOREFINERIES MODELS AND POLICY**. [S. l.: s. n.], 2017.

ONU. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. **a/Res/70/1**, [s. l.], p. 1–49, 2015. Disponível em: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). **Cadeia produtiva do óleo de palma - Avanços e desafios rumo à promoção do trabalho decente: Análise Situacional**. [S. l.: s. n.], 2020.

OSMANI, Atif; ZHANG, Jun. Multi-period stochastic optimization of a sustainable multi-feedstock second generation bioethanol supply chain A logistic case study in Midwestern United States. **LAND USE POLICY**, THE BOULEVARD, LANGFORD LANE, KIDLINGTON, OXFORD OX5 1GB, OXON, ENGLAND, v. 61, p. 420–450, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.10.028>

PORTAL DO AGRONEGÓCIO. **Dendê é fonte de renda para pequenos produtores da Amazônia**. [S. l.], 2015. Disponível em: <https://www.portaldoagronegocio.com.br/politica-rural/agricultura-familiar/noticias/dende-e-fonte-de-renda-para-pequenos-produtores-da-amazonia-133054>. Acesso em: 20 ago. 2021.

PRASARA-A, Jittima *et al.* Environmental and social life cycle assessment to enhance sustainability of sugarcane-based products in Thailand. **CLEAN TECHNOLOGIES AND ENVIRONMENTAL POLICY**, 233 SPRING ST, NEW YORK, NY 10013 USA, v. 21, n. 7, p. 1447–1458, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10098-019-01715-y>

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE TRÊS DE MAIO. **Planilha de Custos - consumo de combustível por km rodado**. [S. l.: s. n.], 2015. Disponível em: <https://www.pmtresdemaio.com.br/Arquivos/240/Licitacoes/5263/Anexo VII - Planilha de>

Custos_3119.pdf.

PRIELER, Manuela; LINDORFER, Johannes; STEINMUELLER, Horst. Life-cycle assessment of green biorefinery process options. **BIOFUELS BIOPRODUCTS & BIOREFINING-BIOFPR**, [s. l.], v. 13, n. 6, p. 1391–1401, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bbb.2022>

REEB, C *et al.* Techno-economic analysis of various biochemical conversion platforms for biosugar production: Trade-offs of co-producing biopower versus pellets for either a greenfield, repurpose, or co-location siting context. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 390–411, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bbb.1847>

RIBEIRO, C.F. COSTA., ARSP.; MEIRA, RL., MARTINS, MAF., KALID, R. A. Avaliação da incerteza de um indicador de desempenho operacional de uma planta industrial. *In:* , 2018, São Paulo. **XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Química**. São Paulo: [s. n.], 2018. p. 6.

RIDDER, M. **Cosmetics Industry - Statistics & Facts**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.statista.com/topics/3137/cosmetics-industry/>. Acesso em: 22 out. 2020.

RODRIGUES, Geraldo Stachetti. Palmas para o dendê. **Agronenergia em revista**, [s. l.], v. II, n. 2, 2011. Disponível em: http://www.cnpae.embrapa.br/imprensa/agroenergia-em-revista/AgroenergiaEmRevista_ed02.pdf

ROMERO-PEREZ, Juan C.; VERGARA, Leidy; GONZÁLEZ-DELGADO, Ángel Darío. Development of a Methodology for the Synthesis of Biorefineries Based on Incremental Economic and Exergetic Return on Investment. **ACS Omega**, [s. l.], v. 6, n. 9, p. 6112–6123, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c04782>

SADIKU, Matthew N. O.; MUSA, Sarhan M.; ASHAOLU, Tolulope J. Food Industry: An Introduction. **International Journal of Trend in Scientific Research and Development**, [s. l.], v. Volume-3, n. Issue-4, p. 128–130, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.31142/ijtsrd23638>

SANTOS, Antonio Raimundo dos. **Metodologia científica: a construção do conhecimento**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2002.

SILVA, A. Eluan DA; A, D. **FRACIONAMENTO E DESACIDIFICAÇÃO DO ÓLEO DE PALMA (*Elaeis guineensis* Jacq .) FRACIONAMENTO E DESACIDIFICAÇÃO DO ÓLEO DE PALMA (*Elaeis guineensis* Jacq .)**. 2007. - Universidade Federal do Pará, [s. l.], 2007.

SLINGERLAND, Maja; SCHUT, Marc. Jatropha developments in Mozambique: Analysis of structural conditions influencing niche-regime interactions. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 6, n. 11, p. 7541–7563, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su6117541>

SOUZA, Alexandre *et al.* Social life cycle assessment of first and second-generation ethanol production technologies in Brazil. **INTERNATIONAL JOURNAL OF LIFE CYCLE ASSESSMENT**, TIERGARTENSTRASSE 17, D-69121 HEIDELBERG, GERMANY, v. 23, n. 3, p. 617–628, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1112-y>

SPEKREIJSE, Jurjen *et al.* Life Cycle Assessment on a Biorefinery Approach to Pyrolysis Oil for Wood Modification Treatment. **APPLIED SCIENCES-BASEL**, ST ALBAN-ANLAGE 66, CH-4052 BASEL, SWITZERLAND, v. 9, n. 20, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app9204233>

TEMUDO, P. Marina. Cultura, agri-cultura e cultura política no sul da Guiné-Bissau. **Lusotopie**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 127–154, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1163/17683084-01302008>

UNIÃO EUROPEIA. **Programa FED da União Europeia para a Guiné-Bissau. Mapeamento da Sociedade Civil da Guiné-Bissau. Relatório Final.** [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: https://eeas.europa.eu/sites/eeas/files/mapeamento_sociedade_civil_gb_relatorio_final_1.pdf.

VALSASINA, L. **Ecoinvent 3.6 dataset documentation: Fatty acid production, from palm kernel oil - RoW; fatty acid; Allocation, cut-off.** Zürich: [s. n.], 2019a.

VALSASINA, L. **Ecoinvent 3.6 dataset documentation: Stearic acid production - GLO; stearic acid; Allocation, cut-off.** Zürich: [s. n.], 2019b.

WANG, Ruifei; UNREAN, Pornkamol; FRANZÉN, Carl Johan. Model-based optimization and scale-up of multi-feed simultaneous saccharification and co-fermentation of steam pre-treated lignocellulose enables high gravity ethanol production. **Biotechnology for Biofuels**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 1–13, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13068-016-0500-7>

WEETMAN, Catherine. **Economia circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa.** tradução Aed. São Paulo: Autêntica Business, 2019.

WEIDEMA P, B *et al.* **Overview and methodology. Data quality guideline for the ecoinvent.** St. Gallen: [s. n.], 2013. Disponível em: https://ecoinvent.org/wp-content/uploads/2020/10/dataqualityguideline_ecoinvent_3_20130506_.pdf.

WEIDEMA, Bo Pedersen; WESNÆS, Marianne Suhr. Data quality management for life cycle inventories-an example of using data quality indicators. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 4, n. 3–4, p. 167–174, 1996. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(96\)00043-1](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(96)00043-1)

WIPO. **PATENSCOPE - EN_ALLTXT:(ricinus oil)PCT publication 44/2022 (03.11.2022).** Geneva, Switzerland: [s. n.], 2022. Disponível em:

<https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf>. Acesso em: 6 nov. 2022.

WIPO. **Patent Landscape Report: Palm Oil Production and Waste Treatment Technologies**. Geneva, Switzerland: [s. n.], 2016. Disponível em: <https://doi.org/English>.

WORLD BANK GROUP. **Agriculture, forestry, and fishing, value added (% of GDP) - Sub-Saharan Africa**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=ZG>. Acesso em: 28 fev. 2021.

WORLD BANK GROUP. **Guinea-Bissau: Data**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://data.worldbank.org/country/guinea-bissau?locale=pt>. Acesso em: 26 out. 2020.

YOKOYAMA, Roberto Y. **PALMA DE ÓLEO NOS PRÓXIMOS 10 ANOS**. [S. l.], 2016. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/palma-de-oleo/2017/24a-ro/app_mercado_palma_24ro_oleo.pdf. Acesso em: 20 jan. 2021.

YUSOF, Basiron; ARIFFIN, D. The oil palm industry - from pollution to zero waste. **The Planter**, [s. l.], v. 72, p. 141–165, 1996.

APÊNDICE A

Tabela 27 - Custo de transporte das matérias-primas para as biorrefinarias avaliadas

Fazendas de abastecimento das matérias-primas (biomassa)	Custo de transporte das matérias-primas para biorrefinarias						
	Custo de transporte das fazendas até as biorrefinarias / (US\$/ (kg km))						
	Bafatá	Biombo (Prabis)	Cacheu (Bula)	Gabú	Oio (Nhacra)	Quinara (Buba)	Tombali (Catió)
Bambadinca	1,368	5,358	9,196	5,434	3,534	4,18	1,368
Biombo	5,966	0,228	2,09	7,866	1,8202	9,12	5,966
Contubel	1,178	6,992	6,27	1,938	5,358	6,308	1,178
Xitole	2,508	6,308	7,752	4,408	4,674	2,622	2,508
Quinhamel	6,156	1,9	2,204	8,056	2,014	9,31	6,156
Bedanda	6,612	10,412	11,856	8,512	8,778	2,546	6,612
Galomaro	1,254	6,042	6,46	3,116	4,37	5,358	1,254
Gã-mamudo	0,722	6,422	5,434	2,7816	4,788	5,814	0,722
Fulacunda	6,232	10,032	11,438	8,132	8,398	1,216	6,232
Safim	4,788	1,026	0,836	6,688	0,646	7,942	4,788
Tite	7,714	11,514	12,92	9,576	9,88	2,6904	7,714
Comuda	1,482	5,282	3,8	3,3402	3,344	6,65	1,482
Mansoa	3,382	2,774	2,318	5,244	1,14	6,536	3,382
Bissorã	3,838	3,306	1,52	5,662	2,052	7,448	3,838
Mansabá	2,622	3,876	2,66	4,446	2,2496	7,638	2,622
Farim	4,598	6,08	4,256	5,358	5,548	9,728	4,598
Cacine	6,84	10,64	10,526	8,702	9,006	3,572	6,84
Quebo	5,814	9,614	9,5	7,676	7,98	2,546	5,814
Pirada	3,268	9,538	8,512	1,634	7,448	8,436	3,268
Madina de Boé	4,446	10,222	9,69	2,5802	8,588	9,576	4,446
Nhacra	4,18	1,634	1,3338	6,042	0	7,334	4,18
Empada	6,612	10,412	10,298	8,474	8,778	1,596	6,612
Pitche	3,078	8,132	7,79	1,254	7,258	8,246	3,078
Canchungo	6,726	3,306	1,444	8,588	2,774	10,26	6,726
Sonaco	1,596	7,106	6,536	1,482	5,738	6,726	1,596

Fonte: autor, com base nas informações de custo de frete (EPL, 2022; MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA/ANTT, 2022; PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE TRÊS DE MAIO, 2015).

APÊNDICE B

Tabela 28 - Produção de CFF dendê e de mamona em Guiné-Bissau

Cultura	Área da colheita em há	Início de produção em <i>d</i>	Temporada de colheita em <i>d</i>	Vida útil em <i>d</i>	Produtividade em kg ha ⁻¹	Produção total em kg	Rendimento de óleo (% w/w)	Área disponível em ha
Mamona	$4,5 \times 10^3$	$1,2 \times 10^2$	9×10	$10,08 \times 10^3$	$1,64 \times 10^3$	$7,38 \times 10^6$	$4,3 \times 10$	$1,98 \times 10^6$
Palma	$9,6 \times 10^3$	$1,1 \times 10^3$	$3,6 \times 10^2$	$2,7 \times 10^5$	$8,43 \times 10^3$	$8,07 \times 10^6$	$2,2 \times 10$	

w/w: fração mássica. *d*: dias.

Fonte: Autor, a partir de (BNDES, 2013), (FAOSTAT, 2021) e (INDEX MUNDI, 2021).

APÊNDICE C

```
! pip install GEKKO
Requirement already satisfied: GEKKO in c:\programdata\anaconda3\lib\site-
packages (1.0.0)
Requirement already satisfied: numpy>=1.8 in
c:\programdata\anaconda3\lib\site-packages (from GEKKO) (1.19.2)
In [24]:
pip install GEKKO
Requirement already satisfied: GEKKO in c:\programdata\anaconda3\lib\site-
packages (1.0.0)
Requirement already satisfied: numpy>=1.8 in
c:\programdata\anaconda3\lib\site-packages (from GEKKO) (1.19.2)
Note: you may need to restart the kernel to use updated packages.
In []:
```

```
In [25]:
from gekko import *
import numpy
```

```
In [26]:
objetivo = GEKKO()
```

```
q1 = objetivo.Var(lb = 0, integer = False)
q2 = objetivo.Var(lb = 0, integer = False)
q3 = objetivo.Var(lb = 0, integer = False)
q4 = objetivo.Var(lb = 0, integer = False)
q5 = objetivo.Var(lb = 0, integer = False)
q6 = objetivo.Var(lb = 0, integer = False)
q7 = objetivo.Var(lb = 0, integer = False)
```

```
In [34]:
PV = [4.99, 7.19, 9.98, 11.42, 10.72, 15, 10.91]
Capacidade_Total_Processamento = [366482, 18000]
Rend_Bruto = [0.22, 0.43]
Rend_Refi = [0.21, 0.28]
Rend_Estearina = [0.06, 0.30]
Rend_Palmiste = 0.03
Efluentes_Generation = [0.50, 0.53, 0.04]
Consum_Water = [1.36, 1.90]
Consum_Energy= [0.02, 3.48]
K = []
for i in range(len(PV)):
    if(i<=1):
        C = Capacidade_Total_Processamento[i]*Rend_Bruto[i]
        K.append(C)
    elif(i>1 and i<=3):
        C = K[i-2]*Rend_Refi[i-2]
```

```

        K.append(C)
    elif(i>3 and i<=5):
        C = K[i-2]*Rend_Estearina[i-4]
        K.append(C)
    else:
        C = Capacidade_Total_Processamento[i-6]*Rend_Palmiste
        K.append(C)

A_Max = 20000000
E_Max = 50000
T_Max = 60000
In [35]:
# FUNÇÃO OBJETIVO
objetivo.Maximize(q1*PV[0] + q2*PV[1] + q3*PV[2] + q4*PV[3] + q5*PV[4] +
q6*PV[5] + q7*PV[6])

# CAPACIDADE
objetivo.Equation(q1<=K[0])
objetivo.Equation(q2<=K[1])
objetivo.Equation(q3<=K[2])
objetivo.Equation(q4<=K[3])
objetivo.Equation(q5<=K[4])
objetivo.Equation(q6<=K[5])
objetivo.Equation(q7<=K[6])

# CONSUMO DE ÁGUA
objetivo.Equation(q1*Consum_Water[0] + q2*Consum_Water[1] <= A_Max )

# CONSUMO DE ENERGIA
objetivo.Equation(q1*Consum_Energy[0] + q2*Consum_Energy[1] <= E_Max)

# GERAÇÃO DE EFLUENTES
objetivo.Equation(q1*Efluentes_Generation[0] + q2*Efluentes_Generation[1] +
q7*Efluentes_Generation[2] <= T_Max)
Out[35]:
<gekko.gekko.EquationObj at 0x3e2f6e8>
In [36]:
objetivo.solve(dis=False)
In [38]:
print("(q1): " + str(q1.value[0]))
print("(q2): " + str(q2.value[0]))
print("(q3): " + str(q3.value[0]))
print("(q4): " + str(q4.value[0]))
print("(q5): " + str(q5.value[0]))
print("(q6): " + str(q6.value[0]))
print("(q7): " + str(q7.value[0]))

```

```
print("\n")
print("Receita de Venda: " + str(q1.value[0]*PV[0] + q2.value[0]*PV[1]+
q3.value[0]*PV[2] + q4.value[0]*PV[3] +
q5.value[0]*PV[4] + q6.value[0]*PV[5] + q7.value[0]*PV[6]))
```

```
(q1): 80626.04
(q2): 7740.0
(q3): 16931.4684
(q4): 2167.2
(q5): 1015.888104
(q6): 650.16000001
(q7): 10994.46
```

Receita de Venda: 792292.2973070301

In []:

OTIMIZAÇÃO DE TRANSPORTE

ATENÇÃO SÓ EXECUTE ESTA CELULA SE NÃO TIVER O GEKKO INSTALADO

```
! pip install GEKKO
```

In [11]:

```
import gurobipy as gp
```

In [12]:

```
# Parâmetros do problema
```

```
qtd_fabricas = 7
```

```
qtd_clientes = 24
```

```
vet_ofertas = [58692, 18000, 106379, 66028, 51355, 33014, 33014]
```

```
vet_demandas = [94313, 34528, 37108, 63856, 74066, 45393, 93620,
43996, 41587, 96476, 50626, 99868, 58799, 56378,
96474, 33814, 52822, 65736, 30541, 105522, 58606,
78658, 63783, 81416]
```

```
vet_custos = [[26.41, 115.49, 23.02, 48.55, 119.17, 127.99, 23.98, 13.68,
120.64, 92.69,
```

```
149.33, 28.69, 65.32, 74.3, 50.46, 89.01, 132.41, 112.55,
63.56, 86.07, 80.92, 127.99, 59.88, 30.9],
```

```
[103.94, 0.0, 139.03, 125.79, 40.16, 205.23, 120.64, 127.99,
197.88, 23.61, 226.56, 100.04,
57.23, 68.04, 78.71, 121.37, 209.65, 189.78, 179.49, 201.55,
35.38, 205.23, 175.81, 147.12],
```

```
[178.09, 89.74, 172.87, 170.66, 93.42, 249.37, 164.77, 155.21,
242.75, 66.65, 270.7, 123.58,
```

```
94.89, 79.44, 102.25, 133.14, 253.78, 233.92, 215.53, 237.6,  
76.5, 249.37, 211.85, 182.43],
```

```
[105.19, 152.27, 37.29, 85.33, 155.95, 164.77, 60.54, 53.85,  
157.42, 129.47, 185.37, 64.66,
```

```
101.51, 109.6, 86.07, 103.72, 168.45, 148.59, 31.85, 49.95,  
116.96, 164.04, 23.91, 28.54],
```

```
[68.56, 35.24, 103.72, 90.48, 38.69, 169.92, 84.59, 92.69,  
162.57, 12.14, 191.26, 64.59, 21.85,
```

```
39.65, 43.55, 107.4, 174.34, 154.48, 144.18, 166.25, 0.0,  
169.92, 140.5, 111.08],
```

```
[80.92, 176.54, 122.11, 50.83, 180.22, 49.51, 103.72, 112.55,  
23.69, 153.74, 52.08, 128.73,
```

```
126.52, 144.18, 147.86, 188.31, 69.07, 49.36, 163.3, 185.37,  
141.97, 30.9, 159.63, 130.2],
```

```
[126.52, 221.42, 166.98, 95.63, 225.09, 27.51, 148.59, 157.42,  
68.48, 198.61, 97.1, 173.6,
```

```
171.39, 189.05, 192.73, 233.19, 71.06, 33.54, 207.44,  
230.24, 186.11, 34.06, 203.76, 175.07]]
```

In [13]:

```
oferta_total = sum(vet_ofertas)  
demanda_total = sum(vet_demandas)  
print(oferta_total,demanda_total)  
366482 1557986
```

In [14]:

```
# Rótulos das fábricas e clientes  
fabricas = list()  
for i in range(qtd_fabricas):  
    fabricas.append("Fab_{}".format(i + 1))
```

```
clientes = list()  
for j in range(qtd_clientes):  
    clientes.append("Cli_{}".format(j + 1))
```

In [15]:

```
# Dicionários com as ofertas  
ofertas = dict()  
for idx, valor in enumerate(vet_ofertas):  
    rotulo = fabricas[idx]  
    ofertas[rotulo] = valor
```

```
# Dicionários com as demandas  
demandas = dict()  
for idx, valor in enumerate(vet_demandas):  
    rotulo = clientes[idx]  
    demandas[rotulo] = valor
```

In [16]:

```
custos = dict()  
for i in range(qtd_fabricas):  
    for j in range(qtd_clientes):
```

```
rot_fab = fabricas[i]
rot_cli = clientes[j]
custos[rot_fab, rot_cli] = vet_custos[i][j]
```

In [21]:

custos

Out[21]:

```
{('Fab_1', 'Cli_1'): 26.41,
 ('Fab_1', 'Cli_2'): 115.49,
 ('Fab_1', 'Cli_3'): 23.02,
 ('Fab_1', 'Cli_4'): 48.55,
 ('Fab_1', 'Cli_5'): 119.17,
 ('Fab_1', 'Cli_6'): 127.99,
 ('Fab_1', 'Cli_7'): 23.98,
 ('Fab_1', 'Cli_8'): 13.68,
 ('Fab_1', 'Cli_9'): 120.64,
 ('Fab_1', 'Cli_10'): 92.69,
 ('Fab_1', 'Cli_11'): 149.33,
 ('Fab_1', 'Cli_12'): 28.69,
 ('Fab_1', 'Cli_13'): 65.32,
 ('Fab_1', 'Cli_14'): 74.3,
 ('Fab_1', 'Cli_15'): 50.46,
 ('Fab_1', 'Cli_16'): 89.01,
 ('Fab_1', 'Cli_17'): 132.41,
 ('Fab_1', 'Cli_18'): 112.55,
 ('Fab_1', 'Cli_19'): 63.56,
 ('Fab_1', 'Cli_20'): 86.07,
 ('Fab_1', 'Cli_21'): 80.92,
 ('Fab_1', 'Cli_22'): 127.99,
 ('Fab_1', 'Cli_23'): 59.88,
 ('Fab_1', 'Cli_24'): 30.9,
 ('Fab_2', 'Cli_1'): 103.94,
 ('Fab_2', 'Cli_2'): 0.0,
 ('Fab_2', 'Cli_3'): 139.03,
 ('Fab_2', 'Cli_4'): 125.79,
 ('Fab_2', 'Cli_5'): 40.16,
 ('Fab_2', 'Cli_6'): 205.23,
 ('Fab_2', 'Cli_7'): 120.64,
 ('Fab_2', 'Cli_8'): 127.99,
 ('Fab_2', 'Cli_9'): 197.88,
 ('Fab_2', 'Cli_10'): 23.61,
 ('Fab_2', 'Cli_11'): 226.56,
 ('Fab_2', 'Cli_12'): 100.04,
 ('Fab_2', 'Cli_13'): 57.23,
 ('Fab_2', 'Cli_14'): 68.04,
 ('Fab_2', 'Cli_15'): 78.71,
 ('Fab_2', 'Cli_16'): 121.37,
 ('Fab_2', 'Cli_17'): 209.65,
 ('Fab_2', 'Cli_18'): 189.78,
 ('Fab_2', 'Cli_19'): 179.49,
 ('Fab_2', 'Cli_20'): 201.55,
 ('Fab_2', 'Cli_21'): 35.38,
 ('Fab_2', 'Cli_22'): 205.23,
 ('Fab_2', 'Cli_23'): 175.81,
 ('Fab_2', 'Cli_24'): 147.12,
 ('Fab_3', 'Cli_1'): 178.09,
 ('Fab_3', 'Cli_2'): 89.74,
```

('Fab_3', 'Cli_3'): 172.87,
('Fab_3', 'Cli_4'): 170.66,
('Fab_3', 'Cli_5'): 93.42,
('Fab_3', 'Cli_6'): 249.37,
('Fab_3', 'Cli_7'): 164.77,
('Fab_3', 'Cli_8'): 155.21,
('Fab_3', 'Cli_9'): 242.75,
('Fab_3', 'Cli_10'): 66.65,
('Fab_3', 'Cli_11'): 270.7,
('Fab_3', 'Cli_12'): 123.58,
('Fab_3', 'Cli_13'): 94.89,
('Fab_3', 'Cli_14'): 79.44,
('Fab_3', 'Cli_15'): 102.25,
('Fab_3', 'Cli_16'): 133.14,
('Fab_3', 'Cli_17'): 253.78,
('Fab_3', 'Cli_18'): 233.92,
('Fab_3', 'Cli_19'): 215.53,
('Fab_3', 'Cli_20'): 237.6,
('Fab_3', 'Cli_21'): 76.5,
('Fab_3', 'Cli_22'): 249.37,
('Fab_3', 'Cli_23'): 211.85,
('Fab_3', 'Cli_24'): 182.43,
('Fab_4', 'Cli_1'): 105.19,
('Fab_4', 'Cli_2'): 152.27,
('Fab_4', 'Cli_3'): 37.29,
('Fab_4', 'Cli_4'): 85.33,
('Fab_4', 'Cli_5'): 155.95,
('Fab_4', 'Cli_6'): 164.77,
('Fab_4', 'Cli_7'): 60.54,
('Fab_4', 'Cli_8'): 53.85,
('Fab_4', 'Cli_9'): 157.42,
('Fab_4', 'Cli_10'): 129.47,
('Fab_4', 'Cli_11'): 185.37,
('Fab_4', 'Cli_12'): 64.66,
('Fab_4', 'Cli_13'): 101.51,
('Fab_4', 'Cli_14'): 109.6,
('Fab_4', 'Cli_15'): 86.07,
('Fab_4', 'Cli_16'): 103.72,
('Fab_4', 'Cli_17'): 168.45,
('Fab_4', 'Cli_18'): 148.59,
('Fab_4', 'Cli_19'): 31.85,
('Fab_4', 'Cli_20'): 49.95,
('Fab_4', 'Cli_21'): 116.96,
('Fab_4', 'Cli_22'): 164.04,
('Fab_4', 'Cli_23'): 23.91,
('Fab_4', 'Cli_24'): 28.54,
('Fab_5', 'Cli_1'): 68.56,
('Fab_5', 'Cli_2'): 35.24,
('Fab_5', 'Cli_3'): 103.72,
('Fab_5', 'Cli_4'): 90.48,
('Fab_5', 'Cli_5'): 38.69,
('Fab_5', 'Cli_6'): 169.92,
('Fab_5', 'Cli_7'): 84.59,
('Fab_5', 'Cli_8'): 92.69,
('Fab_5', 'Cli_9'): 162.57,
('Fab_5', 'Cli_10'): 12.14,

('Fab_5', 'Cli_11'): 191.26,
('Fab_5', 'Cli_12'): 64.59,
('Fab_5', 'Cli_13'): 21.85,
('Fab_5', 'Cli_14'): 39.65,
('Fab_5', 'Cli_15'): 43.55,
('Fab_5', 'Cli_16'): 107.4,
('Fab_5', 'Cli_17'): 174.34,
('Fab_5', 'Cli_18'): 154.48,
('Fab_5', 'Cli_19'): 144.18,
('Fab_5', 'Cli_20'): 166.25,
('Fab_5', 'Cli_21'): 0.0,
('Fab_5', 'Cli_22'): 169.92,
('Fab_5', 'Cli_23'): 140.5,
('Fab_5', 'Cli_24'): 111.08,
('Fab_6', 'Cli_1'): 80.92,
('Fab_6', 'Cli_2'): 176.54,
('Fab_6', 'Cli_3'): 122.11,
('Fab_6', 'Cli_4'): 50.83,
('Fab_6', 'Cli_5'): 180.22,
('Fab_6', 'Cli_6'): 49.51,
('Fab_6', 'Cli_7'): 103.72,
('Fab_6', 'Cli_8'): 112.55,
('Fab_6', 'Cli_9'): 23.69,
('Fab_6', 'Cli_10'): 153.74,
('Fab_6', 'Cli_11'): 52.08,
('Fab_6', 'Cli_12'): 128.73,
('Fab_6', 'Cli_13'): 126.52,
('Fab_6', 'Cli_14'): 144.18,
('Fab_6', 'Cli_15'): 147.86,
('Fab_6', 'Cli_16'): 188.31,
('Fab_6', 'Cli_17'): 69.07,
('Fab_6', 'Cli_18'): 49.36,
('Fab_6', 'Cli_19'): 163.3,
('Fab_6', 'Cli_20'): 185.37,
('Fab_6', 'Cli_21'): 141.97,
('Fab_6', 'Cli_22'): 30.9,
('Fab_6', 'Cli_23'): 159.63,
('Fab_6', 'Cli_24'): 130.2,
('Fab_7', 'Cli_1'): 126.52,
('Fab_7', 'Cli_2'): 221.42,
('Fab_7', 'Cli_3'): 166.98,
('Fab_7', 'Cli_4'): 95.63,
('Fab_7', 'Cli_5'): 225.09,
('Fab_7', 'Cli_6'): 27.51,
('Fab_7', 'Cli_7'): 148.59,
('Fab_7', 'Cli_8'): 157.42,
('Fab_7', 'Cli_9'): 68.48,
('Fab_7', 'Cli_10'): 198.61,
('Fab_7', 'Cli_11'): 97.1,
('Fab_7', 'Cli_12'): 173.6,
('Fab_7', 'Cli_13'): 171.39,
('Fab_7', 'Cli_14'): 189.05,
('Fab_7', 'Cli_15'): 192.73,
('Fab_7', 'Cli_16'): 233.19,
('Fab_7', 'Cli_17'): 71.06,
('Fab_7', 'Cli_18'): 33.54,

```

('Fab_7', 'Cli_19'): 207.44,
('Fab_7', 'Cli_20'): 230.24,
('Fab_7', 'Cli_21'): 186.11,
('Fab_7', 'Cli_22'): 34.06,
('Fab_7', 'Cli_23'): 203.76,
('Fab_7', 'Cli_24'): 175.07}

```

In [17]:

```

m = gp.Model()

# Variáveis de decisão
x = m.addVars(fabricas, clientes, vtype = gp.GRB.INTEGER)

# Função objetivo
m.setObjective(
    gp.quicksum(x[i, j] * custos[i, j] for i in fabricas for j in clientes),
    sense=gp.GRB.MINIMIZE)

# Restrições de oferta
c1 = m.addConstrs(
    gp.quicksum(x[i, j] for j in clientes) == ofertas[i] for i in fabricas)

# Restrições de demanda
c2 = m.addConstrs(
    gp.quicksum(x[i, j] for i in fabricas) <= demandas[j] for j in clientes)

# Executa o modelo
m.optimize()
Gurobi Optimizer version 9.1.2 build v9.1.2rc0 (win64)
Thread count: 4 physical cores, 8 logical processors, using up to 8 threads
Optimize a model with 31 rows, 168 columns and 336 nonzeros
Model fingerprint: 0x32dd9809
Variable types: 0 continuous, 168 integer (0 binary)
Coefficient statistics:
  Matrix range      [1e+00, 1e+00]
  Objective range   [1e+01, 3e+02]
  Bounds range      [0e+00, 0e+00]
  RHS range         [2e+04, 1e+05]
Found heuristic solution: objective 5.714441e+07
Presolve time: 0.00s
Presolved: 31 rows, 168 columns, 336 nonzeros
Variable types: 0 continuous, 168 integer (0 binary)

Root relaxation: objective 1.141511e+07, 8 iterations, 0.00 seconds

   Nodes      |   Current Node   |   Objective Bounds      |   Work
 Expl Unexpl |  Obj  Depth IntInf | Incumbent    BestBd   Gap | It/Node Time
*    0       0             0   1.141511e+07 1.1415e+07  0.00%   -    0s

Explored 0 nodes (8 simplex iterations) in 0.01 seconds
Thread count was 8 (of 8 available processors)

Solution count 2: 1.14151e+07 5.71444e+07

Optimal solution found (tolerance 1.00e-04)

```

Best objective 1.141510961000e+07, best bound 1.141510961000e+07, gap 0.0000%

In [26]:

```
for i in clientes:
    for j in fabricas:
        qtd = round(x[j,i].X,3)
        if(qtd>0):
            print("Transportar {} kilogramas da Fazenda {} para
{}".format(i,qtd,j))
Transportar Cli_2 kilogramas da Fazenda 18000.0 para Fab_2
Transportar Cli_3 kilogramas da Fazenda 14696.0 para Fab_1
Transportar Cli_6 kilogramas da Fazenda 33014.0 para Fab_7
Transportar Cli_8 kilogramas da Fazenda 43996.0 para Fab_1
Transportar Cli_9 kilogramas da Fazenda 33014.0 para Fab_6
Transportar Cli_10 kilogramas da Fazenda 96476.0 para Fab_3
Transportar Cli_14 kilogramas da Fazenda 2652.0 para Fab_3
Transportar Cli_21 kilogramas da Fazenda 7251.0 para Fab_3
Transportar Cli_21 kilogramas da Fazenda 51355.0 para Fab_5
Transportar Cli_23 kilogramas da Fazenda 63783.0 para Fab_4
Transportar Cli_24 kilogramas da Fazenda 2245.0 para Fab_4
```

APÊNDICE D

Tabela 29 - Custos de beneficiamento de CFF e mamona, e preço de venda

Matéria-prima	Custo de aquisição /(US\$/t)	Custo de beneficiamento/ (US\$/t)	Geração de empregos por produto	Preço de venda óleo bruto/ (US\$/t)
CFF de dendê	$4,7 \times 10$	$4,3 \times 10$	$2,27 \times 10^{-1}$	$4,99 \times 10^3$
Mamona	$5,7 \times 10^2$	$3,7 \times 10$	$5,00 \times 10^{-2}$	$7,19 \times 10^3$

Fonte: Autor, a partir de dados do (BIOMERCADO, 2021) e (EMBRAPA, 2018).

APÊNDICE E

Tabela 30 - Empregos gerados na produção da palma e mamona (por ano).

Oleaginosa	Ocupação de terra / (pessoas por ha)	Razão produtividade/ (tonelada por ano)	Renda por ha / (US\$ por ano)
Palma de dendê	5	4,4	$2,65 \times 10^3$
Mamona	2	2	$1,54 \times 10^3$

Fonte: Autor, a partir da (EMBRAPA, 2018), (PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2015) e (BIODIESEL BR, 2011).

APÊNDICE F

Tabela 31 - Capacidade de Produção de óleo de palma na Guiné-Bissau (2016 a 2019)

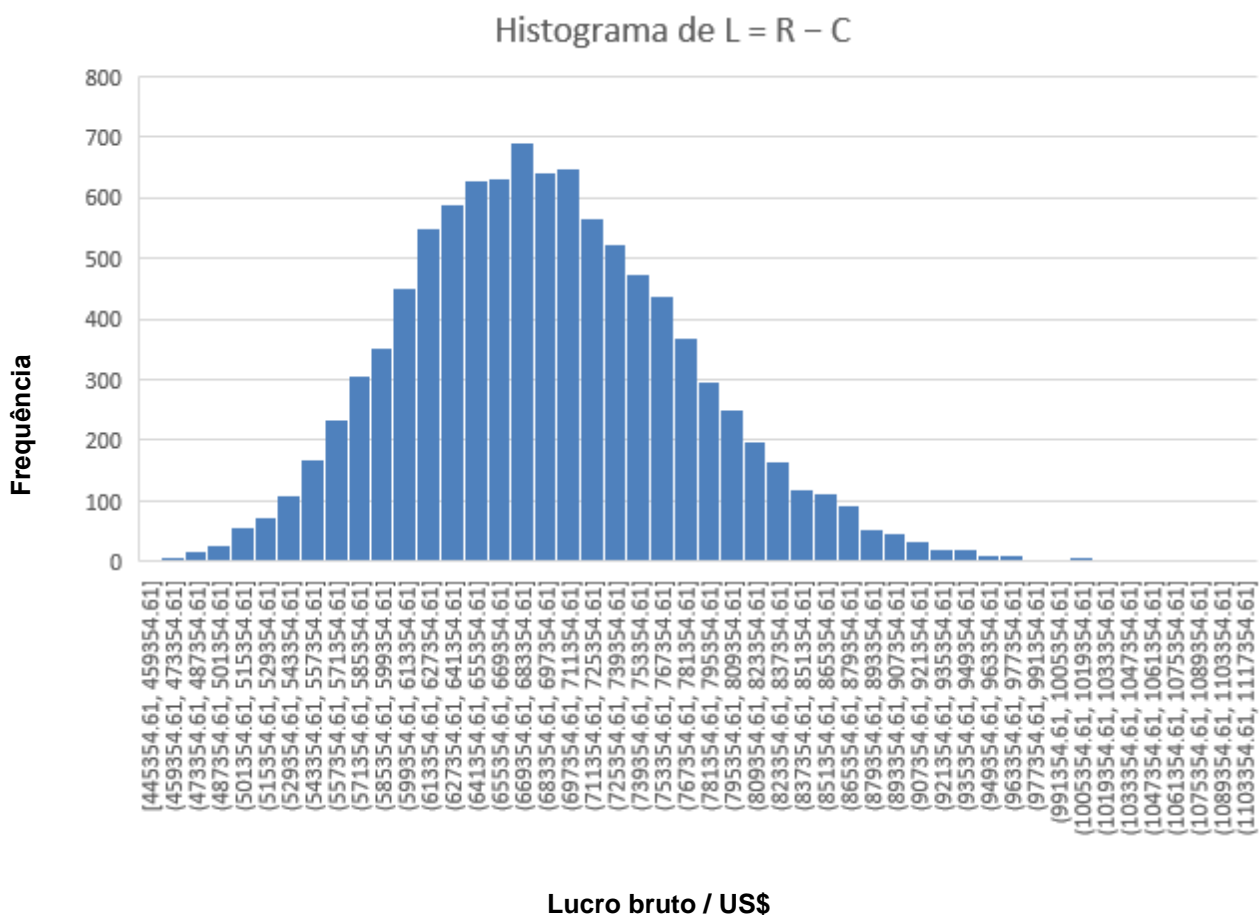
Ano	Área de colheita/ (ha)	Produtividade/ (kg/ha)	Produção/ (em t)
2016	$9,54 \times 10^3$	$8,44 \times 10^3$	$8,05 \times 10^5$
2017	$9,55 \times 10^3$	$8,43 \times 10^3$	$8,05 \times 10^5$
2018	$9,54 \times 10^3$	$8,43 \times 10^3$	$8,05 \times 10^5$
2019	$9,57 \times 10^3$	$8,43 \times 10^3$	$8,07 \times 10^5$

Fonte: FAOSTAT (FAOSTAT, 2021).

APÊNDICE I

A distribuição de frequência da simulação Monte Carlo (10 000 interações) para o indicador de lucro bruto é apresentada na **Figura 37**.

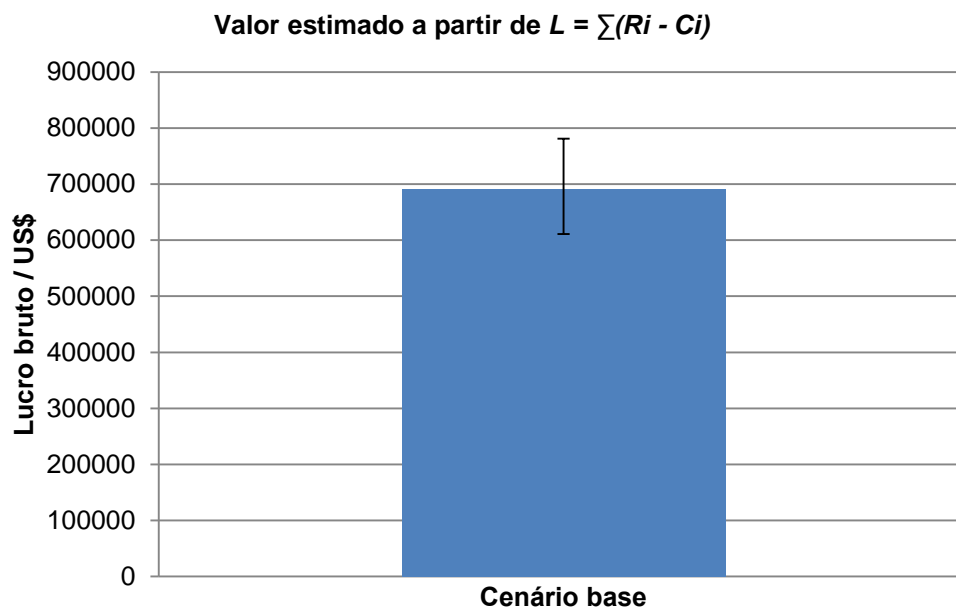
Figura 37 - Distribuição de frequência da incerteza do Lucro Bruto



Fonte: autor.

O valor médio de lucro bruto e sua faixa de variabilidade obtida com a simulação Monte Carlo são apresentados na **Figura 38**.

Figura 38 - Valor médio e incerteza do lucro bruto

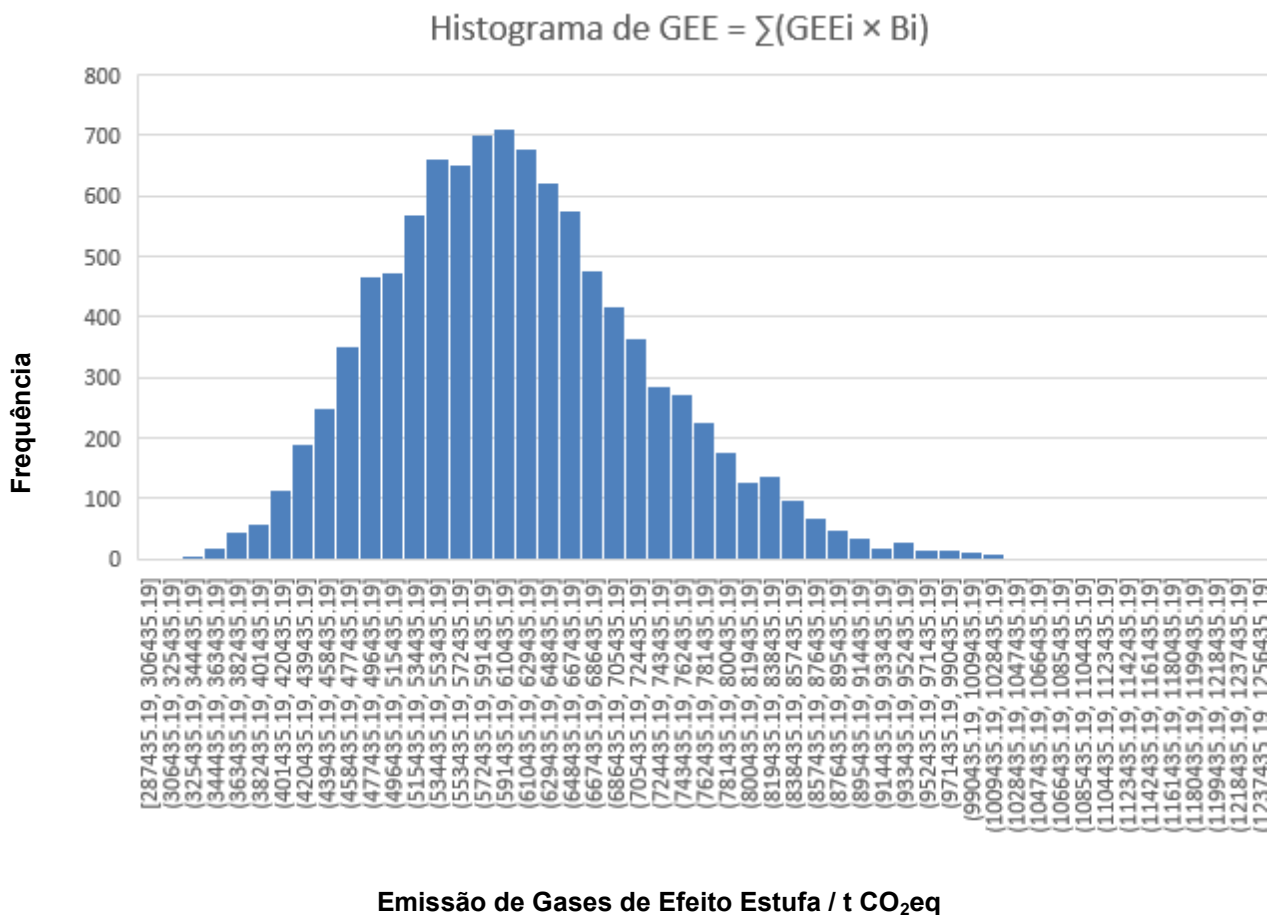


Fonte: autor.

De acordo com a **Figura 38**, ao considerar as incertezas nos resultados, o maior valor da lucratividade é $7,83 \times 10^5$ US\$ e o menor valor é $6,12 \times 10^5$ US\$.

A distribuição de frequência da simulação Monte Carlo (10 000 iterações) para o indicador de emissões de GEE é apresentada na **Figura 39**.

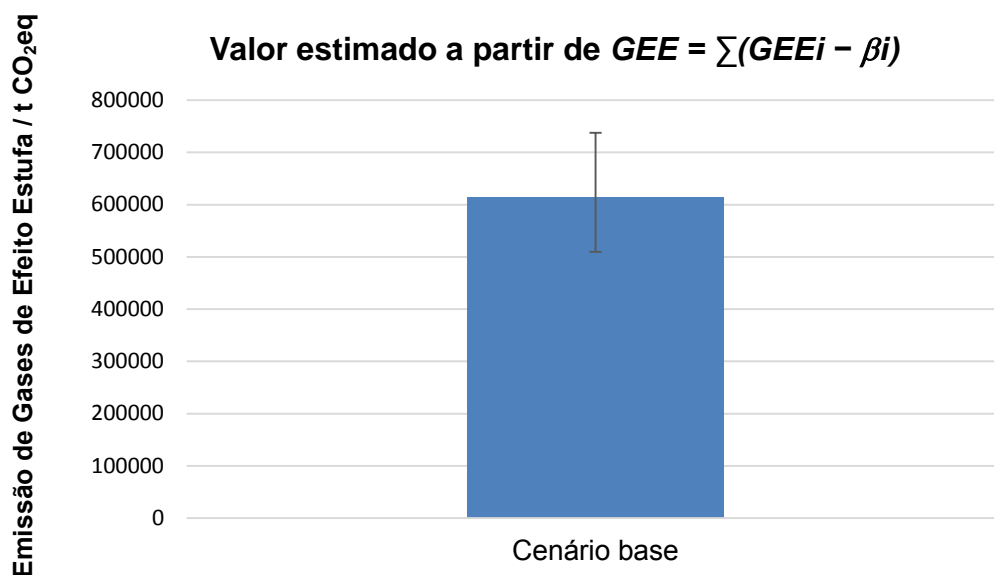
Figura 39 - Distribuição de frequência da incerteza das emissões de GEE



Fonte: autor.

O valor médio de emissão de GEE e sua faixa de variabilidade obtida com a simulação Monte Carlo são apresentados na **Figura 40**.

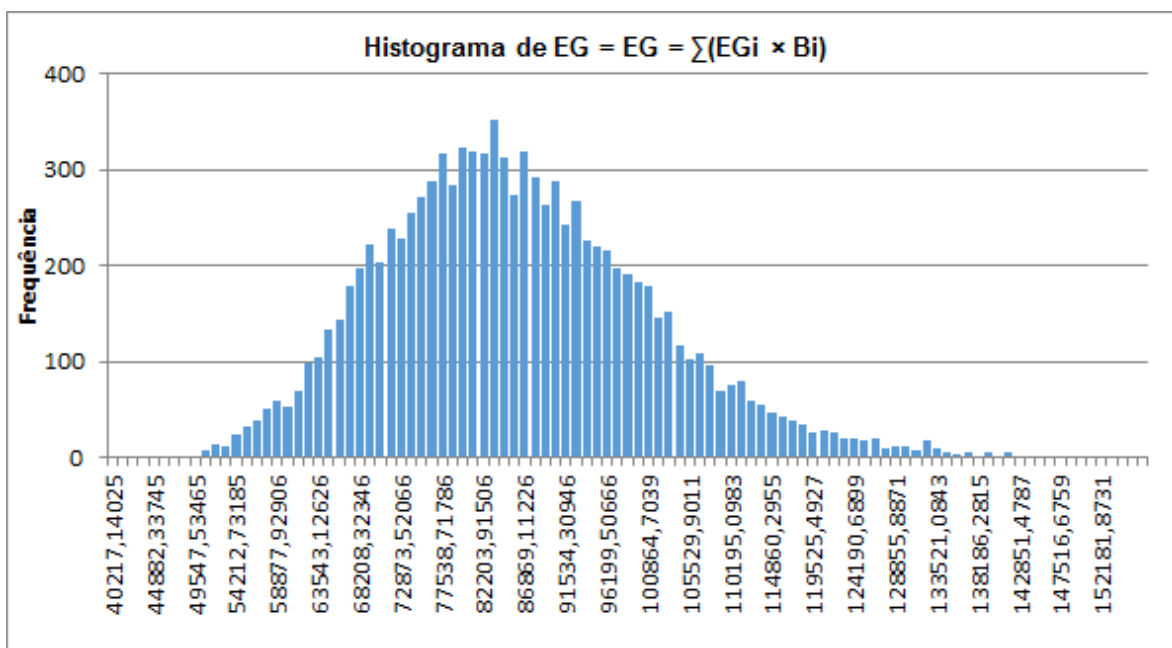
Figura 40 - Valor médio e incerteza da emissão de GEE



Fonte: autor.

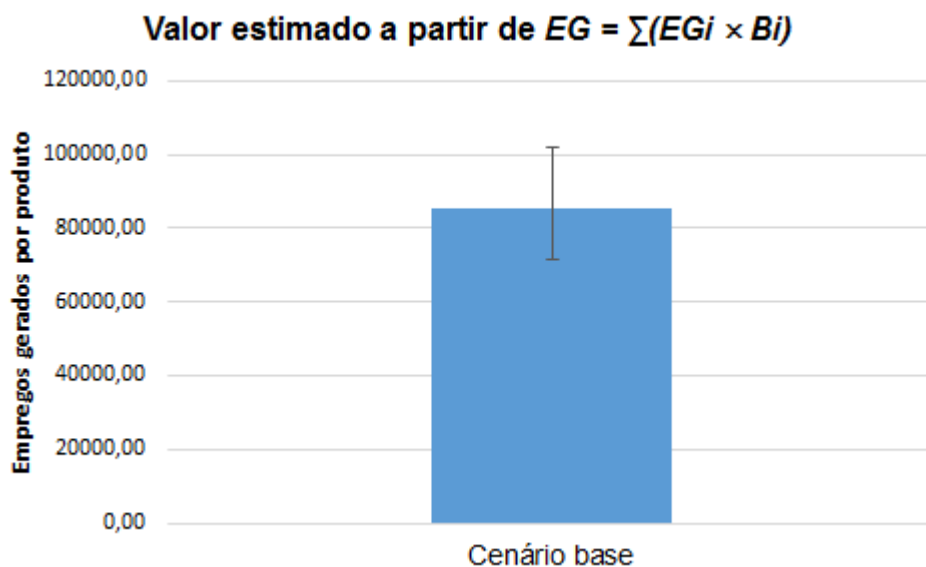
De acordo com a **Figura 40**, ao considerar as incertezas nos resultados, o maior valor da emissão de GEE é $7,39 \times 10^5$ kg CO₂eq e o menor valor é $5,08 \times 10^5$ kg CO₂eq.

Figura 41 - Distribuição de frequência da incerteza de empregos gerados



Fonte: autor.

Figura 42 - Valor médio e incerteza de empregos gerados

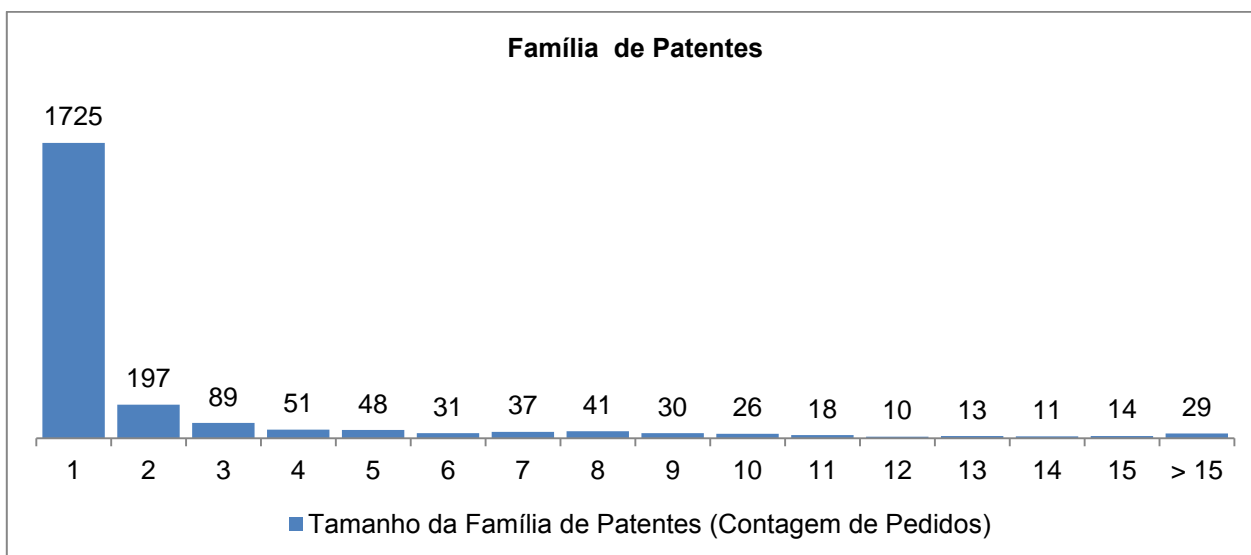


Fonte: autor.

De acordo com a **Figura 42**, ao considerar as incertezas nos resultados, o maior valor da geração de empregos gerados é $1,66 \times 10^4$ de empregos por ano e o menor valor é $1,39 \times 10^4$.

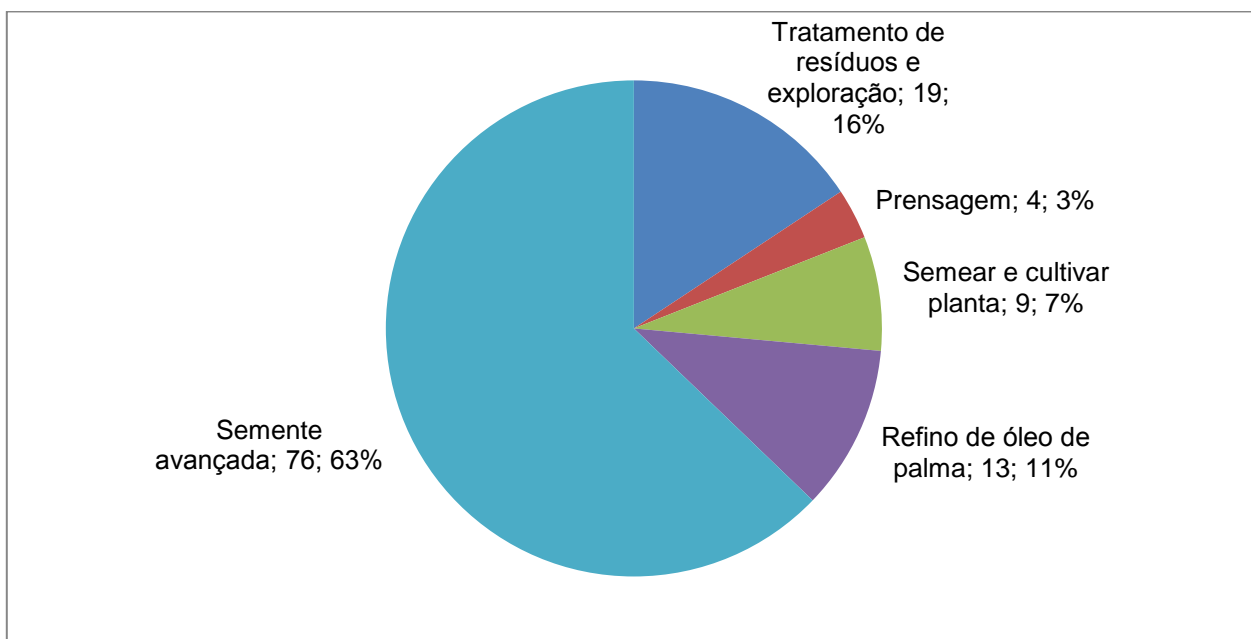
APÊNDICE

Figura 43 - Distribuição de tamanho de família de patentes



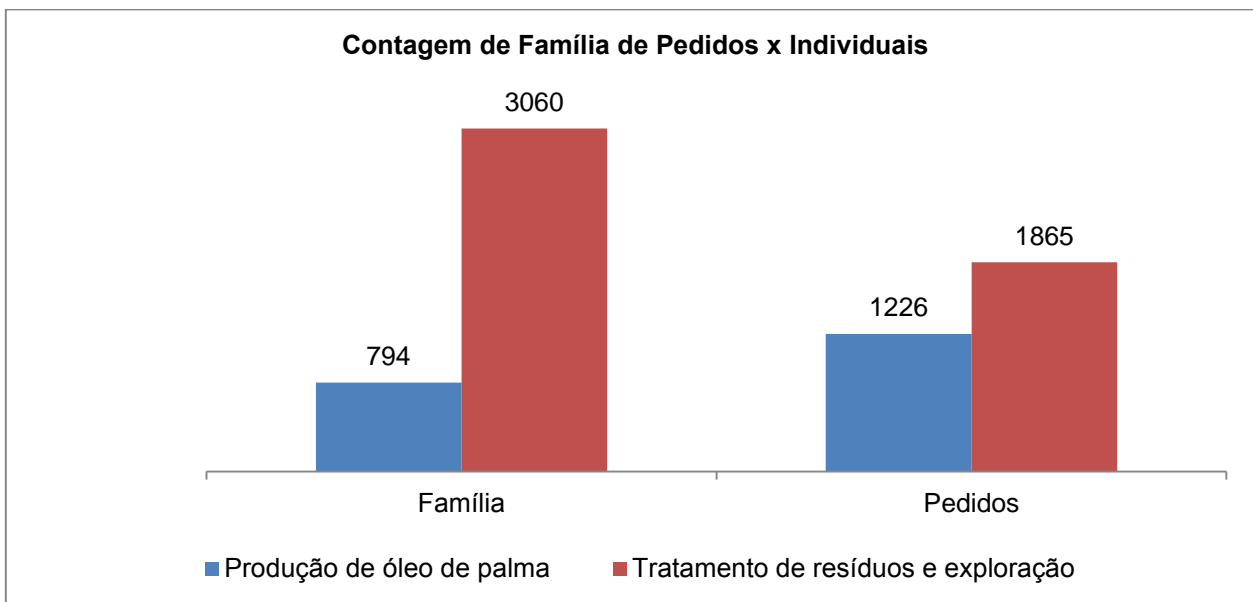
Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

Figura 44 - Distribuição de grandes famílias (tamanho >10) entre tecnologias



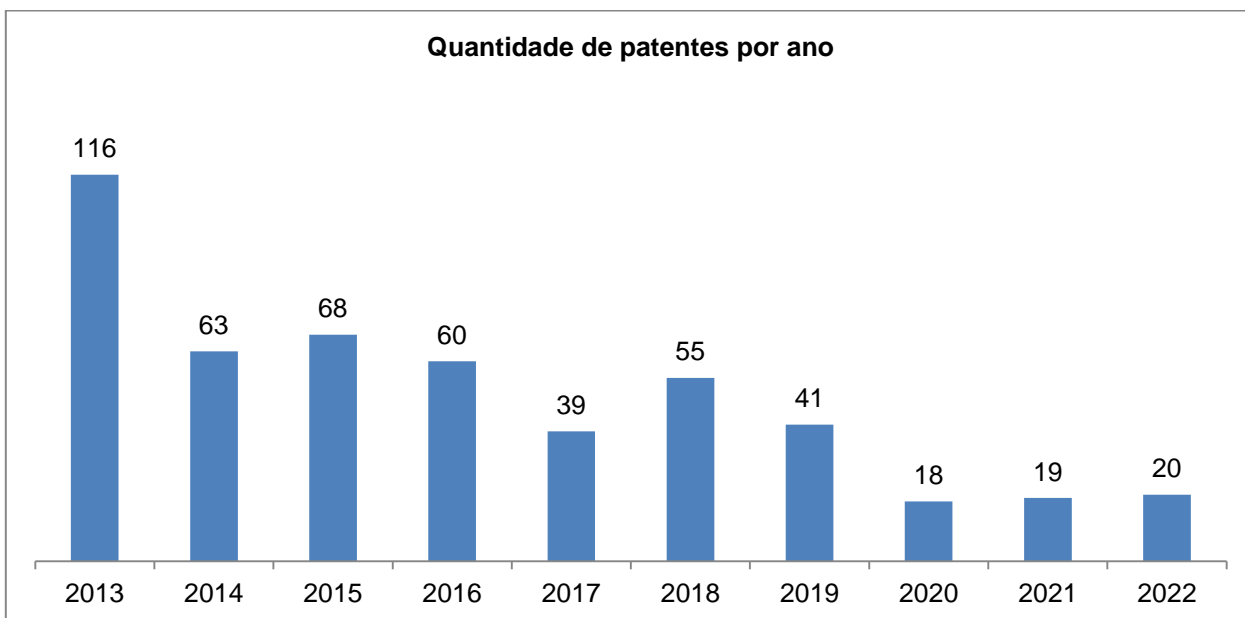
Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

Figura 45 - Contagem de famílias e contagens de pedidos de duas categorias principais, dos últimos 20 anos (1995-2015)



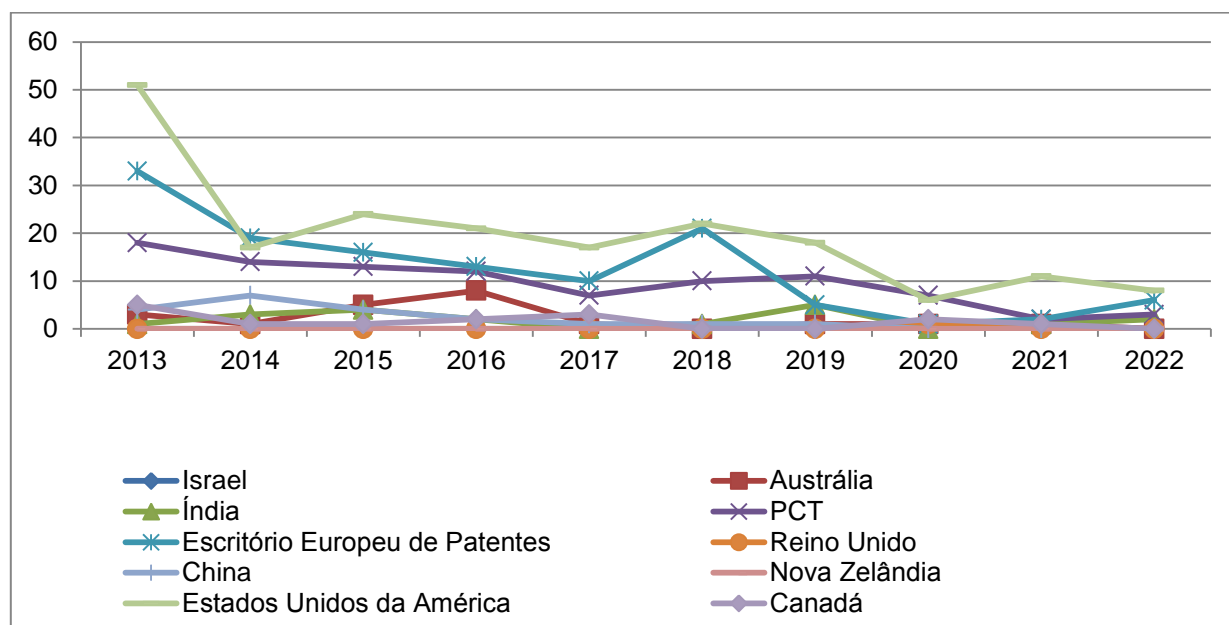
Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

Figura 46 - Distribuição de patentes de óleo de rícinos por ano



Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

Figura 47 - Depósito anual de patentes de óleo de rícinos por país



Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

Tabela 32 - Requerentes mais ativos na produção de óleo de palma desde 1995

Candidatos	Tipo	Nacionalidade	Contagem de Famílias
Malaysian Palm Oil Board	Público	Malásia	141
BASF	Privado	Alemanha	100
Catas-China	Público	China	51
Agrinomics	Privado	Estados Unidos	25
Monsanto	Privado	Estados Unidos	22
Sime Darby	Privado	Malásia	14
Universiti Putra Malaysia	Público	Malásia	8
DuPont	Privado	Estados Unidos	8
Nestle	Privado	Suíça	6
Fuji Oil	Privado	Japão	6
Zhong Yongtai	Individual	China	5
Sued Chemie	Privado	Alemanha	5
Agrigenetics	Privado	Estados Unidos	5
Cargill	Privado	Estados Unidos	5
Ningbo Lihao	Privado	China	4
Nantong Safe	Privado	China	4
Nisshin Oil	Privado	Japão	4
Swetree Technologies	Privado	Suécia	4
Sumatra Bioscience	Privado	Cingapura	4
Ceres	Privado	Estados Unidos	4

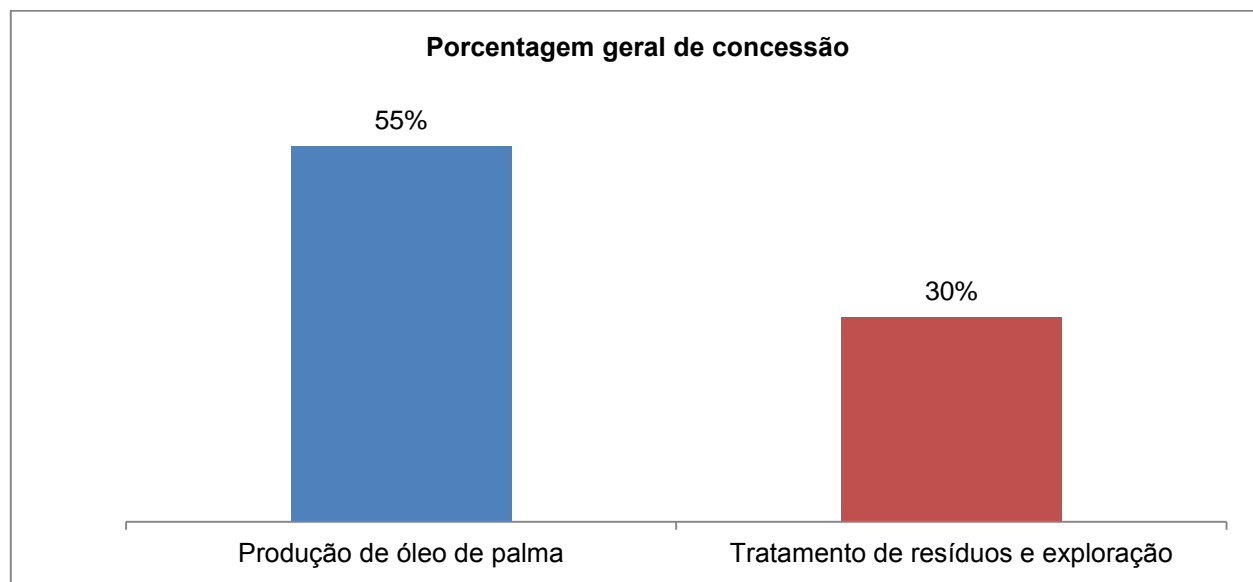
Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

Tabela 33 - Requerentes mais ativos em tratamento e exploração de resíduos

Candidatos	Tipo	Nacionalidade	Contagem de Famílias
Malaysian Palm Oil Board	Público	Malásia	58
Guizhou Daziran Technology	Privado	China	45
Kanegafuchi Chemical Industry	Privado	Japão	18
Zhu Jianxiang	Individual	China	16
Mywood 2	Privado	Japão	16
Universiti Putra Malaysia	Público	Malásia	16
Nanfang Huitong	Privado	China	11
South Huiton	Privado	China	10
Tianjin Shangde	Privado	China	10
Universiti Teknologi Malaysia	Público	Malásia	9
Bengbu Demo Filtration Technology	Privado	China	7
Wuhu Baoyi Amusement Equipment	Privado	China	6
Jinan University	Público	China	6
Arter Technology	Privado	Reino Unido	6
Dupont	Privado	Estados Unidos	6
Guizhou Nature Science & Technology	Privado	China	5
Csir-India	Público	Índia	5
Sumitomo	Privado	Japão	5
Cargill	Privado	Estados Unidos	5
Sime Darby	Privado	Malásia	4

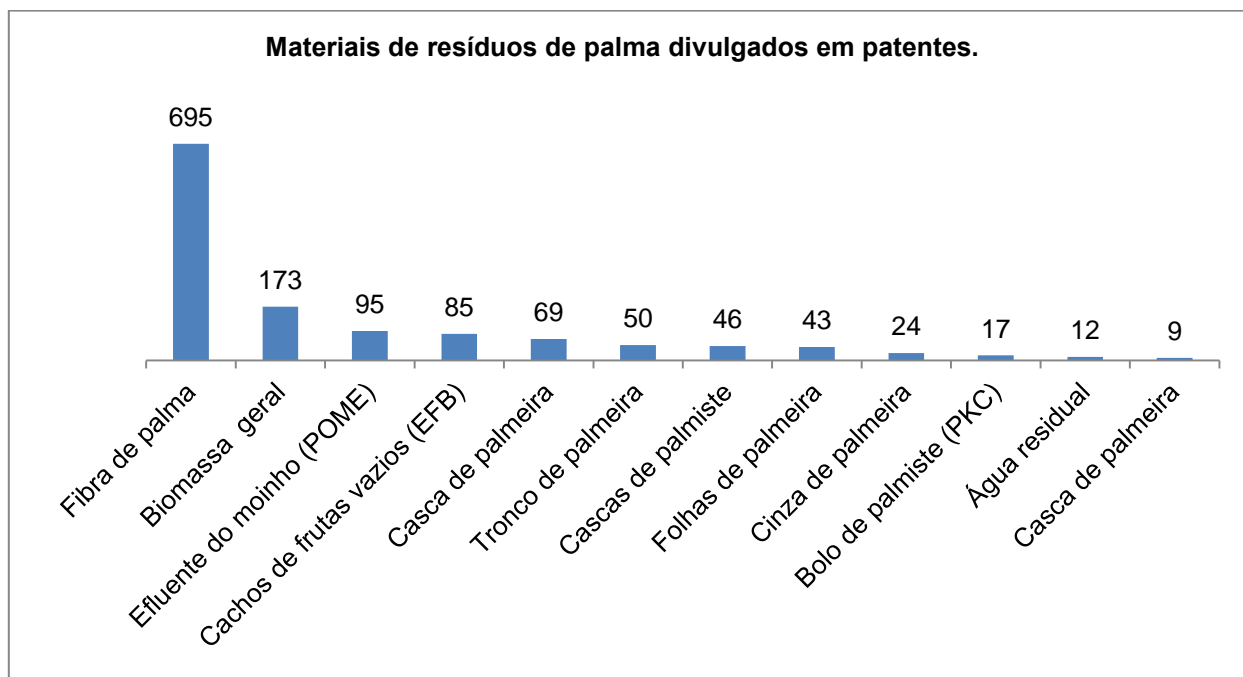
Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

Figura 48 - Concessão de patentes por família de produtos



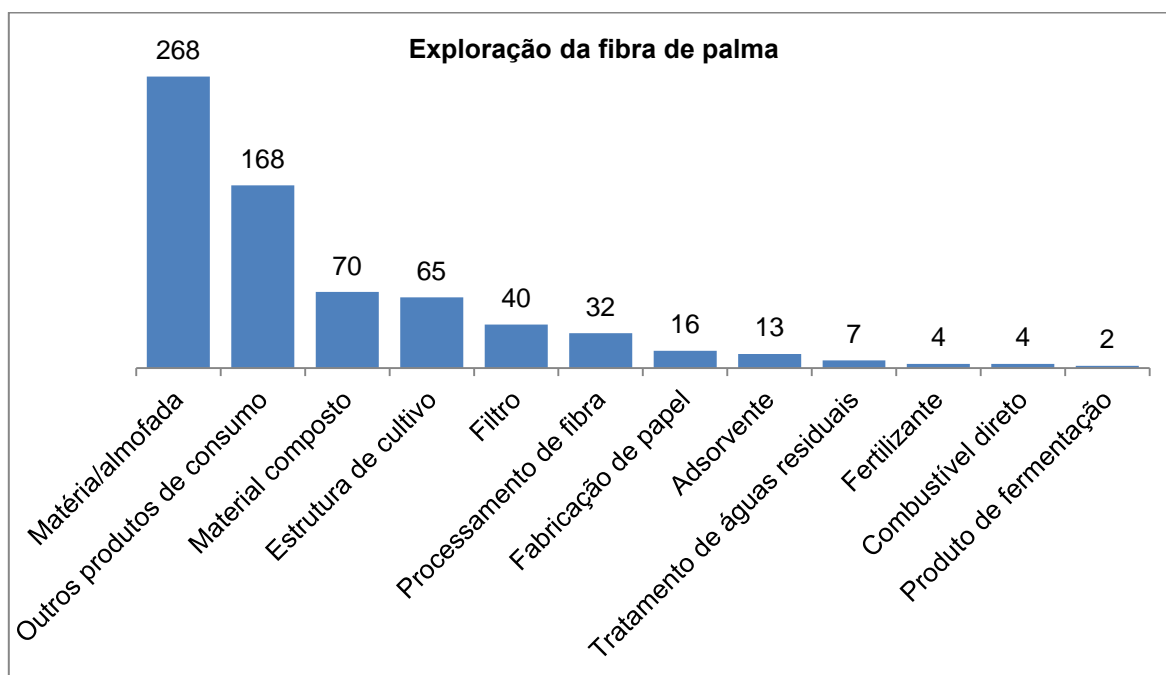
Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

Figura 49 - Distribuição da família de patentes entre os resíduos



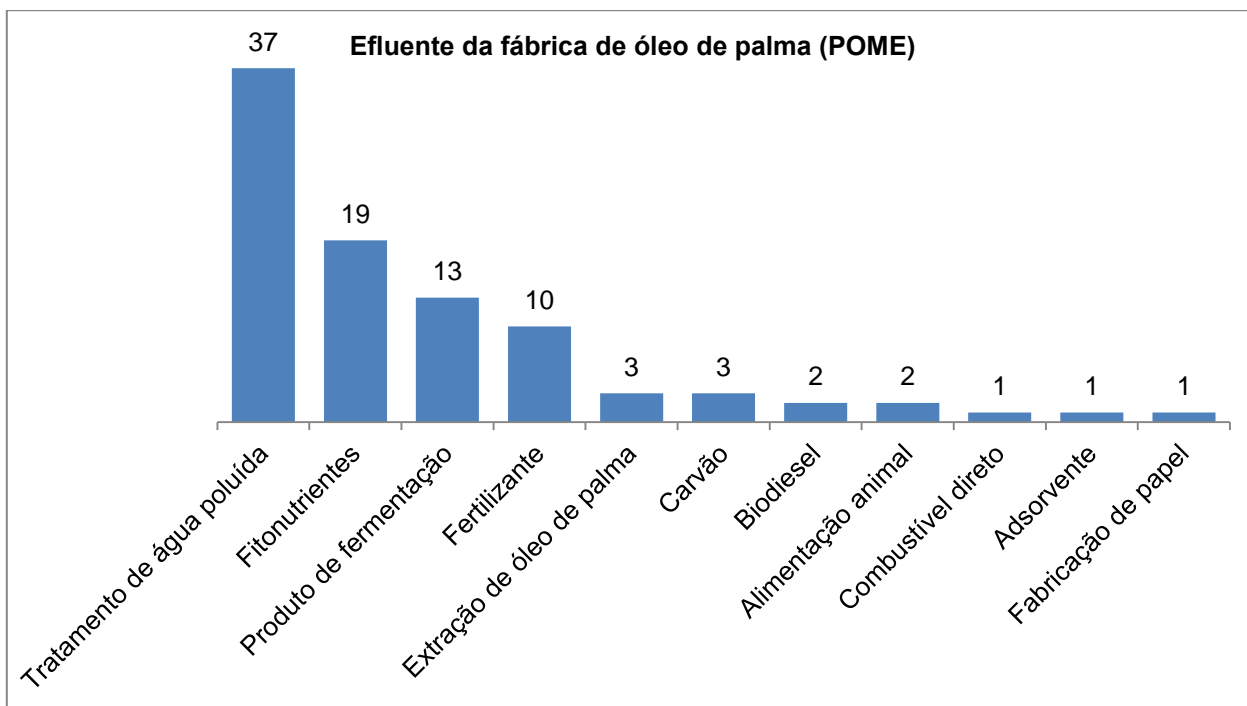
Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

Figura 50 - Distribuição da família de patentes entre as tecnologias de exploração de fibra de palma. Os números indicam a contagem da família de patentes.



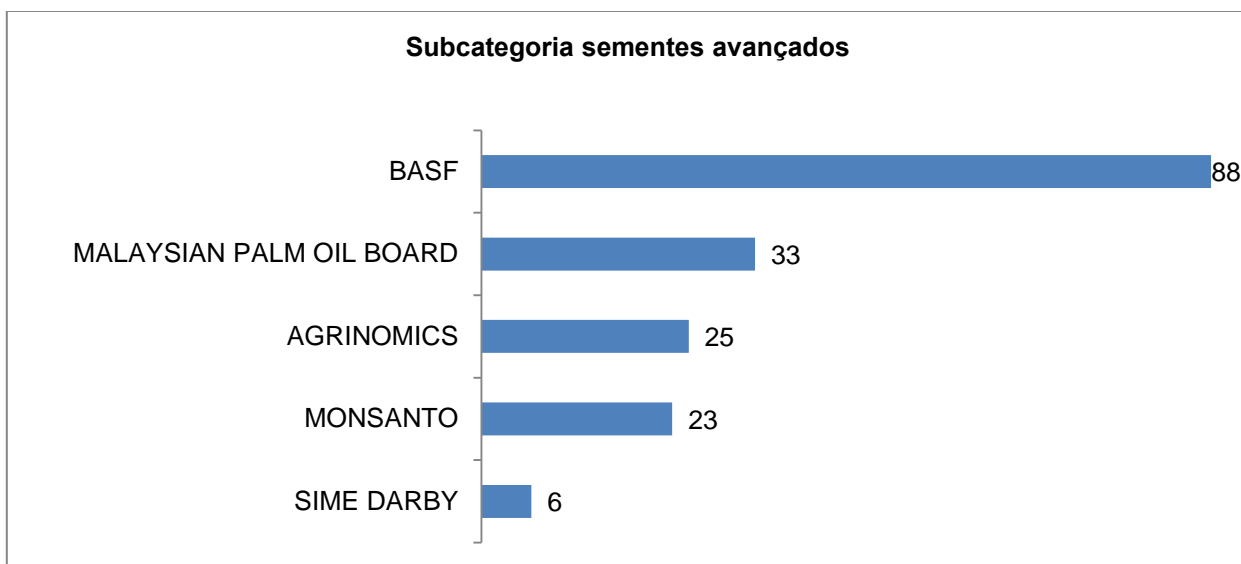
Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

Figura 51 - Distribuição da família de patentes entre as tecnologias de exploração de efluentes da fábrica de óleo de palma (POME). Os números indicam a contagem da família de patentes.



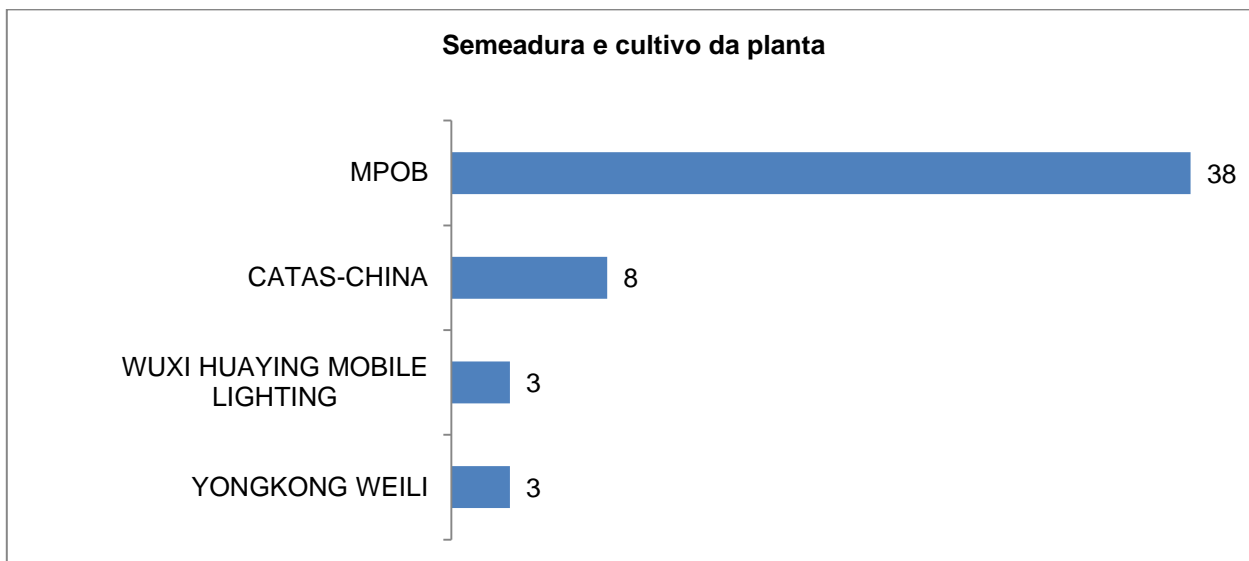
Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

Figura 52 - Os requerentes mais ativos na subcategoria de sementes avançadas



Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

Figura 53 - Os requerentes mais ativos na subcategoria Semeadura e cultivo da palma de dendê, desde 1995



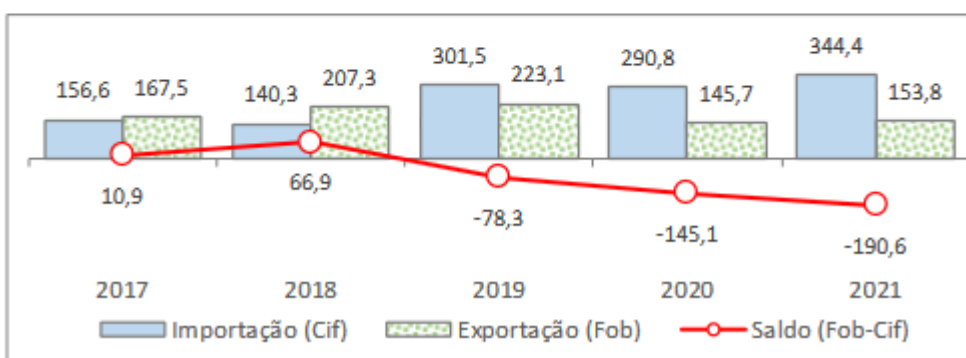
Fonte: autor, a partir da WIPO (2016).

ANEXOS

Figura 54 - Balança Comercial da Guiné-Bissau entre 2017 e 2021

milhões de Euros e %

	2017	2018	2019	2020	2021
Importação (Cif)	156,6	140,3	301,5	290,8	344,4
TVH	-	-10,4	114,8	-3,5	18,4
Exportação (Fob)	167,5	207	223	146	154
TVH	-	23,7	7,6	-34,7	5,6
Saldo (Fob-Cif)	10,9	67	-78	-145	-191
TVH	-	512,2	-217,0	85,3	31,3
Cobertura (Fob/Cif) [%]	107,0	147,7	74,0	50,1	44,7



Fonte: A partir de Marques (2023).

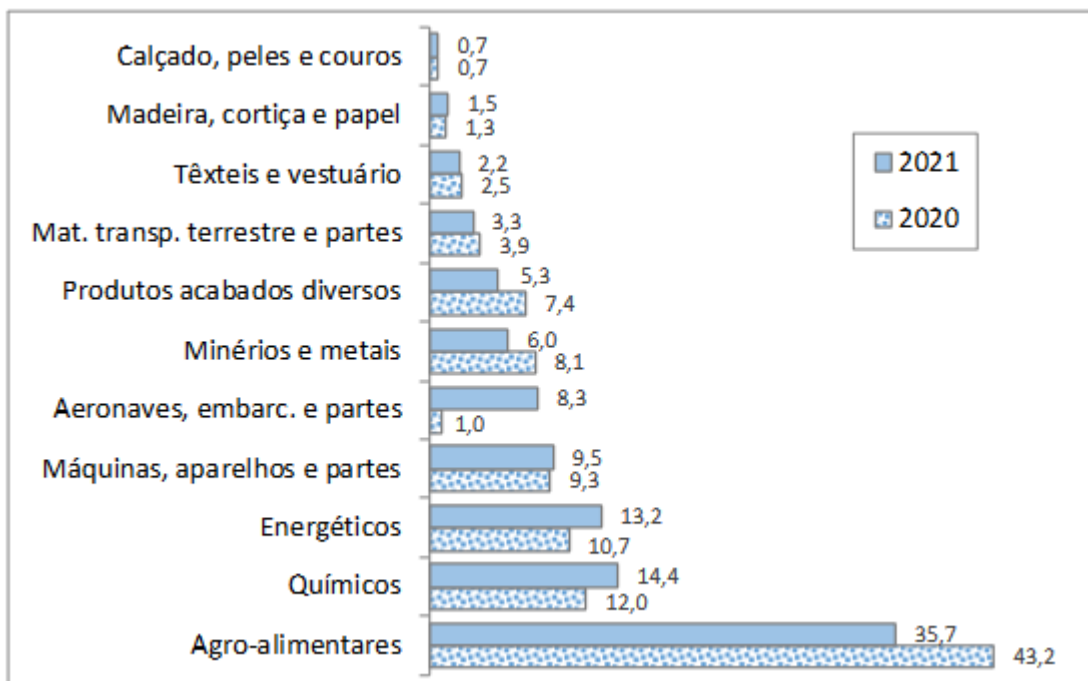
Figura 55 - Importações de mercadorias na Guiné-Bissau por grupos de produtos entre 2017 e 2021

milhares de Euros

Grupos de produtos	2017	2018	2019	2020	2021
TOTAL	156 603	140 339	301 473	290 771	344 371
A - Agro-alimentares	72 202	58 680	122 328	125 728	122 872
B - Energéticos	23 672	24 481	47 924	31 069	45 318
C - Químicos	6 247	8 192	31 764	34 967	49 698
D - Madeira, cortiça e papel	1 100	1 468	7 196	3 719	5 024
E - Têxteis e vestuário	2 527	2 495	8 112	7 195	7 730
F - Calçado, peles e couros	617	688	1 280	2 031	2 338
G - Minérios e metais	24 189	14 850	25 824	23 554	20 684
H - Máquinas, aparelhos e partes	15 223	15 340	27 297	26 915	32 597
I - Mat. transp. terrestre e partes	5 452	8 451	12 847	11 345	11 441
J - Aeronaves, embarc. e partes	185	3	1 199	2 799	28 589
K - Produtos acabados diversos	5 189	5 691	15 702	21 449	18 080

Fonte: A partir de Marques (2023).

Figura 56 - Estrutura das Importações entre 2020 e 2021 em %



Fonte: A partir de Marques (2023).

Figura 57 - Principais produtos importados pela Guiné-Bissau por Grupos de Produtos desagregados a dois dígitos entre 2020 e 2021

SH-2	Descritivo	milhares de Euros		(% no Grupo)	
		2020	2021	2020	2021
TOTAL		290 771	344 371	-	-
A - Agro-alimentares		125 728	122 872	100,0	100,0
10	Cereais	45 765	29 842	36,4	24,3
22	Bebidas, líquidos alcoólicos e vinagres	19 189	27 476	15,3	22,4
21	Preparações alimentícias diversas	11 152	11 981	8,9	9,8
19	Prep base cereais ou leite; produtos de pastelaria	8 963	9 648	7,1	7,9
11	Prod ind moagem, amidos, féculas, glúten de trigo	8 881	8 937	7,1	7,3
04	Leite e lacticínios, ovos, mel	5 409	6 440	4,3	5,2
15	Gorduras e óleos animais e vegetais	4 007	5 898	3,2	4,8
20	Prep de produtos hortícolas, frutas ou plantas	4 026	5 025	3,2	4,1
02	Carnes e miudezas comestíveis	3 092	3 748	2,5	3,1
16	Preparações carnes/peixes/crustáceos/moluscos	1 266	3 278	1,0	2,7
07	Prod hortícolas, raízes e tubérculos comestíveis	2 907	3 205	2,3	2,6
<i>Total da amostra >>></i>		<i>114 657</i>	<i>115 478</i>	<i>91,2</i>	<i>94,0</i>
B - Energéticos		31 069	45 318	100,0	100,0
27	Combustíveis e óleos minerais; betumes e ceras	31 069	45 318	100,0	100,0
C - Químicos		34 967	49 698	100,0	100,0
39	Plástico e suas obras	16 358	25 532	46,8	51,4
30	Produtos farmacêuticos	6 608	10 571	18,9	21,3
34	Sabões; lubrificantes; ceras artíf; velas; prep dentista	3 040	2 734	8,7	5,5
38	Produtos diversos das indústrias químicas	2 055	2 658	5,9	5,3
33	Óleos essenciais; perfumaria; cosméticos	2 196	2 250	6,3	4,5
32	Extratos tanantes; pigmentos; tintas e vernizes	1 998	2 120	5,7	4,3
<i>Total da amostra >>></i>		<i>32 255</i>	<i>45 865</i>	<i>92,2</i>	<i>92,3</i>
D - Madeira, cortiça e papel		3 719	5 024	100,0	100,0
44	Madeira e suas obras; carvão vegetal	586	2 336	15,8	46,5
48	Papel, cartão e suas obras; obras pasta celulose	1 939	1 977	52,1	39,4
49	Livros, jornais, gravuras, prod indúst gráficas	889	473	23,9	9,4
<i>Total da amostra >>></i>		<i>3 414</i>	<i>4 786</i>	<i>91,8</i>	<i>95,3</i>

E - Têxteis e vestuário	7 195	7 730	100,0	100,0
63 Outr artefact têxt; calçado/chapéus usados; trapos	3 738	4 697	52,0	60,8
67 Penas e s/obras; flores artificiais; obras de cabelo	796	633	11,1	8,2
55 Fibras sintéticas ou artificiais, descontínuas	1 511	631	21,0	8,2
62 Vestuário excepto de malha e seus acessórios	525	545	7,3	7,1
56 Pastas (ouates), feltros e falsos tecidos, cordoaria	52	392	0,7	5,1
61 Vestuário de malha e seus acessórios	246	372	3,4	4,8
<i>Total da amostra >>></i>	<i>6 868</i>	<i>7 270</i>	<i>95,5</i>	<i>94,0</i>
F - Calçado, peles e couros	2 031	2 338	100,0	100,0
64 Calçado e suas partes	1 949	2 118	96,0	90,6
G - Minérios e metais	23 554	20 684	100,0	100,0
72 Ferro fundido, ferro e aço	5 309	8 745	22,5	42,3
73 Obras de ferro fundido, ferro ou aço	9 461	4 783	40,2	23,1
25 Sal, enxofre, terras e pedras; gesso, cal e cimento	5 813	4 107	24,7	19,9
76 Alumínio e suas obras	1 477	1 629	6,3	7,9
<i>Total da amostra >>></i>	<i>22 060</i>	<i>19 264</i>	<i>93,7</i>	<i>93,1</i>
H - Máquinas, aparelhos e partes	26 915	32 597	100,0	100,0
85 Máq/aparelh electr; gravad. som/imagem; s/partes	16 420	18 976	61,0	58,2
84 Máq/aparelh mecânic; react nucl; caldeiras; s/partes	10 495	13 621	39,0	41,8
<i>Total da amostra >>></i>	<i>26 915</i>	<i>32 597</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
I - Material de transp. Terrestre e partes	11 345	11 441	100,0	100,0
87 Automóv/tractores/ciclos/outr terrestre; partes/acess	11 267	11 405	99,3	99,7
J - Aeronaves, embarcações e partes	2 799	28 589	100,0	100,0
89 Embarcações e estruturas flutuantes	2 109	27 870	75,3	97,5
88 Aeronaves/outr aparelh aéreos/espaciais; s/partes	690	719	24,7	2,5
<i>Total da amostra >>></i>	<i>2 799</i>	<i>28 589</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
K - Produtos acabados diversos	21 449	18 080	100,0	100,0
94 Mobiliário/colchões/almofad/candeeiros/pré-fabric	5 580	5 557	26,0	30,7
69 Produtos cerâmicos	6 477	5 421	30,2	30,0
90 Aparelh óptic/fotog/medida/precisão/médic; s/partes	2 334	2 091	10,9	11,6
96 Obras diversas	1 645	1 371	7,7	7,6
68 Obras de pedra/gesso/cimento/amianto/mica	2 680	1 202	12,5	6,6
70 Vidro e suas obras	689	1 040	3,2	5,8
99 Comércio confidenc/enc postais; prov. bordo/outras	1 277	490	6,0	2,7
<i>Total da amostra >>></i>	<i>20 682</i>	<i>17 172</i>	<i>96,4</i>	<i>95,0</i>
<i>Peso da amostra no Total >>></i>			<i>94,2</i>	<i>95,8</i>

Fonte: A partir de Marques (2023).

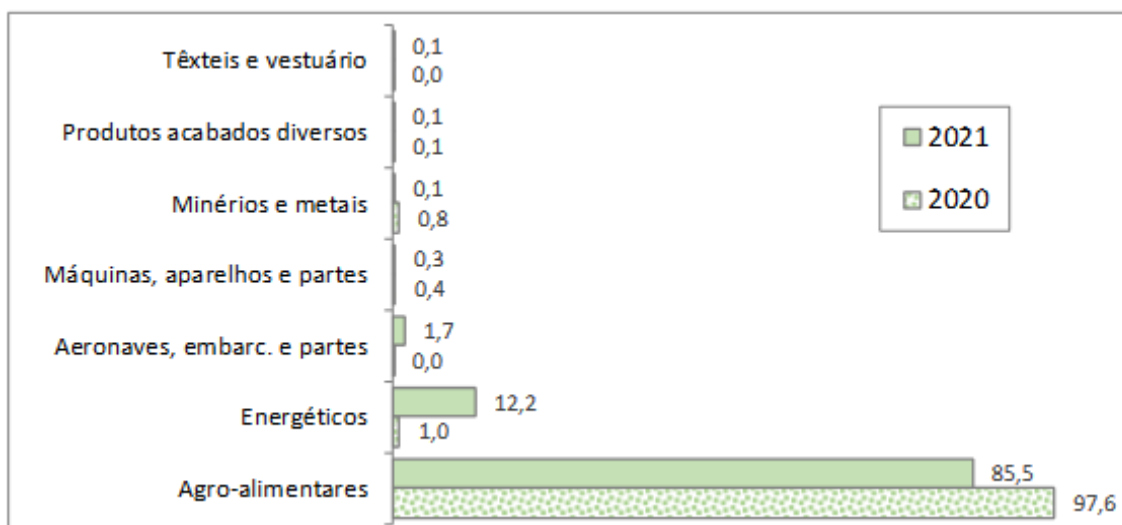
Figura 58- Exportações de mercadorias da Guiné-Bissau por grupos de produtos entre 2017 e 2021

milhares de Euros e %

Grupos de produtos	2017	2018	2019	2020	2021
TOTAL	167 539	207 285	223 140	145 653	153 765
A - Agro-alimentares	167 539	142 088	147 800	142 224	131 516
- dos quais Castanha de cajú >>>	167 539	142 088	114 084	116 037	124 001
B - Energéticos	0	0	1	1 421	18 692
C - Químicos	0	0	140	15	28
D - Madeira, cortiça e papel	0	65 197	7 502	9	1
E - Têxteis e vestuário	0	0	855	3	78
F - Calçado, peles e couros	0	0	3	5	0
G - Minérios e metais	0	0	65 652	1 238	230
H - Máquinas, aparelhos e partes	0	0	758	534	398
I - Mat. transp. terrestre e partes	0	0	172	28	38
J - Aeronaves, embarc. e partes	0	0	11	11	2 644
K - Produtos acabados diversos	0	0	246	165	140

Fonte: A partir de Marques (2023).

Figura 59- Estrutura das Exportações entre 2020 e 2021 em %



Fonte: A partir de Marques (2023).

Figura 60 - Principais mercados de importação e exportação de mercadorias da Guiné-Bissau em 2018

Importação		Exportação	
Países	%	Países	%
Portugal	44,2	Índia	38,3
Senegal	29,1	China	17,1
Paquistão	17,8	Singapura	8,7
China	6,1	Vietname	5,6
Países Baixos	1,7	Emiratos	5,3
Índia	0,6	Países Baixos	4,4
Gâmbia	0,4	Hong-Kong	3,7
<i>% do Total >></i>	<i>100,0</i>	<i>% do Total >></i>	<i>83,1</i>

Fonte: A partir de Marques (2023).

UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA
CEP: 40.210-630
Telefone: (71) 3283-9800
E-mail: pei@ufba.br
Home page: <http://www.pei.ufba.br>

