UNIVERSIDADE DE CABO VERDE

ESCOLA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS

Doutoramento em Gestão e Políticas Ambientais

CABO VERDE NA DIREÇÃO DE UMA ECONOMIA DESCARBONIZADA

DESAFIOS PARA A PRODUÇÃO E O USO DO BIODIESEL

MANUEL ROBALO ÉVORA

Gestão e Políticas Ambientais

Praia, janeiro de 2021

www.ecaa.unicv.edu.cv

UNIVERSIDADE DE CABO VERDE

ESCOLA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS

Doutoramento em Gestão e Políticas Ambientais

Linha de pesquisa: Gestão de Recursos Naturais

CABO VERDE NA DIREÇÃO DE UMA ECONOMIA DESCARBONIZADA

DESAFIOS PARA A PRODUÇÃO E O USO DO BIODIESEL

MANUEL ROBALO ÉVORA

Gestão de Recursos Naturais

Tese orientada pelo Prof. João Nildo de Souza Vianna, PhD – Universidade de Brasília

(In memoriam)

&

Professor Doutor António José Medina dos Santos Baptista – Universidade de Cabo Verde

Praia, janeiro de 2021

CABO VERDE NA DIREÇÃO DE UMA ECONOMIA DESCARBONIZADA

Desafios para Produção e o Uso do Biodiesel em Cabo Verde

Copyright © Manuel Robalo Évora, Escola de Ciências Agrárias e Ambientais (ECAA) - Universidade de Cabo Verde (UNICV).

A ECAA e a Universidade de Cabo Verde têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta tese através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Membros do júri:

- Professor Doutor Mário José Carvalho Lima –Presidente (Uni-CV)
- Professora Doutora Myriam Alexandra dos Santos Batalha Dias Nunes Lopes – Arguente (Universidade de Aveiro
- Professora Doutora Maria dos Anjos de Jesus Barros Monteiro Lopes – Arguente (Uni-CV)
- Professor Doutor Henrique dos Santos Pereira – Arguente (Universidade Federal do Amazonas)
- Professor Doutor António José Medina dos Santos – Orientador (Uni-CV)

AGRADECIMENTOS

Pareceria exagero se afirmasse que esta é a parte mais complicada, mas, considerando que antes da doação está a partilha, há que reconhecer que fica difícil, se não impossível, nomear todos a quem devo agradecimentos. É que de todos quantos abeiro beneficio-me, forçosamente, do que portarem ou do que forem.

Dito isto, começo por pedir perdão aos que não nomeio aqui, antes de começar a agradecer à Turma que constituiu este Doutoramento, aos Professores, aos Mentores que, cada um a seu modo, fizeram parte disto. Por isso, faço votos que sejam cada vez mais abençoados pois, assim, mais eu me beneficio do que inevitavelmente partilham.

Mas seja-me permitido nomear a Professora Doutora Sónia Silva Victória e a Professora Doutora Manuela Morais pela amável responsabilização da minha pessoa em honrar a memória do Professor João Nildo de Souza Vianna, cujo passamento me deixou na mente a questão "e agora?", pela via da assunção, até ao fim, do desafio da conclusão do projeto em curso, mas muito avançado.

Ao professor Doutor António Baptista por ter assumido a necessária e indispensável orientação final, o que me permitiu chegar até aqui.

Para terminar, render uma homenagem à memória do Professor Doutor João Nildo de Souza Vianna a quem devo méritos, se algum houver, deste trabalho, e um pedido de perdão por tudo o que faltar, pois o único culpado sou eu.

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO 8

II. METODOLOGIA 13

III. REFERENCIAL TEORICO 14

IV. ROTEIRO FUNDIÁRIO E DE POLÍTICA AGRÍCOLA PARA PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE BIODIESEL 22

1. INTRODUÇÃO 24

2. METODOLOGIA 25

3. REFERENCIAL HISTÓRICO FUNDIÁRIA E AGRICOLA 26

3.1. Percurso Histórico da Propriedade Fundiária 26

3.2. Percurso histórico da agricultura da Jatropha 29

3.3. Conflitos derivados da posse e usos das terras em Cabo Verde 31

3.4. Exploração florestal 32

3.5. Estratégia de Governança e capacitação para o setor agrícola 33

4. DISCUSSÃO 35

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 37

6. REFERÊNCIAS 38

V. ANÁLISE DA PERTINÊNCIA DA JATROPHA NO CENÁRIO DE TRANSIÇÃO DE CABO VERDE PARA UMA ECONOMIA DESCARBONIZADA 40

1. INTRODUÇÃO 42

2. METODOLOGIA 43

3. REALIDADE E PERSPETIVA DA JATROPHA EM CABO VERDE 44

4. LEVANTAMENTO DE RECURSOS 47

4.1. Recursos energéticos 47

4.2. Recursos climáticos, pedológicos e hídricos 48

5. POTENCIAL DE PRODUÇÃO DA JATROPHA EM CABO VERDE 49

6. CONCLUSÃO 54

7. REFERÊNCIAS.....55

VI. IMPACTOS DO BIODIESEL SOBRE A ECONOMIA, MATRIZ ENERGÉTICA, MEIO AMBIENTE E AGRICULTURA EM CABO VERDE.....59

1. INTRODUÇÃO.....61

2. METODOLOGIA.....62

3. BIODIESEL DA JATROPHA.....63

3.1. Experiências diversas da produção do biodiesel da Jatropha.....64

3.2. Situação atual para produção do biodiesel da Jatropha em Cabo Verde.....66

4. PANORAMA DA INTEGRAÇÃO DO BIODIESEL.....68

4.1. Potencial de utilização do biodiesel em território Nacional.....68

4.2. O biodiesel e a economia.....71

4.3. O biodiesel na matriz energética.....75

4.4. O biodiesel e o meio ambiente.....75

4.5. O biodiesel e a agricultura.....76

5. DISCUSSÃO.....77

6. CONCLUSÃO.....80

7. REFERÊNCIAS.....83

VII. BALANÇO DE CARBONO E ENERGIA NA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL DA JATROPHA PARA CABO VERDE.....85

1. INTRODUÇÃO.....87

2. METODOLOGIA.....88

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....98

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....103

5. REFERÊNCIAS.....103

VIII. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....105

IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....107

X. APÊNDICE.....113

XI. ANEXO.....117

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela IV.1. Resumo da atual Política pública para setores agrária e agrícola 32

Tabela V.1 Distribuição de zona agroecológica e precipitação média relativa ao período 1988-2002 45

Tabela V.2 Recursos hídricos do país 46

Tabela V.3 Recursos energéticos endógeno 47

Tabela V.4 Consumo energético nacional dos principais setores económico 47

Tabela V.5 Projeção de resultados derivados da exploração da Jatropha e biodiesel derivado 50

Tabela VI.1 Consumo de Gasóleo 2018, por setor 66

Tabela VI.2 Projeção de resultados derivados da produção da Jatropha e biodiesel derivado 66

Tabela VI.3 Produção de energia elétrica em 2018 67

Tabela VI.4 Projeção de produção de eletricidade em 2025, cenário 50% renováveis 67

Tabela VI.5 Substituição do *diesel* ou descarbonização total da produção da eletricidade em algumas ilhas 69

Tabela VI.6 Demanda de diesel para produção de energia elétrica 70

Tabela VI.7 Impactos sobre o setor de produção elétrica nas ilhas, referência.....71

Tabela VI.8 Impactos sobre o setor dos transportes terrestres por cenários de produção do biodiesel, 2018 …….....71

Tabela VI.9 Disponibilidade não aproveitada da Cabeólica 73

Tabela VI.10 Impactos da produção Jatropha/biodiesel referenciados a 2018 e ao cenário de 2025 77

Tabela VII.1 Dados relativos ao cultivo da Jatropha 88

Tabela VII.2 Dados para o processamento das sementes da Jatropha 89

Tabela VII.3 Avaliação de recursos para produção do biodiesel 90

Tabela VI.4 Fatores energéticos para entradas e saídas no sistema da Jatropha 94

Tabela VII.5 Emissões de GEE do ciclo de vida do biodiesel da Jatropha em Cabo Verde 95

Tabela VII.6 Resultado do balanço energético do ciclo de vida do biodiesel da Jatropha
.....98
Tabela VII.7 Saídas energéticas do biodiesel e seus coprodutos 99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura III.1 Esquema de integração produção eólica com armazenamento hídrico com bombagem em sistemas energéticos.....16

Figura V.1 Esquema de integração de energias renováveis no sistema energético.....52

Figura VI.1 Esquema do processo de produção do biodiesel.....68

Figura VI.2. Enquadramento intersetorial da produção do biodiesel.....76

Figura VII.1. Sistema do biodiesel.....87

Figura VII.2. Comparação de emissões líquidas de GEE 96

LISTA DE SIGLAS E SÌMBOLOS

ACV	Análise de Ciclo de Vida
ASTM	American Society for Testing and Materials
CNPq	Conselho Nacional de Pesquisa no Brasil
COP21	Vigésima primeira Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas
DCRP	Documento Estratégico de Redução de Crescimento e Redução da Pobreza
DIN	Instituto Alemão para Normatização
DNA	Direção Nacional do Ambiente
DNICE	Direção Nacional de Indústria Comércio e Energia
EE	Eficiência Energética
ER	Energias Renováveis
FMA	fração de massa de ácidos graxos livres
g	Grama
GCV	Governo de Cabo Verde
GEE	Gases de Efeito de Estufa
GJ	Gigajoule
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Agência Alemã de Cooperação Técnica)
GWh	Gigawatt hora
GWP100	Potenciais de aquecimento global para um horizonte de tempo de 100 anos
ha	Hectare
ICV	Inventário de Ciclo de Vida
INC	Instituto Nacional de Cooperativas
INIA	Instituto Nacional de Investigação Agrária
ISO	Organização internacional de Standardização
ITAC	Institute Technologique d'Appui au Co-développement
JICA	Agência de Cooperação Internacional do Japão
kg	Quilograma
km	Quilómetro

kWh	Quilowatt hora
l	litro
MAHOT	Ministério do Ambiente Habitação e Ordenamento do Território
MDRP	Ministério do Desenvolvimento Rural e Pescas
MECC	Ministério da Economia Comércio e Competitividade
MJ	Megajoule
MW	Megawatt
MWh	Megawatt hora
NAPA	*National Adaptation Programme of Action on Climate Change*
NDC	*Nationally Determined Contributions*
OANM	Outras Ações Nacionais de Mitigação
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PAGIRE	Plano Nacional para a Gestão dos Recursos Hídricos
PANA	Plano de Acção Nacional para o Ambiente
PEDA	Plano Estratégico do Desenvolvimento Agrícola
PESER	Plano Estratégico Setorial de Energias Renováveis
PLENAS	Plano Estratégico de Água e Saneamento
PNAEE	Plano Nacional de Eficiência Energética
PNAER	Plano Nacional de Energias Renováveis
PNOTU	Política Nacional de Ordenamento do Território e Urbanismo
REALP	Rede de Estudos Ambientais dos Países de Língua Portuguesa
REL	Rendimento de Energia Líquida
SE4ALL	Agenda de Energia Sustentável para Todos
t	tonelada
VLE	Valor Líquido de Energia
VLER	Valor Líquido de Energia Renovável
ZAE	Zona Agroecológica
ZDER	Zonas de Desenvolvimento de Energias Renováveis

RESUMO

O aquecimento global e mudanças climáticas são, neste momento, a principal preocupação na agenda internacional. A comunidade internacional, através da ONU, assumiu o objetivo da redução da emissão de gases de efeito de estufa (GEE) e a justiça social consubstanciados nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) na Agenda 2030. Cabo Verde, como membro da ONU, vinculou-se ao citado objetivo e à Agenda 2030, expressa através da *Nationally Determined Contributions* (NDC), onde se encontra expressa a (re) florestação como uma das medidas de mitigação da emissão de GEE e combate às mudanças climáticas. A tese analisou a reintrodução da Jatropha (*Jatropha curcas L.*)[1] como uma planta de eleição para contribuição para os ODS e o potencial, os limites, os riscos e os benefícios da produção de biodiesel em Cabo Verde, a dessa planta. Fez-se uma análise com uma abordagem interdisciplinar e sistêmica, o potencial da produção de biocombustíveis em Cabo Verde, tendo em vista as caraterísticas climáticas particularmente diferenciadas entre as ilhas, a escassez hídrica e as peculiaridades geopolíticas do Arquipélago, levando em conta os riscos e benefícios desta intervenção agroindustrial e seu impacto na Matriz Energética e na segurança alimentar do país. Partindo de dados secundários, analisou-se os impactos que a produção de biocombustíveis de um modo geral, e de biodiesel em particular, poderão causar sobre a economia, sobre o meio ambiente, sobre a geração de emprego e renda e sobre a estrutura organizacional da agricultura tradicional de Cabo Verde. Com base nos resultados obtidos, foram discutidos os caminhos para o equacionamento de um modelo sustentável para produção de biodiesel que não comprometa a segurança alimentar em Cabo Verde, asseguradas a inclusão social, a contribuição para a independência energética e a prudência ecológica. Avaliou-se as potencialidades do cultivo da Jatropha e a produção do biodiesel nas regiões estudadas e seus impactos sobre padrão o produtivo atual, bem como o potencial de adaptação das oleaginosas a uma condição edafoclimática que indica o sistema do biodiesel da Jatropha como um sorvedor de CO_2 e um consumidor controlável no sistema elétrico para absorver excedente em energia limpa, com elevado rácio de energia líquida.

Palavras-chave: *Jatropha curcas L.*, biocombustíveis, biodiesel, estocagem de energia e carbono, energias renováveis intermitentes, descarbonização.

[1] Em Cabo Verde e Portugal, a espécie é conhecida por Purgueira e, no Brsil, por Pinão manso.

ABSTRACT

Global warming and climate change are currently the main concern on the international agenda. The international community has assumed through the UN the goal of reducing greenhouse gas (GHG) emissions and social justice embodied in the Sustainable Development Goals (SDGs) in the 2030 Agenda. In the quality of UN member, Cabo Verde has allied itself to this goal and that of the 2030 Agenda, expressed through the Nationally Determined Contributions (NDC), where (re) forestation is elected as one of the measures to mitigate GHG emissions and combat climate change. This thesis intends to analyze primarily the reintroduction of Jatropha as a chosen plant for contribution to the SDGs and to evaluate the potential, benefits, limits, and risks of biodiesel production in Cabo Verde, *from Jatropha Curcas L*. This thesis intends also to analyze the potential of biofuel production in Cabo Verde applying an interdisciplinary and systemic approach, with regard to the climatic characteristics particularly differentiated between the islands, water shortages and geopolitical peculiarities of the archipelago; taking into account the risks and benefits of this agro-industrial intervention and its impact on the Energy Matrix and food security of the country. Based on secondary data, were analyzed the impacts that production of biofuels in general, and biodiesel in particular, may cause on the economy, on the environment, on generation of employment and income and on the organizational structure of traditional agriculture in Cabo Verde. Grounded on findings, discussions focused on ways to equate a sustainable model for biodiesel production that while it does not compromise food security in Cabo Verde, it ensures social inclusion, contributing to energy independence and ecological prudence. The potentialities of Jatropha cultivation and biodiesel production in the studied regions and its impacts on the current productive pattern are evaluated, along with the potential for adaptation of the oleaginous to an edaphoclimatic condition, indicates that Jatropha biodiesel system is a CO_2 sorbent and can be a controlled consumer in the electric system to absorb surplus in clean energy with high net energy ratio.

Keywords: *Jatropha curcas L.*, biofuels, biodiesel, energy and carbon storage, intermittent renewable energy, decarbonization.

I. INTRODUÇÃO

O alinhamento aos ODS e à Agenda 2030, aliado aos desafios próprios de Cabo Verde, como a alta dependência da sua economia dos combustíveis fósseis, conjugado com a abundância de energias renováveis, torna-se um desafio particular para Cabo Verde. Resulta, deste fato, o compromisso diante da comunidade internacional em reduzir emissões anuais de dióxido de carbono e a prioridade no uso de fontes renováveis de energia (Government of Cabo Verde, n.d.)

Composto por 10 ilhas vulcânicas, Cabo Verde é um arquipélago localizado a cerca de 450 km da costa ocidental da África, ao largo do Senegal, entre as latitudes 14º 23' e 17º 12' a norte do equador e as longitudes 22º 40' e 25º 22' a oeste do meridiano principal. Ocupa uma superfície emersa de 4033 km^2 e uma zona económica exclusiva que ultrapassa os 734.000 km^2.

Estima-se que para um esforço de plantio de 400 árvores por hectare, se 20.000 hectares forem plantados com sucesso, gerar-se-ia um ganho de sequestro de longo prazo de 360 tCO2eq por hectare sequestrado após 30 anos, correspondendo a 7,2 tCO_2eq após 30 anos. (Government of Cabo Verde, n.d.).

A maioria das ilhas é de alto índice de aridez e submetida a um *stress* hídrico permanente e apresenta importantes áreas de difícil aproveitamento agrícola. Por outro lado, o país é dependente da importação de combustíveis fósseis já processados para atender à mobilidade urbanas e interilhas e às usinas termelétricas e de dessalinização (Tabela I.1).

Tabela I.1 Consumo interno de combustíveis (t)

	2013	2014	2015	2016	2017
Butano	10 994	11 191	11 640	12 225	12 679
Gasolina	7 022	7 356	7 765	8 521	9 115
JET A1	17 587	15 030	13 933	12 645	11 212
Petróleo	487	454	371	347	336
Gasóleo	69 211	67 722	66 439	75 812	79 105
Fuel óleo	56 309	57 899	60 514	65 126	70 062

Fonte: elaborado com dados de DNICE

A produção de biodiesel pode ser uma solução para substituição do *diesel* (Gasóleo) importado, levando a uma substancial economia de divisas, gerando emprego e renda, revalorizando áreas inservíveis para agricultura e ampliando a contribuição de energias renováveis, de que as ilhas são tão bem-dotadas. Oportunamente, a Jatropha, matéria-prima consagrada para produção de biodiesel, é uma planta muito resistente à falta de água, bem-adaptada às condições climáticas de Cabo Verde onde sua semente já foi, nos séculos passados, um produto de exportação para a indústria da saboaria e óleo de iluminação.

O cultivo da Jatropha pode ser feito em solos marginais, inservíveis para produção agrícola, não concorrendo diretamente com a produção de alimentos, e podendo constituir um instrumento de valorização de áreas degradadas que podem ser transformadas em uma fonte de renda alternativa para a população rural. Seu cultivo em consórcio valoriza o conceito produtivo de alimento-energia, favorecendo o aumento da resiliência dos ecossistemas produtivos. Trata-se de uma planta adequada para o consórcio alimento-energia. A produtividade varia entre 1.200 kg/ha e 6.000 kg/ha, dependendo da fertilidade do solo e da precipitação. Suas sementes possuem cerca de 32 a 40% de casca e de 55 a 66% de amêndoa, sendo que o teor de óleo varia entre 35 a 40% nas sementes e de 50 a 60% de óleo nas amêndoas (Saturnino *et al.*, 2005). Produz em altitudes até 1.000 m e temperaturas entre 18 a 28,5°C, com precipitação média anual variando entre 480 e 2.380 mm. Sobrevive até 200 mm de chuvas anuais e suporta até três anos de secas consecutivas. A torta, resíduo que sobra da prensagem, embora rica em proteínas, para ser utilizada para alimentação animal deverá ser submetida à desintoxicação, por meio de um tratamento especial. No entanto, variedades que produzem tortas comestíveis já estão sendo desenvolvidas (Drumond, 2008) citado por Vianna *et al.* (2012). A infraestrutura para fabricação do biodiesel de Purgueira pode ser usada para outros óleos vegetais e resíduos com o sebo bovino e o óleo de fritura usado.

Paralelamente, foi considerada a aderência da produção de biomassa aos objetivos do *Nationally Determined Contributions* (NDC), apresentado por Cabo Verde na COP 21 de Paris. Neste documento o país se compromete, incondicionalmente e pelo esforço próprio, em fazer florestação (ou reflorestação) numa extensão de 10.000 ha e, dependendo do apoio internacional, atingir 20.000 ha, até 2030. O plantio da Jatropha, com seu potencial para o aproveitamento áreas inutilizadas e de sequestro de carbono, pode colaborar com outros setores, além do energético, para concretizar o NDC. No limite, pode ser uma real possibilidade de envolvimento da agricultura familiar e das empresas locais no setor energético.

Para a garantia da segurança energética, a insuficiência de fontes que garantem uma potência permanente, como a geotérmica - existem apenas na ilha do Fogo - uso de resíduos sólidos urbanos e a possibilidade de exploração de Centrais hídricas reversíveis – viáveis apenas nas ilhas de Santiago e São Vicente (Gesto, 2011) obrigam ao uso de infraestruturas existentes de produção a diesel num futuro longínquo e sem limites temporais previsíveis. Deste modo, o aproveitamento da oportunidade de produção do biodiesel a partir da Jatropha, como alternativa ao diesel importado para essas infraestruturas é um imperativo. Por outro lado, o estoque de energia através da dessalinização equivale a uma carga controlável que permite otimizar o custo

de produção de eletricidade, conduzindo os grupos eletrogénios a produzir no ponto de carga mais favorável, em função da disponibilidade de fontes renováveis.

Pelo alinhamento às dimensões da sustentabilidade ambiental, económica, social e institucional, é indispensável que a sociedade e o governo discutam o papel do biodiesel na independência energética de Cabo Verde, na economia de divisas, na inclusão social, nos compromissos internacionais para frear o aquecimento global e quais medidas serão necessárias para criar uma cadeia produtiva moderna e competitiva. Esta pesquisa pretende contribuir para esta discussão.

Esta tese compreende pesquisas no sentido do enquadramento no âmbito da estratégia de participação das Universidades da REALP nos projetos destinados ao cumprimento dos Compromissos Voluntários - NDC- assumidos pelos países com a ONU, referentes aos objetivos do Acordo de Paris da COP 21. Os resultados podem impactar, diretamente, os ODS relativos, respetivamente, a 1 - "Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares", 2 - "Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável", 6 - "Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos", 7 - "Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos", 8 - "Promover o crescimento económico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos", 9 - "Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação", 10 - "Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles", 11 - "Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis", 12 - "Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis", 13 - "Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos" e 15 - "Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade".

Ante a situação de grande dependência da economia nacional à importação de combustíveis fósseis, a abundância de energias renováveis intermitentes endógenas e aos compromissos assumidos, perante a comunidade internacional através do NDC face aos ODS e à Agenda 2030, a reintrodução da Jatropha e do biodiesel derivado neste contexto, impõe-se à agenda de análises.

1. Pergunta de pesquisa

Pelo alinhamento às dimensões da sustentabilidade, ambiental, económica, social e institucional, qual é o potencial da Jatropha em Cabo Verde na almejada independência

energética e descarbonização económica, na produção agrícola cabo-verdiana, na indústria e na sociedade?

A hipótese de suporte é que, uma vez que no passado a Jatropha teve uma implantação bem-sucedida em Cabo Verde, no contexto atual, em que se pode ultrapassar a limitação da escassez da água, fazendo uso de energias renováveis, e no quadro de um Estado soberano, maior seria o impacto sobre a economia nacional resultante de uma reintrodução da Jatropha com irrigação e transformação de seus frutos em biodiesel.

2. Objetivo geral

O principal objetivo desta tese é contribuir com subsídios que possam diminuir, ao máximo, a dependência da economia Cabo-verdiana dos combustíveis fósseis – Descarbonização da Economia Cabo-verdiana.

Para o efeito procurou-se avaliar o potencial, limites e riscos da produção de biodiesel em Cabo Verde, a partir da Jatropha.

1.1. Objetivos específicos

A prossecução do objetivo principal é detalhada em 4 objetivos específicos:

1 - Considerando a dimensão territorial de Cabo Verde e a relação do cabo-verdiano com a terra, nos seus quinhentos anos de história, ver como essa relação tem determinado a estrutura agroeconómica e da própria cultura cabo-verdiana.

2 - Inserido no objetivo geral da descarbonização da economia de Cabo Verde, avaliar especificamente qual o potencial da produção da Jatropha em Cabo Verde, no atual contexto energético, tecnológico, ambiental e socioeconómico.

3 - Analisar os impactos que a produção de biodiesel poderá causar sobre a economia, na matriz energética, sobre o meio ambiente e sobre a estrutura organizacional da agricultura de Cabo Verde.

4 - Fazer o balanço energético e de carbono resultante da produção de biodiesel a partir da cultura da Jatropha no território nacional, como estoque de energias renováveis despacháveis e, ao mesmo tempo, a de gases de efeito de estufa (GEE).

3. Originalidade e aplicabilidade da pesquisa

Até hoje, a produção da purgueira em Cabo Verde, teve como base o aproveitamento das condições edafoclimáticas e das oportunidades de negócios advenientes para a sua exploração. Assim, foi necessário apenas identificar a disponibilidade de solos para o plantio e esperar pela disponibilidade natural das chuvas. A novidade deste estudo é que, além do

aproveitamento das condições edafoclimáticas existentes, com pluviometria escassa e aleatória, parte-se da abundância de recursos energéticos renováveis, não diretamente aproveitáveis pelo sistema energético existente e de uma também limitada capacidade de estocagem através de tecnologias clássicas sob forma de energia, utilizar essa energia para a mobilização de água e sua estocagem para o cultivo da Jatropha, visando produção da bioenergia, num novo paradigma de integração intersetorial: energética, agrícola e mobilidade. A produção do biodiesel constitui uma longa cadeia, atravessando a energética, a agrícola e a indústria de transformação do óleo em biodiesel, com potencial para uso de *know how* endógeno e com uso de importação tecnológica de baixa intensidade, apenas na última cadeia do ciclo de produção do biodiesel.

II. METODOLOGIA

Nesta pesquisa faz-se uma abordagem em que o *nexus* entre a segurança energética, alimentar e hídrica é o eixo de orientação das análises onde a pesquisa bibliográfico-documental e exploratória em que se faz o levantamento de dados resultantes de publicações sobre as caraterísticas edafoclimáticas do arquipélago e os terrenos aproveitáveis para a produção da Jatropha (*Jatropha curcas L.*) bem como as respetivas dimensões e a avaliação do potencial de produção em função da disponibilidade dos recursos hídricos bem como a avaliação dos impactos da produção sobre o sistema energético nacional. Dada a natureza do trabalho, utiliza-se o método de análise quantitativo e qualitativo, abordando o espaço territorial de cabo Verde como espaço unitário contínuo na medida em que esta pesquisa se posiciona no campo da Gestão e Política Ambiental, com suporte na estratégia epistemológica da interdisciplinaridade, conforme Duarte *et al* (2011). Assim, recorre a dados e informações da área da energia, agronomia, meteorologia, e tecnologia da transformação de oleos vegetais em biodiesel, sempre na perspetiva de procura de uma abrangência intersetorial, num nível estratégico e não operacional, sem esmiuçar as diferenciações de cada ilha ou região em especial. Os capítulos IV, V, VI e VII tratarão autonomamente os respetivos métodos.

A tese está estruturada por uma parte introdutória e um referencial teórico geral, que abrange os quatro artigos científicos os quais correspondem aos capítulos IV, V, VI e VII, alinhados aos objetivos específicos, e termina com considerações finais – capítulo VIII, também geral, integrando as conclusões dos quatro artigos científicos, e uma referência bibliográfica geral – capítulo IX. Os artigos científicos deverão ser publicados autonomamente, mas constituindo um corpo único desta tese, intitulada Descarbonização da Economia Cabo-verdiana, com títulos particulares para cada artigo, nomeadamente, “Roteiro Fundiário e de Política Agrícola Para Produção Sustentável de Biodiesel” , “Análise da Pertinência da Jatropha no Cenário de transição de Cabo Verde para uma Economia Descarbonizada”, “Impactos do Biodiesel Sobre a Economia, Matriz Energética, Meio Ambiente e Agricultura em Cabo Verde” e “Balanço de carbono e energia na cadeia produtiva do Biodiesel da Jatropha em Cabo Verde”. A tese tem, ainda, uma introdução geral, um referencial teórico geral, uma consideração final e uma referência bibliográfica, referente à tese no seu todo.

III. REFERENCIAL TEORICO

Numa análise global, Bermann (2008) afirma que o principal desafio que a atual crise energética e ambiental coloca é uma redefinição do padrão de produção e de consumo do mundo atual. Aponta ainda a impossibilidade de uma substituição plena de combustíveis fósseis pelo biocombustível. Para este autor o biodiesel apresenta a vantagem de reduzir as emissões (40 a 60%) porque uma boa parte do gás carbónico emitido na queima do combustível é absorvida durante o crescimento da cultura da matéria-prima. Entretanto o biodiesel aumenta as emissões de nitrogénio, quando usado em motores de combustão interna que vai resultar na produção de oxidantes fotoquímicos.

A energia que menos polui, e é mais barata, é aquela que deixa de ser produzida graças à adoção de um perfil mais sóbrio da demanda energética e maior eficiência no uso final (Sachs, 2007). Esta observação coloca em evidência a necessidade de considerar a eficiência energética em todas as propostas de uso de qualquer forma de energia seja qual for sua origem.

Existem algumas experiências de outros países, entre os quais Índia, Moçambique e Brasil, países com situações diferenciadas e distribuídos por três continentes, mas todos com mais experiências sobre a Jatropha (*Jatropha curcas L.*), no cômputo geral, e que servem para uma comparação situacional com Cabo Verde. Apesar das diferenças, estas podem ajudar a desvendar padrões na mesma medida que as semelhanças.

Índia

Índia é o 5º maior consumidor de energia primária e 4º maior consumidor de petróleo no mundo. A importação do óleo crude aumentou, entre 1998 a 2012/2013, de 39.8 milhões para 181.8 de toneladas, correspondentes a uma despesa de 144.3 bilhões de dólares em 2012/2013 (Wani *et al*., 2016). Segundo o mesmo autor, com base em experimentos de campo, o balanço hídrico e o potencial de produção foram estimados para bacias hidrográficas, à escala regional, e usando modelos de simulação, 26 milhões de hectares de terra degradada (30% do total) têm potencial de produzir cerca de 30 milhões de toneladas de sementes de Jatropha a cada ano, em média. O estudo concluiu ainda que a Jatropha é uma cultura tolerante à seca, mas não uma cultura que requer menos água para alcançar uma produção económica direcionada. No entanto, a Jatropha demonstrou um bom potencial para reabilitar terrenos baldios degradados, utilizando água verde[2] eficazmente e aumentando o sequestro de carbono.

[2] Água da chuva armazenada em forma de umidade do solo que são renovadas através de precipitações.

O governo Indiano vem tornando pública, desde a primeira década de 2000, sua política de promoção de um desenvolvimento acelerado, o cultivo, produção e uso de biocombustíveis para substituir cada vez mais gasolina e *diesel* para uso no transporte, em aplicações fixas e outras. Contribuindo deste modo para a segurança energética, mitigação das mudanças climáticas, além de criar novas oportunidades de emprego e desenvolvimento ambientalmente sustentável (Government of Índia, 2009). O objetivo da política é garantir que um nível mínimo de biocombustíveis esteja prontamente disponível no mercado para atender à demanda em qualquer momento. Uma meta indicativa de 20% de mistura de biocombustíveis, tanto para biodiesel quanto para bioetanol, até 2017 é proposta. Os níveis de mistura prescritos em relação ao biodiesel devem ser recomendáveis no curto prazo. O nível de mistura do bioetanol já se tornou obrigatório, com vigência a partir de outubro de 2008, e continuará a ser obrigatório, levando à meta indicativa.

Moçambique

Alves (2014) efetuou um estudo sobre biodiesel em Moçambique, motivado pelo crescente interesse de investidores estrangeiros na produção de biocombustíveis, resultando num investimento neste país que o torna num dos países que mais tem recebido investimentos estrangeiros. O objetivo do estudo foi a realização de uma análise integrada, no quadro da Política e Estratégia de Biocombustíveis de 2009, da República de Moçambique, nas dimensões Ambiental, Social, Alimentar, Energética, Hídrica e da Biodiversidade. O autor afirma que as dimensões Segurança Alimentar e Energética, ao lado da Inclusão Social, representam as maiores oportunidades para os biocombustíveis, particularmente o biodiesel. Por outro lado, observa que há ameaças relacionadas com a associação da produção do biodiesel e o potencial conflito de terras, falta de infraestruturas, crise financeira nos países de origem do capital, pesquisas insuficientes e nenhuma diversificação da matéria-prima. Ribeiro & Matavel, (2009), partindo da análise da alta capacidade de produção da Jatropha em solos pobres, das suas baixas exigência de água e baixo nível de cuidados bem como resistência a doenças e pestes, os riscos para a soberania alimentar juntamente com o desenvolvimento da oportunidade de subsistência dos agricultores, conclui que a Jatropha em Moçambique não atendeu a nenhuma das expectativas criadas, e está em alto risco de piorar os meios de subsistência e a soberania alimentar nas áreas rurais.

Os argumentos dominantes sobre a Jatropha como uma cultura de biocombustível segura para a segurança alimentar, uma fonte de renda agrícola adicional para os agricultores rurais e um potencial impulsionador do desenvolvimento rural, foram considerados

desinformação ou informações incompletas quando comparados com evidências dos desenvolvimentos atuais da Jatropha em Moçambique. Num trabalho de investigação, Gagnaux (2009) identificou pragas que causam danos à cultura da Jatropha, durante a fase vegetativa. As principais pragas identificadas foram, por ordem de importância, o Besouro da folha (*Aphthona dilutipes Jacoby*), a Lagarta Verde Mineira (*Stomphastis thraustica*), duas espécies de gafanhotos macaco (*Lophothericles sp. e Pieltainidia sp*.) e estirpes não identificados. Segundo este autor, pelo menos oito das espécies encontradas não tinham sido reportadas em Moçambique e não eram combatidas pela maioria dos agricultores. Por este motivo, o autor recomenda a condução de estudos mais aprofundados do problema e medidas práticas a adotar pelos agricultores.

Brasil

O governo Brasileiro; através da Instrução Normativa nº4 de 23 de janeiro de 2004, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; autorizou a inscrição de Cultivares da espécie Jatropha no Registo Nacional Brasileiro. Considera, todavia, que não existem relatos de experimentos com validade científica de longa duração, no Brasil e no mundo, que informem sobre a sua produtividade em condições de campo. Faz menção de que não existe uma domesticação total da Jatropha e nem um programa de melhoramento genético bem estabelecido, no mundo. Refere à não existência de um sistema de produção de campo minimamente validado e que existem observações preliminares, em diversas regiões do Brasil, de muitos ataques de pragas nas lavouras desta planta. Segundo o mesmo, não existem dados de viabilidade técnico-económica desta cultura nem de informações técnicas que permitam o estabelecimento dos padrões mínimos necessários para produção e comercialização de sementes ou de mudas.

A Embrapa Agroenergia iniciou o projeto de pesquisa, desenvolvimento e inovação para produção de biodiesel denominado BRJATROPHA, a partir da Jatropha, e o CNPq contribui com as pesquisas desde 2013 e terminou em 2016 (Almeida *et al.*, 2017). Ainda este mesmo autor realça que a principal barreira do avanço da Jatropha é o interesse privado devido à ausência de vantagens fiscais e/ou leis que indicassem a proibição do uso de alimentos, salientando a soja, na produção de biocombustíveis. Faltas de incentivos, de treinamento e de fortes mecanismos de política constituem fraquezas da Política Brasileira do Biodiesel perante a situação de a soja ser a matéria-prima dominante, representando quase dois terços do total nacional, além de se concentrar a sua produção na região centro-oeste do país, uma participação

marginal no ciclo produtivo (produção de grãos apenas), o que representa uma ameaça à sustentabilidade da produção nacional do biodiesel (Garcez & Vianna, 2009).

Dos três países, até aqui analisados (Índia, Moçambique e Brasil), a Índia apresenta uma maior ambição, aposta e engajamento do seu governo e tem na população rural agrícola o seu principal agente. Moçambique, apesar de também apresentar uma aposta do governo no desenvolvimento da Jatropha, o protagonismo pertence aos investidores externos e às grandes empresas, e denota uma concorrência da produção da Jatropha à agricultura alimentar de subsistência. Enquanto o Brasil se encontra na dependência do interesse privado que conta com a facilidade da exploração da soja que tem uma elevada cota de produção no mercado de produção do biodiesel, dificultando a entrada da Jatropha e o interesse no desenvolvimento deste segmento.

Cabo Verde

Correia (2009), na sua dissertação de mestrado, descreve a purgueira como uma planta perene, resistente à seca, adaptável a qualquer tipo de terreno até 800 m de altitude, que propicia a resistência à erosão hídrica e eólica, de fácil propagação, que propicia a recuperação de solos degradados, resistente às pragas e doenças, compatível com a cultura tradicional de feijões e milho, utilizada na medicina tradicional, tolerante a água salobra, não ser invasora, que deriva matéria-prima para produção do biodiesel, utilizável como adubo, que produz óleo suscetível de uso em inseticidas, além de constituir uma fonte de rendimento para agricultores. Segundo a mesmo autor, em Santiago, apesar das reduzidas dimensões do território, são conhecidos diversos ecótipos de purgueiras diferentes. Estes ecótipos estão bem-adaptados às condições agroecológicas. Contudo, será preciso fazer uma seleção e melhoramento, bem como outros estudos, com vista a renovação e expansão da cultura.

Quanto às potenciais zonas de cultivo, Furtado, (1989) indica zona de vocação agrícola marginal em Santiago, Santo Antão e Fogo, com uma área de 12.530 ha; zona de vocação agro-silvo-pastoril em Santiago, Santo Antão, Fogo e Maio, com uma extensão de 15.865 ha; zona silvo-pastoril em Santiago, Fogo, São Nicolau e Maio, de 39.560 ha e zona pastoril extensiva de 20.000 ha, em Santo Antão, São Nicolau, Fogo e Brava. Wiesenhütter (2003) considera uma produção média de 1,5 toneladas por hectare, Cabo Verde pode produzir 120.000 toneladas de sementes por ano dos quais derivam 36.000 toneladas em óleo e 32.400 toneladas de biodiesel mais 3600 toneladas de glicerina. Avalia, para Jatropha, uma capacidade de sequestro de 8 kg de carbono por planta.

Cabo Verde, como território arquipelágico insular, apresenta grandes constrangimentos no aproveitamento, em grande escala, do seu potencial em recursos energéticos renováveis, devido ao caráter intermitente destes seus principais recursos. A literatura, a esse respeito, apresenta algumas propostas de solução segundo o esquema da Figura III.1.

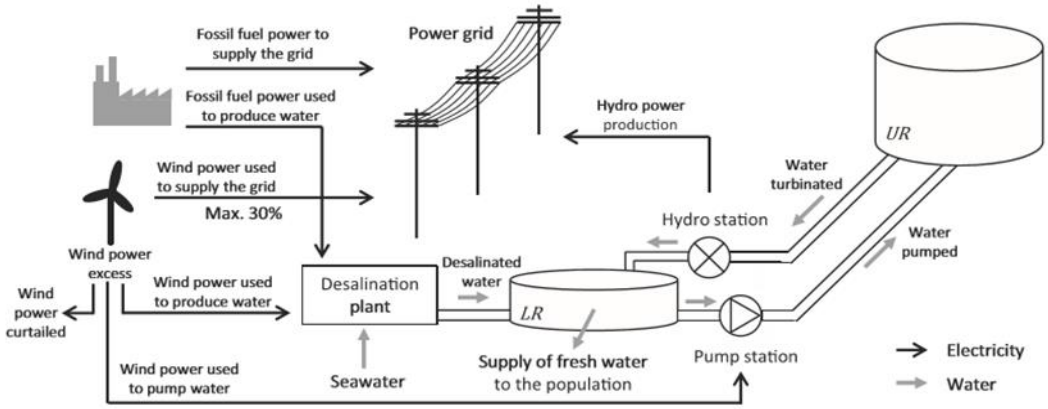

Figura III.1. Esquema de integração da produção eólica com armazenamento hídrico com bombagem em sistemas energéticos.

Fonte: (Segurado *et al.*, 2016)

Num processo semelhante ao esquema da Figura III.1, as energias renováveis podem ser uma fonte segura de energia e água, em especial para instalações governamentais (Fonseca, 2010).

Existe no país um número considerável de estações de tratamento de águas residuais e que apresentam um potencial adicional para o aproveitamento da energia eólica descartada, usando-a na bombagem para reservatórios elevados em locais estratégicos, para irrigação do cultivo da purgueira e consequente aumento da sua produtividade, com o objetivo de trazer valor acrescentado tanto para o sistema energético nacional, pela produção do biodiesel, como para a captura de carbono, pelo seu armazenamento na biomassa e aproveitamento de solos não aráveis, melhorando-os. Deste modo, fecha-se um círculo virtuoso pela conexão do reaproveitamento de águas residuais e pela recuperação de energia nela contida pelo consumo da energia renovável rejeitada e ativação da energia potencial na água e sua transformação em biomassa e biodiesel.

Akhil *et al.* (2015) apontam diversas propostas de tecnologias de armazenamento de eletricidade. Entretanto, estas tecnologias não valorizam os investimentos já feitos nos geradores a *diesel* os quais são tecnologias com alguma maturidade em relação à sua exploração e controlabilidade nos sistemas elétricos. Deste ponto de vista, a produção da purgueira

representa uma forma de armazenamento de energia não sob a forma de eletricidade, mas sim bioenergia.

Biodiesel é um combustível renovável, biodegradável e ambientalmente correto, constituído de uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, obtidos da reação de transesterificação de triglicerídeo com álcool de cadeia curta, metanol ou etanol, respetivamente. Na Europa, este combustível encontra-se normalizado pelas normas DIN 14214, enquanto nos Estados Unidos da América pelas Normas ASTM D-6751 em que são definidas as propriedades e caraterísticas como: Ponto de fulgor, teor de água, cinzas, teor de enxofre, corrosividade, número de cetano, ponto de névoa, resíduo de carbono, número de acidez, teor de glicerina total, teor de glicerina livre e temperatura de destilação para 90% de recuperação. Tem como matéria-prima: óleos vegetais, gorduras de animais e ainda óleos e gorduras residuais. Como os óleos vegetais e as gorduras de animais não possuem enxofre, o biodiesel é completamente isento desse elemento. Sendo uma mistura de ésteres de ácidos carboxílicos, torna solúvel um grupo muito grande de substâncias orgânicas, incluindo-se as resinas que compõem as tintas. As propriedades fluidodinâmicas do biodiesel são semelhantes às do óleo mineral, nomeadamente a viscosidade e densidade, a lubricidade, ponto de fulgor, poder calorífico e índice de cetano (este último mais favorável para o biodiesel) (Parente, 2003). Este autor elenca, pelo menos, cinco vantagens do óleo *diesel* sobre o óleo *diesel* do petróleo, como a ausência de enxofre, a biodegradabilidade, a não corrosibilidade, renovável e neutralidade em emissão de gases de efeito de estufa. Pode, ainda, ser opção as misturas biodiesel/diesel mineral, com designação de ecodiesel BXX (B10, B20, B50, B100, por exemplo).

Dadas as semelhanças fluidodinâmicas e termodinâmicas entre o *diesel* e o biodiesel, os desempenhos e os consumos são praticamente equivalentes, não exigindo nenhuma modificação dos motores para funcionar regularmente com um ou outro combustível. Por outro lado, torna-se vantajosa as misturas de biodiesel com *diesel* mineral, que pode ser em qualquer proporção. No que respeita ao desempenho, Parente (2003) recorre aos dados de 2006 do Ministério de Ciências e Tecnologia, segundo os quais, a substituição pelo óleo cru vegetal pode trazer alguns problemas aos motores pelo que indica mudanças no motor ou o processo de transesterificação do óleo como solução para o problema, aproveitando a glicerina resultante para indústria química.

Semedo, (2011) estudou as sementes de Jatropha das ilhas de Santiago e do Fogo de Cabo Verde, para a produção do biodiesel. Segundo este autor, na extração do óleo das sementes com solvente, obteve 53,7% para as sementes de Santiago e, para as sementes da ilha

do Fogo – 46,6%. Reporta que todas as amostras revelaram um valor de iodo inferior ao limite máximo especificado para o biodiesel (120 g I2/100 g). Aponta para a sua estabilidade do óleo e descreve seu caráter oleicolinoleico, índice de acidez mais elevado para a mostras da ilha do Fogo do que para as da ilha de Santiago e para o cumprimento da norma EN 14214, nomeadamente nos teores de mono, di e triglicerídeos, de glicerol livre, de metanol e de água, assim como o ponto de inflamação. Segundo o mesmo resultado, a transesterificação enzimática dos óleos de variedades cabo-verdianas de Jatropha, utilizando a lipase comercial, Lipozyme TL IM, mostrou ser uma alternativa para a produção de biodiesel e reforça que a baixa temperatura de reação exigida, possibilidade de uso de diminuta quantidade de catalisador e a reutilização de lipase, sem que o teor de ésteres metílicos se degrade substancialmente podem permitir a redução do preço do produto final, fazendo que a produção do biodiesel deste modo seja competitiva com outros processos.

IV. ROTEIRO FUNDIÁRIO E DE POLÍTICA AGRÍCOLA PARA PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE BIODIESEL

Manuel Robalo Évora[1], António José Medina dos Santos Baptista[2], João Nildo de Souza Vianna[3],

[1]Doutorando em Gestão e Políticas Ambientais, Universidade de Cabo Verde e REALP
[2]Professor Doutor, Escola de Negócios e Gestão da Universidade de Cabo Verde
[3]Professor PhD, Centro do Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília

RESUMO

O Desenvolvimento alavancado pela revolução industrial dos últimos séculos suportou o crescimento demográfico e, ao mesmo tempo, a sobre-exploração das florestas e sua destruição. O desmatamento para produção agrícola que sustente a população mundial, sempre crescente, tem acompanhado este processo, resultando na degradação ambiental. Contrariar essa tendência é um objetivo atual, e uma redefinição de políticas para o setor agrário e agrícola torna-se um imperativo mundial, e de Cabo Verde em particular. Neste trabalho procura-se encontrar as melhores vias para a cobertura vegetal das áreas ressequidas de Cabo Verde, procurando contornos fundiários ligados às políticas agrícolas e que determinam o pretenso sucesso da descarbonização da economia. A análise historiográfica da estrutura agrária, que se compôs desde a sua descoberta até a atualidade, e a política agrária associada se juntam a análise aos documentos de políticas mais recentes para vislumbrar uma solução viável, visando uma pretendida economia descarbonizada em Cabo verde. Com base em fontes históricas, estudos de documentos oficiais de estratégias políticas e de planeamento económicos existentes, orientando-se no sentido de que são ultrapassáveis as restrições hídricas naturais e que se pode melhorar o aproveitamento dos exíguos solos aráveis em Cabo Verde, colocam-se questões relacionadas com a gestão de solos e de políticas agrícolas. Concomitantemente, avaliou-se a sustentabilidade da reintrodução da Jatropha (*Jatropha curcas L.*) e a produção do biodiesel no país. Um fator de suporte ao combate às mudanças climáticas, degradação ambiental, garantia da sustentabilidade económica, social e ambiental do território é valorização dos recursos naturais endógenos. A estrutura fundiária e a política agrícola são partes determinantes do sucesso da produção da Jatropha e do biodiesel.

Palavras chaves: Jatropha, biodiesel, política agrária, política agrícola.

ABSTRACT

Development leveraged by the industrial revolution of the last centuries has simultaneously supported population growth, and over-exploitation of forests and their destruction. Deforestation for agricultural production to support the ever-increasing world population has accompanied this process, resulting in environmental degradation. Contradicting this trend is a current objective, and a redefinition of policies for the agrarian and agricultural sector becomes an imperative worldwide and in Cabo Verde particularly. In this paper we seek to find the best ways for the vegetation cover of the parched areas of Cabo Verde, looking for land contours linked to agricultural policies and that determine the alleged success of the decarbonization of the economy. The historiographical analysis of the agrarian structure, which was composed since its discovery until today, and the associated agrarian policy are joined with the analysis of the most recent policy documents to envision a viable solution, aiming for an intended decarbonized economy in Cabo Verde. Based on historical sources, studies of official documents of existing political strategies and economic planning oriented in the sense that natural water restrictions are surmountable and that it is possible to improve the use of the scarce arable land in Cabo Verde, questions related to land management and agricultural policies are raised. Concomitantly, we assessed the sustainability of the reintroduction of Jatropha (*Jatropha curcas L.*) and production of biodiesel in the country. Valorization of endogenous natural resources constitutes a supporting factor in combating climate change, environmental degradation, ensuring the economic, social and environmental sustainability of the territory. Land structure and agricultural policy are determinant parts of the success of Jatropha and biodiesel production.

Key words: Jatropha, biodiesel, agrarian policy, agricultural policy.

1. INTRODUÇÃO

Em diferentes regiões climáticas do mundo se enfrentam dilemas na escolha do tipo e quantidade de oleaginosa que melhor responde ao equilíbrio entre a produção de energia e de alimentos e ao equilíbrio ecológico. Nas regiões áridas e de poucos recursos em termos pedolíticos, os desafios podem ser ainda maiores.

Cabo Verde é um território em que predomina um clima árido e semiárido, com um uma porção de terra arável de 10% do seu território. E, segundo reza a história, esse fato constituiu uma das barreiras ao seu povoamento. Uma vez enfrentados e vencidos os constrangimentos à sua ocupação, a prática da agricultura e pecuária foi sempre direcionada para sustentação do mercado externo de tráfego de escravos. Descartada a possibilidade de autossuficiência, o território tem servido como um espaço de economia de tráfego e de escalas marítimas, e nunca um território de destino. O território de Cabo Verde contou sempre histórias de secas, fomes e pobreza (Gonçalves, 2013). Com independência, em 1975, um Estado independente e o território são assumidos como um espaço de partidas/chegadas, com obrigação de construir um ambiente político, social e económico autónomos e o desafio de driblar a sua aridez, insularidade, carência de combustíveis fósseis e sua exiguidade territorial. O país depende da importação de derivados do petróleo, já processados, para geração de eletricidade e sua mobilidade, terrestre e interilhas. Esta estrutura coloca Cabo Verde refém da geopolítica do petróleo e é um portal para comprometer a sua segurança energética. Os biocombustíveis podem ser uma opção para compor uma oferta de energias renováveis, para superar essas dificuldades. É neste contesto que se insere este artigo.

Com base em fontes históricas, (Carreira, 1977; de Borba & dos Anjos, 2012; Ferreira, 2015; Pereira, 2010; Santos *et al.*, 2007), estudos de documentos oficiais de estratégias políticas e de planeamento económicos existentes (Governo de Cabo Verde, 2016a; Governo de Cabo Verde, 2016b; MAHOT, 2014; Ministério das Infraestruturas Ordenamento do Território e Habitação (MIOTH), 2019; Ramos, 2013), orientados no sentido do combate à seca, à pobreza e à exiguidade de solos aráveis em Cabo Verde, coloca-se agora questões relacionadas com a gestão de solos e de políticas agrícolas e como poderão determinar a sustentabilidade da reintrodução da exploração comercial da Jatropha (*Jatropha curcas L.*) e produção do biodiesel no país. Ao mesmo tempo, a gestão de solos e políticas agrícolas tornam-se um fator de suporte ao combate às mudanças climáticas, degradação ambiental, garantia de sustentabilidades económica, social e ambiental do território, através da valorização dos recursos naturais endógenos.

Considerando a dimensão territorial de Cabo Verde e a relação do cabo-verdiano com a terra, nos seus quinhentos anos de história, será de importância ver como essa relação tem determinado a estrutura agroeconómica e da própria cultura cabo-verdiana. Neste sentido, propõe-se explorar a questão fundiária e a forma como ela determinou o tipo de agricultura que vem sendo praticado em Cabo Verde e como isto tem condicionado a política agrícola do país e, por consequência, como isto poderá condicionar a reintrodução da cultura da Jatropha num contexto novo, um país independente e uma nação autónoma, em que os agricultores podem e devem ser um agente na definição de políticas públicas, e não apenas um alvo passivo.

A questão para a qual se procura resposta é: se forem garantidas outras condições, nomeadamente a suficiência hídrica, será a atual situação agrária e de políticas agrícolas favoráveis para a realização do propósito de produção do biodiesel da Jatropha em Cabo Verde?

A hipótese adiantada é que o sistema agrário vigente e as políticas agrícolas atuais precisarão ser adaptados ao objetivo de se produzir biodiesel a partir da Jatropha.

2. METODOLOGIA

Adotou-se a pesquisa bibliográfica e exploratória, dada a natureza da matéria em estudo, em que a experiência existente no passado não foi alvo de um apurado estudo científico, pelo menos do domínio público, senão alguns de caráter narrativo/descritivo. Pelo facto de se estar perante algo que se propõe para futuro, o método exploratório serve como um complemento ao bibliográfico, havendo documentos de política e estratégias que concorrem para os objetivos propostos neste estudo.

Este estudo abrange o território nacional cabo-verdiano. Nesta fase acredita-se que esta abordagem é a mais indicada, já que se trata de um primeiro passo no sentido da avaliação da reintrodução da Jatropha (*Jatropha curcas L.*), num pressuposto de que é possível construir um ambiente que propicia a sua sustentabilidade a partir de sua conexão ao setor energético e agrícola.

A análise sobre a estrutura agrária na colónia e Estado de Cabo Verde abrange desde a descoberta até a vigência do Estado. Já a *praxis* e as políticas agrícolas, particularmente reportando a produção de sementes da Jatropha, apenas se suportam sobre dados a partir do século XVIII ao século XX. Destas fontes, para o Estado de Cabo Verde, destacam-se os documentos de políticas dos Governos de Cabo Verde, como os Planos de Desenvolvimento, os Programas de Governo e as Estratégias anunciados para os diversos setores da governação. A partir dessas fontes procura-se avaliar os constrangimentos e os conflitos existentes a serem

identificados e resolvidos, respetivamente, na esfera agrária. Nas Políticas Públicas do setor agrícola, avaliam-se as abordagens que favorecem este setor e na produção da matéria-prima para produção do biodiesel, seguindo os alinhamentos aos objetivos do Desenvolvimento Sustentáveis, no contexto atual.

3. REFERENCIAL HISTÓRICO FUNDIÁRIA E AGRICOLA

No âmbito deste artigo, toma-se o conceito de políticas públicas, agrária e agrícolas, na perspetiva de buscar sanar conflitos e estabilizar a sociedade pela ação da autoridade; como processo de construção de uma ordem que permita a pacificação e convivência entre pessoas diferentes, com interesses particulares e que buscam a felicidade para si, condição que seria assegurada pela ação política do Estado (Dias & Matos, 2012).

O balizamento conceitual colocado torna a aplicação da política agrária e agrícola de Cabo Verde, anterior à independência, um anacronismo. Os diversos pressupostos do conceito de políticas públicas não são aplicáveis a Cabo Verde, antes de se constituir como estado independente, em 1975. É evidente que nos dois períodos que antecedem o Estado de Cabo Verde (escravocrata e colonial) não existiu uma ordem que primasse pela pacificação e boa convivência entre pessoas diferentes nem a defesa de interesses antagónicos dos sujeitos em presença e, muito menos, a busca de sanidade das relações de estabilidade social, num contexto de existência de domínio de um grupo social minoritário, mas poderoso, sobre outro maioritário e frágil. Destarte, as referências às estruturas agrárias e práticas agrícolas do período escravocrata e colonial de Cabo Verde não se enquadram em políticas públicas, mas antes, a vigência de ações que, entretanto, determinaram de diversas maneiras as políticas públicas do Estado de Cabo Verde.

3.1. Percurso Histórico da Propriedade Fundiária

Numa primeira fase, ante a necessidade do aproveitamento do novo território, impunha-se o seu povoamento, pelo que, segundo Santos *et al.* (2007), o rei D. Afonso V concedeu ao infante D. Fernando os territórios das ilhas de S. Jacob (ilha de Santiago), S. Filipe (Fogo), Maias (Maio), S. Cristóvão (Boa Vista) e Lana (Sal), mencionado pelo documento de doação datado de 3 de dezembro de 1460.

As dificuldades da nação Caboverdiana nascem com ela, atendendo ao facto de que, segundo Santos *et al.* (2007), não sendo atrativa à ocupação humana, começou-se pela introdução do gado, de início, e só em 1462 e com muita dificuldade, verificou-se a ocupação de Santiago, atestada pela carta régia de 12 de junho de 1466, não sem medidas de aliciamento.

Ainda assim, e apesar de se encontrarem portugueses aos quais se juntaram outros europeus, foi preciso recorrer à mobilização de escravos negros que, em 1770, de um total de 26000 almas, perto de metade eram negros.

Após mudanças na coroa Portuguesa, com o a transição da monarquia de D. Afonso V para D. Manuel, passando por D. João II, surgiu a capitania-donatária, sob a cúpula do capitão-donatário. Primeiro, em Santiago, foram instituídas duas capitanias com limites indefinidos: a sul com sede na Ribeira Grande e, a norte, com centro em Alcatrazes, entregues a António da Noli e a Diego Afonso, respetivamente. D. Manuel expandiu o controlo sobre todas as ilhas de Cabo Verde, atribuindo de juro e herdade, apenas vitaliciamente, sobre as ilhas de Santo Antão e do Fogo, a João Fonseca e a Fernão Gomes, respetivamente. Em regime de arrendamento, atribuiu as ilhas de Sal, Brava, Santa Luzia, Branco, e Raso a Francisco da Fonseca e seus herdeiros. Dentre os capitães, apenas Fernão Gomes detinha poderes judiciais sobre a ilha do Fogo (Santos *et al.*, 2007).

Dado que, de acordo com Santos *et al.* (2007), o valor da ilha era determinado por ser um ponto de apoio à circulação transatlântica, um entreposto do comercio de escravos, cera e marfim, para o transporte para o reino, Castela, Madeira, Canária, Flandres, etc., e inversamente, depósito de mercadorias europeias (panos, cavalos, quinquilharias, etc.), com destino à costa da Guiné, o povoamento das ilhas visava o litoral, enquanto as terras interiores ficavam sem relevância económica e dispensava grande quantidade de mão-de-obra.

A carta régia de 1472, segundo o mesmo autor, veio alterar o modelo de colonização pela introdução do modelo agromercantil, ao acrescentar a dimensão produtiva à mercantilidade, obrigando os moradores de Santiago a produzir bens com valor na venda para compra de escravos no continente africano. Isto levou à valorização das terras férteis do interior da ilha. Contudo, o acesso à terra era controlado pela vontade régia, que definia as modalidades, o âmbito e a extensão da sua propriedade e fruição. A coroa ligou o mercador-morador à terra pelo regime de sesmaria, que viria levar à formação de uma estrutura fundiária singular, à escala de Cabo Verde, em relação às outras ilhas do oriente, norte e Brava. Nas ilhas de Santiago e Fogo, vigoraram dois regimes jurídicos distintos de gestão e transmissão da terra. O primeiro, assente em vinculação e, o segundo, na propriedade livre e plena, o alódio. O regime de distribuição de terras terá contribuído para a dispersão dos patrimónios fundiários (Santos *et al.*, 2007). Segundo o mesmo autor, para contrariar a possibilidade de funcionários reinóis e comerciantes enriquecidos adquirirem as terras, interditou-se a alienação, impossibilitando assim a circulação da propriedade. Isto levou a que, nos séculos XVII e XVIII, depois das

condições expansivas do século XVI, se registasse uma falência da agricultura mercantil, no Fogo e em Santiago.

O sistema de morgadio foi abolido em 1864 pela lei de 19 de maio de 1863, mas sem ter o efeito desejado por ter havido formas disfarçadas de manter o mesmo regime, introduzindo o arrendamento e parcerias que oneravam os rendeiros e parceiros com todos os custos associados à produção agrícola (Rodrigues, 2010). Mais tarde, em 1967, através do decreto lei nº 47314 de maio do mesmo ano, o governo, através do Ministério das Colónias, visava resolver o problema de arrendamento rural. Entretanto esta lei não teve o resultado esperado devido às próprias caraterísticas da sociedade cabo-verdiana. Desde o século XV até à independência em 1975, o governo português criou algumas leis agrárias. Mas as mesmas não tiveram o êxito esperado em Cabo Verde, devido à situação política e económica pela qual passava a colónia, devido à resistência dos grandes morgados e da administração pública ao não deixarem que se sucedessem grandes mudanças na esfera social ou política do arquipélago.

Sobre a lei de solos, no preâmbulo do Decreto-Legislativo n.º 2/2007, afirma-se que o regime jurídico dos solos é daqueles sectores em que não se registou alteração significativa, depois da Independência Nacional (Ramos, 2013). Foram feitas intervenções legislativas em domínios como ordenamento do território, o planeamento urbanístico, o ambiente em geral, mas, quanto ao regime jurídico dos solos, continuavam a vigorar as leis coloniais. A preocupação principal, anunciada nessa lei, é o estabelecimento de domínios. Ela regula a terra do ponto de vista do controlo, fazendo concorrer o domínio alienável e inalienável do Estado e das Autarquias Locais com o domínio privado dos administrados. Neste particular, a lei dos solos estabelece a ponte com o regime jurídico da propriedade privada e a disciplina jurídica de outras formas de ocupação e utilização da terra (Ramos, 2013).

Segundo Gonçalves (2013), a sociedade agrária Caboverdiana não sofreu grandes transformações no período colonial e no pós-colonial. O morgadio persiste, associado ao arrendamento, embora não tão concentrado como no período colonial, deixando uma boa parcela de cidadãos da terra privados da mesma. Assim, não obstante a embandeirada Reforma Agrária do Estado independente, durante a Primeira República, a concentração da terra continua a ser uma peneira social e o absentismo persiste, com novo sujeito - o emigrante no lugar do colono residente na metrópole.

Para enfrentar o problema da gestão territorial, o Governo aprovou através da Resolução nº 24/2020 de 18 de fevereiro, uma Política Nacional de Ordenamento do Território e Urbanismo (PNOTU), como uma ferramenta essencial e de longo prazo, para o controlo da urbanização (Conselho de Ministros, 2020). Para ilustrar o facto de a questão fundiária estar

ainda numa fase incipiente, basta tomar nota, nessa resolução, do reconhecimento da necessidade de um protagonismo local na criação e manutenção dum cadastro, coordenado pelo órgão executivo nacional e em parceria com as autoridades locais, e dum sistema de registo eficiente que inclui o cadastro jurídico da terra e da propriedade urbana, com informações sobre cada parcela de terra, na forma de um mapa com índices de ocupação e aproveitamento da terra (MIOTH, 2019).

3.2.Percurso histórico da agricultura da Jatropha

Há uma coincidência (ou não) entre a abolição da escravatura nos territórios portugueses e uma reconversão agrícola em Cabo Verde em que se introduziu a Jatropha no país. As notícias mais remotas da existência da Jatropha em Cabo Verde datam do final do século XVIII (Carreira, 1977). O primeiro registo se refere a um anónimo que marca o ano de 1784; o segundo refere a Feijó, datado de 1797 e, por último, um relatório de José António Pinto, um militar que serviu em Cabo Verde de 1793 a 1797. Segundo o mesmo autor, entre 1843 a 1890, foram publicadas dezenas de portarias e expedidas instruções a regular os processos de plantio nas propriedades rurais e na orla dos caminhos. Foram, ao mesmo tempo, estabelecidas sanções para o «apanho e venda de semente de purgueira antes do seu perfeito estado de maturação» (ano 1853). Foram definidas entidades incumbidas de indicar os meios para a «plantação de purgueira em larga escala» (ano 1882). Concomitantemente foi autorizado acesso de navios de longo curso para portos de Tarrafal, Ribeira da Barca, Pedra Badejo, Gouveia, Rincão, Ribeira do António e outros portos de Santiago, em 1849, 1869 e 1877. Este autor indica o ano de 1839 como o de início das exportações da purgueira.

Sobre a exportação, refere este autor que, segundo os registos oficiais conhecidos, inicia-se em quantidades insignificantes, no ano de 1839. Em março de 1843, Francisco Cardoso de Melo, um branco radicado na terra, terá pedido um exclusivo de 12 anos para poder extrair o azeite de purgueira por máquina de pressão. Entretanto, em 1843, foi providenciada uma indústria para receber a matéria-prima africana, a preços convidativos. Deste modo se limitava a produção agrícola da Jatropha e não permitiria a indústria da produção do óleo dessa planta no território de Cabo Verde.

A semente da Jatropha, segundo Carreira (1977), indicando o relatório de 1898 da Imprensa Nacional, ascendeu 33$000 a 35$000[3] réis por moio. Por esta razão, os agricultores, durante longo tempo, limitavam-se a plantar, quase exclusivamente, e a semear purgueira,

[3] Forma numérica apresentada no texto original

desprezando completamente todos os outros produtos coloniais, para poderem garantir matéria-prima de exportação. Segundo o mesmo autor, a produção da purgueira nas ilhas de Santiago, Fogo, Brava, S. Vicente, S. Nicolau e Boavista e a quantidade de 97.191 moios mais 223.851 toneladas de sementes exportada de Cabo Verde, entre 1839 e 1969, i. é, uma média anual de 1.747,6 almudes e 17.212 toneladas, o equivalente a 317.154 toneladas. Isto dá uma média de 2.440 toneladas por ano.

Como causas da destruição da purgueira em Cabo Verde, Borjona de Freitas, citado por Carreira (1977), aponta o declínio das plantações da Jatropha, os gados sem governo, o fabrico de sabão indígena que utilizava a cinza da purgueira, o aquecimento doméstico, doenças mal conhecidas e as secas prolongadas, nomeadamente as de 1896-1903, destacando o autor esta última causa. Mas a principal causa do abandono da exploração da Jatropha em Cabo Verde, de acordo com Heller (1996), teria sido a falta de interesse por parte dos importadores. Este desinteresse explica-se pela normalização do mercado mundial do petróleo, após a 2ª Guerra Mundial, que, por sua vez, levou ao abandono temporário do biodiesel, até a década de 80 do século XX, quando se registaram sucessivas crises conjunturais ou estruturais e a consequente procura por energias alternativas renováveis (Suarez *et al.*, 2007)

Enquanto as sementes da Jatropha se tornavam no principal produto de exportação, também era a fonte para produção do azeite que se tornou no combustível de uso exclusivo, no arquipélago, e segundo Silva 1982, citado por Santos (2013), a independência nacional encontrou uma estrutura agrária instável, pois 40% dos camponeses não eram proprietários e trabalhavam em regime de arrendamento ou parceria. Os outros 60% eram proprietários, mas, destes, 50% pertenciam ao sistema misto[4]. O regime indireto de exploração, a sobreposição da titularidade de várias formas indiretas de exploração e de regimes de posse por um mesmo indivíduo e o minifúndio, constituem as principais limitações impostas ao desenvolvimento da produção no país, aliadas às condições climáticas adversas e à exiguidade de solos aráveis, cujo crescimento demográfico serviu para agravar ainda mais a situação.

O Governo, na senda da transformação da estrutura agrária nacional, entre os vários passos que foram dados neste sentido, colocou em análise problemas ligados a escassez de terras, em relação ao número de habitantes que delas vivem; a necessidade de introduzir técnicas de comercialização que estimulem o aumento da produção agrícola e o crédito agrícola como estímulo à cooperação dos pequenos proprietários e dos rendeiros (Barros, 2010). Com o intuito de pôr fim aos regimes indiretos de exploração agrícola da terra, implementar o regime

[4] B.O. de Cabo Verde, nº 18 de 5 de maio de 1982

de posse útil dos meios de produção e da terra ao agricultor e estabelecer medidas e mecanismos de fomento agrário, o governo de Cabo Verde legislou no sentido de promover o associativismo rural, sob a forma de cooperativa, redimensionar as explorações agrícolas privadas, reordenar o sistema agrário e valorizar as comunidades rurais, social e economicamente (Santos, 2013).

No primeiro período pós-independência (Primeira República), o meio rural é recortado setorialmente como agropecuário; na Segunda República, é visto com capacidades traduzíveis em bens e serviços, e na fase atual, vê-se um regresso para uma setorialização distante de um planeamento territorial contemporâneo do mundo rural que favoreceria a expansão de atividades económicas de proximidade, que inclui também a ecologia e a sociedade (Gonçalves, 2013).

A escassez de terra arável e consequente défice de produção alimentar (entre 80 e 90% das necessidades) e a vulnerabilidade natural, segundo a avaliação do *National Adaptation Programme of Action on Climate Change* (NAPA) para 2008-2012, levaram o governo a adotar políticas e ações com vista a aumentar a sua capacidade de adaptação enunciadas através de Plano Estratégico Nacional de Água e Saneamento (PLENAS), Plano de Acção Nacional para o Ambiente (PANA) e Plano Estratégico do Desenvolvimento Agrícola (PEDA) entre outros. Baseado no processo do NAPA, Cabo Verde se propõe focar a sua estratégia de adaptação em três eixos. 1) Promoção de gestão integrada dos recursos hídricos, garantindo um fornecimento estável e adequado de água para consumo, agricultura, ecossistema e turismo); 2) aumentar a capacidade adaptativa do sistema de produção agro-silvo-pastoril, visando assegurar uma melhoria da produção nacional de alimento; 3) Proteção da zona costeira e seu habitat. Adicionalmente, procura para outras áreas do país, aumentar a reserva de água subterrânea, e melhorar a prática de conservação de solos.

3.3. Conflitos derivados da posse e usos das terras em Cabo Verde

Durante o período colonial, a história regista três grandes revoltas de camponeses em Cabo Verde, todas na ilha de Santiago. A primeira, conhecida como a Revolta dos Engenhos, de 1822. A segunda, a Revolta de Achada Falcão, de 1841, e, o último, a Revolta de Ribeirão Manuel, de 1910. Estas revoltas tinham em comum a disputa da terra, mas, numa delas, surge a colheita de frutos da Jatropha explicitamente como móbil do conflito Pereira (2010).

Este autor associa à revolta dos Engenhos causas políticas, mas, cujos agentes são os rendeiros dessa localidade, do interior da ilha de Santiago por se sentirem roubados nas suas atividades. Já os revoltosos de Achada Falcão, de 1841, tiveram a reivindicação por contratos escritos de arrendamento de terra e ao mesmo tempo pressionavam o governo geral a garantir

o livre acesso às terras cultivadas e se libertarem das estratégias dos morgados de tornar os rendeiros vítimas de um processo de endividamento pela exorbitância descontrolada de rendas. A última revolta, a de Ribeirão Manuel, foi motivada pelos sucessivos roubos de colheitas e aguardente, sofridos pelos rendeiros, pela oposição a prestação de seis dias de trabalho gratuito ao morgado e contra o pagamento de exorbitantes rendas aos morgados, além de serem os rendeiros obrigados a vender gados aos morgados pelo preço por estes fixados, quando não tinham os rendeiros meios de saldar a renda. Pereira (2010) testemunha que os rendeiros de Ribeirão Manuel, Tomba Touro, Verianda e demais localidades, "em número superior a 100 pessoas", assaltaram diversas propriedades nas freguesias de Santa Catarina e São Miguel, roubando sementes de milho e de purgueira[5], agredindo os guardas das propriedades com manducos e facas. Esta revolta se destaca pela participação das mulheres, uma vez que eram as principais responsáveis pela apanha das sementes da "purgueira". Uma nota de especial importância é que os rendeiros estavam sujeitos a um contrato que os obrigava a vender toda a colheita da "purgueira" ao próprio morgado, por um valor muito abaixo do mercado. Na sequência e resultado da última revolta, o Governador Arthur Marinha de Campos prometeu, segundo Pereira (2010), a 16 de novembro de 1910, a posse de terras por parte de famílias, até então desprovidas da proteção do governo geral.

Após a independência o Governo tentou efetuar uma reforma agrária, mas a tentativa falhou. No Concelho da Ribeira Grande de Santo Antão a reforma agrária dá-se como colapsada com a sublevação popular do dia 31 de agosto de 1981, em Boca de Figueiral – Coculi. A camada social a quem a reforma agrária beneficiaria mostrou forte resistência.

3.4. Exploração florestal

Depois da independência nacional em 1975, a silvicultura passou de 1% da área do território nacional para 20%, avaliada em 2010, resultante de 25 anos de intensa atividade de florestação (Agência de Cooperação Internacional Japão (JICA, 2010)). Monteiro *et al.* (2020) aponta a escassez de terra e mão-de-obra como fatores determinantes da prática de agricultura de subsistência em Cabo Verde. Como estratégia para atenuar a situação vigente, indica a inclusão da diversificação dos sistemas de cultivo, como rotação de culturas, consorciação e agrossilvicultura, aproveitando as sinergias ecológicas.

Cabo Verde fez um compromisso incondicional de longo prazo de iniciar novas campanhas de florestação/reflorestação, da ordem de 10.000 hectares até 2030. Com apoio

[5] Purgueira é o nome pelo qual é popularmente conhecida a Jatropha, em Cabo Verde

internacional, Cabo Verde estabelece, como meta, uma cobertura florestal de uma área de cerca de 20.000 hectares até 2030. Aqui surge uma oportunidade para a reintrodução da Jatropha, mas também, de uma vez só, uma oportunidade multiplicadora de ganhos ambientais e económicos. A realização do objetivo condicionado, num esforço de plantação estimado de 400 unidades por hectare, proporcionaria, a longo prazo, um sequestro de 360 tCO_2eq por hectare, depois de 30 anos, correspondendo a 7,2 tCO_2eq para 20.000 hectares, em 30 anos, conforme Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) (Government of Cabo Verde, sem data).

3.5. Estratégia de Governança e capacitação para o setor agrícola

A independência de Cabo Verde trouxe uma nova visão em que houve uma tentativa de substituição da agricultura familiar de subsistência para uma agricultura virada para o mercado. Para isso havia que ser transformado todo sistema agrário herdado, pelo que se determinou, através da Lei de Bases da Reforma Agrária, que expropriaria propriedades agrárias com dimensões superiores a 2 hectares, mediante justa indemnização negociada com o Estado. Estas expropriações eram prioritárias sobre grandes latifúndios dos absentistas. Ao mesmo tempo foi dada posse útil da terra aos rendeiros, parceiros e alguns trabalhadores assalariados que ocupavam os campos desde a independência nacional, enquanto foi promovido o confisco estatal de alguns territórios (de Borba & dos Anjos, 2012). Este autor salienta a avaliação de Furtado (1993) segundo o qual, não obstante ter havido alterações importantes da concentração fundiária nas mãos de um pequeno grupo de proprietários, tais transformações não obtiveram maiores avanços porque o estado protegeu as terras adquiridas por emigrantes das desapropriações. Porém, o surgimento de pequenas propriedades e um aumento do número de proprietários rurais resultaram do abandono das ilhas por parte dos antigos morgados ou por se terem desfeito das suas terras. A fragmentação de propriedades e maior acesso de trabalhadores às propriedades fundiárias enfrenta a complexidade na gestão e implementação de estratégias visando empreendimentos de grande escala, como é o caso da reintrodução da Jatropha para produção do biodiesel, exige maiores capacidades de negociação e coordenação por parte dos governantes, sobretudo num ambiente de *déficit* de capital social das autoridades.

No relatório de um estudo sobre a gestão integrada das bacias hidrográficas de Santiago (JICA, 2010), afirma-se que o povo cabo-verdiano sofreu severas pressões ao longo de sua história (graves secas, esclavagismo e colonialismo Português durante 500 anos) e mantém forte sentimento de que foi enganado pelo Governo, mesmo depois da independência. Por consequência, os únicos credíveis passaram a ser a sua própria família, fazendo com que o sentimento de desconfiança mútua seja maior do que nos outros países e prevaleça o

individualismo entre a população. 65% da população não possui terra e havia um registo de perda da população masculina jovem para a emigração, ficando um grande número de famílias chefiadas por mulheres. Foram criadas, a partir de 1990, Associações Comunitárias de Base (ACB) como implementadora local das Frentes de Alta Intensidade de Mão-de-Obra (FAIMO) que não são propensas ao engajamento voluntário a empreendimentos que não conte com fundo financeiro externo, mas com insuficiente capacidade organizacional e de implementação de empreendimentos, pelo que se faz necessário o reforço da sua capacidade de liderança através de "Projetos Alvo" que visam elevar a capacidade e o nível de consciência das comunidades, através da Formação de Chefes de Grupo e de Capacitação e Sensibilização das Comunidades, apoiando assim o Plano de Desenvolvimento. O projeto procurará também fortalecer as capacidades dos extensionistas e simultaneamente objetivar a vulgarização dos "Projetos Alvos" nas respetivas Zonas Agroecológicas de outras Bacias Hidrográficas, através do "Projeto Alvo de Extensão entre Agricultores" e o "Projeto Alvo de Melhoria do Sistema de Extensão". Tudo isto, com vista a aumentar o capital social e a credibilidade de programas como as de produção do biodiesel que exigirá uma integração de grande número de proprietários de terras que não sendo concorrentes com terrenos de produção de alimentos, não deixam de ser alvos de pressão imobiliária, não esquecendo de que se trata de um pequeno país insular e que vem registando uma rápida expansão nos negócios de turismo.

Rodrigues (2010) defende que o principal problema dos programas de governo para o setor agrícola reside na falta de sintonia entre as políticas públicas e a realidade da agricultura, por entender que as políticas são criadas por pessoas que, no fundo, não conhecem bem a realidade rural e, por conseguinte, elas acabam por não se adequar à realidade, o que deixa sem benefício a agricultura e os agricultores. Convém salientar que existe um hiato de memória entre o tempo em que Jatropha representou uma aposta acertada e a atualidade, considerando que são escassos, ou de acesso restrito aos poucos estudiosos, os registos do tempo da prosperidade da Jatropha para mobilizar a população rural para uma ação do género, a menos que haja uma renovação do perfil da população agricultora, tornando-a mais aberta a inovações. As políticas agrícolas e agrárias, atualmente, encontram na fase de definição de uma visão clara em que sejam considerados todos os fatores determinantes como os sociais, ligados à posse dos terrenos, os hábitos agrícolas instalados e a reavaliação de espécies não alimentares que devem ser mantidos ou substituídos pela Jatropha e as novas áreas de expansão, considerando os estudos recentes sobre o inventário de recursos energéticos endógenos e uma nova visão em relação ao mar como um recurso de elevado valor a explorar, tanto do ponto de vista energético como hídrico.

O Estado de Cabo Verde comprometeu-se ainda, através do NDC, a melhorar e atualizar o inventário e o registo de terra (incluindo serviços de demarcação), implementando um inventário e registo de terras totalmente desenvolvido e operacional, bem como uma análise de escopo e viabilidade da área; indicar áreas prioritárias de florestação/reflorestação baseadas em opções de vegetação, considerando questões técnicas e clarificação de regras de posse e acordos de gestão com proprietários privados de terras; preparar um plano de gestão sustentável da terra juntamente com subsídios baseados no desempenho (Government of Cape Verde, n.d.). Isto permitiria o domínio das situações relativas a posse das terras e permitiria o uso de melhores abordagens aos implicados e interessados na identificação e execução de novos projetos nos quais se enquadra a produção do biodiesel da Jatropha

O quadro vigente é dado pela governação atual, através dos seus documentos orientadores de políticas, (Governo de Cabo Verde , 2016b), espelhados na Tabela IV.1 seguinte.

Tabela IV.1 Resumo da atual Política pública para setores agrária e agrícola

Período	Objetivos	Estratégias	Setor Agrícola	Setor Agrário
Programa do Governo para IX Legislatura, 2016-2021	1. Fazer de Cabo Verde uma Economia de Circulação localizada no Atlântico Médio; 2. Garantir a sustentabilidade Económica e Ambiental	Inserção dinâmica de Cabo Verde no Sistema Económico Mundial	Investigação e Desenvolvimento; Extensão rural; Transição agrícola para rendimento, para agricultor e para sociedade; Proteção ambiental; Empresarialização do setor; Silvicultura com função antierosiva; Crédito agrícola, incentivos e parcerias; Logística agrícola e assistência à comercialização; Assistência à organização da classe produtiva (cooperativas e empresas agrícolas)	Ordenamento agrícola; Elaboração e implementação participada de planos de ordenamento específicos; Equacionamento das questões fundiárias, i. é, atribuição de titularidade de propriedade aos agricultores dos terrenos disponibilizados pelo Estado; Assistência técnica na resolução de conflitos fundiários;

Fonte: Elaboração própria

4. DISCUSSÃO

A avaliação dos dados apresentados no referencial histórico indica que há uma margem de aumento da área de expansão da silvicultura que espera ser aproveitada. O principal constrangimento apresentado tem sido a escassez da chuva cujo comportamento foge ao controlo, pelo menos no estágio atual de conhecimento e desenvolvimento em Cabo Verde. A abordagem aqui utilizada - supressão da chuva do campo de análise estabelecido - focando apenas a estrutura agrária, associada à agricultura. Isto porque se se ficar pela dependência da agricultura em relação a abundância de chuvas, constata-se que apesar da construção de importantes infraestruturas de captação de água das chuvas, em apenas um ano de seca já fica

comprometida todo o sistema agropecuário. Este facto é comprovado pelos três anos de seca, com início em 2016. Porém, quando se acopla a água à energia, abre-se um caminho que coloca o foco, não na escassez da chuva, mas, na terra (solo) como sendo o fator limitante mais importante, juntamente com as políticas públicas da agricultura. Sendo que o problema de aproveitamento da terra possui uma forte componente técnica e científica, portanto, uma vez visto como um problema, uma solução seria encontrada. Porém a sua colocação como problema é já de fórum político e toda a montagem de decisões subsequentes relativas à institucionalização do problema, a identificação dos *stakeholders* e as engenharias financeiras necessárias para lidar com o problema, além da visão dos condicionantes e incentivos que se colocam à volta do rumo assumido para solução do problema.

Todo o percurso histórico à volta da *praxis* e de políticas agrícolas em Cabo Verde, os documentos de estratégias, os planos e programas de ação do governo convergem para um ambiente favorável a reintrodução da Jatropha no país. Todavia, a evolução das políticas agrárias indica uma subordinação da estrutura agrária aos interesses dos agentes sociopolíticos vigentes. São encontrados constrangimentos à atividade agrossilvicultura intensiva que se prendem com as práticas fundiárias que, segundo reconhece o documento Estratégia Nacional e Plano de Acção sobre a Biodiversidade (MAHOT, 2014), é uma reminiscência do sistema de gestão de terras do passado. Pois, desde a ocupação colonial, as grandes propriedades vêm se fragmentando e cedidas aos camponeses em regime de renda e parceria e, durante a última grande fome, assistiu-se à venda anárquica de terras. Por esse motivo, o governo tem assumido o compromisso de realizar uma atualização do cadastro de terras no país.

A reintrodução da Jatropha visa duplos objetivos, numa única ação, nomeadamente a expansão de uso de terra e o melhoramento de solos. Este motivo pode colocar sob reavaliação o quadro identificado no Inventário Florestal Nacional de 2013 que, numa cobertura florestal de 43.617 ha, 13.462 ha são zonas agroflorestais e 11.302 ha é floresta aberta, mas não há registo de Jatropha e há, nas zonas de baixa altitude, uma cobertura em Acácia e Prosópios que configuram 6% e 61%, respetivamente, dos perímetros florestais (Direcção Nacional do Ambiente (DNA, 2015). Reporta ainda uma significativa presença de outras espécies invasoras em relação às quais se deve considerar a substituição pela Jatropha, que não é invasora e que já fez parte da mundividência nacional. A disponibilização da água resultante do aproveitamento de energias renováveis introduz uma nova abordagem em relação à reintrodução da Jatropha e, por esta razão, obriga a que novos e mais detalhados estudos sejam feitos com vista a reavaliar as opções para a Jatropha em relação a outras espécies e a identificação de novas áreas de plantio.

O fator humano (agricultores e a comunidade rural) é integrado aqui dentro de medidas políticas em que se reconhece ser decisivo na conceção e implementação de políticas agrárias e agrícolas. DNA (2015) já considera que uma participação pública consciente, bem formada e informada deve ser considerada, e reconhece que ela é, ainda, muito vestigial e tímida, a nível nacional. Para colmatar esta lacuna o Governo estabeleceu objetivos e metas elencados na Tabela IV.1 e que dão sequência a planos e programas de governos de legislaturas anteriores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A motivação deste trabalho é a procura em perceber se existem condições política (na perspetiva da língua inglesa do conceito "*policy"*), histórica e cultural, bem como a gestão agrária e agrícola que sustentem uma base de arranque e perenização do cultivo da Jatropha (*Jatropha curcas L*.) em Cabo Verde, no pressuposto de que existem solos pobres e sem usos e, ao mesmo tempo, um elevado potencial de mobilização de água pela via da indústria de dessalinização, usando os recursos energéticos locais.

Dentro de um quadro geral da descarbonização da economia de Cabo Verde, e dentre outros desafios, destacam-se a análise das práxis e políticas agrária e públicas setoriais que determinam a reintrodução da Jatropha em Cabo Verde, com vista a produzir o biodiesel como um fator importante na descarbonização da economia cabo-verdiana, reconhecendo que existem ameaças. As fontes bibliográficas e documentos oficiais sobre o assunto atestam a existência de condições materiais básicas para o empreendimento da produção do biodiesel. Entretanto, será necessário um trabalho cuidadoso a fim de tornar consistente o processo, desde o ponto de vista de pesquisa técnico-científica multi/transdisciplinar e política, dado que muito do que existiu no passado da cultura da Jatropha já deixou de existir e a memória escrita daquela experiência é limitada, e considerando que as atuais bases de partida são completamente diferentes das dos séculos XVII e XVIII.

Encontra-se agendada a elaboração de um cadastro de registo de terra, que reflita a dinâmica de uso e da propriedade, base sobre a qual se estabelecem as políticas agrárias e agrícolas, configurando-se uma oportunidade de avaliação política da implementação de processos de produção do biodiesel, que tem como ponto de partida a fase de produção vegetal, da colheita e tratamento das sementes e a fase industrial da produção do biodiesel. Isto configura-se como uma oportunidade que favorece e incentiva a reintrodução da Jatropha no país.

6. REFERÊNCIAS

Agência de Cooperação Internacional Japão (JICA). (2010). O Estudo do Desenvolvimento Rural Integrado das Bacias Hidrográficas da Ilha de Santiago da República de Cabo Verde.

Barros, M. E. L. (2010). Aspectos da Construção do "Estado – Social" de Cabo Verde (Análise da Imprensa entre 1975 e 1985). Universidade do Porto.

Carreira, A. (1977). Cabo Verde: classes sociais, estrutura familiar, migrações. Biblioteca Ulmeiro, no 9.

Conselho de Ministros. (2020). Resolução no 24/2020 de 18 de fevereiro que aprova a Política Nacional de Ordenamento do Território e Urbanismo (PNOTU). I Série — No 19 «B.O.» Da República de Cabo Verde — 18 de fevereiro de 2020; INCV.

de Borba, C. D. A., & dos Anjos, J. C. G. (2012). Questão Fundiária Em Cabo Verde: Posse Tradicional X Propriedade Da Terra Em São Salvador Do Mundo. Conjuntura Austral, 3(11), 39. https://doi.org/10.22456/2178-8839.25993

Dias, R., & Matos, F. (2012). Políticas Públicas: Princípios, Propósitos e Processos (atlas).

Direcção Nacional do Ambiente (DNA). (2015). V Relatório Nacional Sobre O Estado Da Biodiversidade Em Cabo Verde.

Ferreira, V. S. (2015). Políticas Públicas e Agricultura em Cabo Verde: do período colonial ao contexto atual de mobilização por mais água. I, 307–332.

Gonçalves, M. de L. S. (2013). Estados Pós-Coloniais na África e A Institucionalização de Políticas Ambientais: Derivas e Importação de Políticas em Cabo Verde. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

Government of Cabo Verde (n.d.). Intended Nationally Determined Contribution of Cabo Verde. https://www.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Cabo Verde First/Cabo_Verde_INDC_.pdf

Governo de Cabo Verde. (2016a). Plano Diretor de Água e Saneamento a 25 anos da Ilha de Santiago e Avaliação Ambiental e Social Estratégica.

Governo de Cabo Verde (2016b). Programa do Governo IX Legislatura. https://www.icieg.cv/images/phocadownload/Programa-do-Governo-da-IX-Legislatura-2016-2021.pdf.

Heller, J. (1996). Physic nut. Jatropha curcas L. Em Physic nut. Jatropha curcas L.

MAHOT. (2014). Estratégia Nacional e Plano de Ação Nacional para a Conservação da Biodiversidade: 2014-2030.

Ministério das Infraestruturas Ordenamento do Território e Habitação (MIOTH). (2019). Política Nacional do Ordenamento do Território e Urbanismo- Cabo Verde.

Monteiro, F., Fortes, A., Ferreira, V., Essoh, A. P., Gomes, I., Manuel Correia, A., & Romeiras, M. M. (2020). Current status and trends in Cabo Verde agriculture. Agronomy, 10(1). https://doi.org/10.3390/agronomy10010074

Pereira, E. A. C. (2010). Política e Cultura: as revoltas dos Engenhos (1822), de Achada Falcão (1841) e de Ribeirão Manuel (1910). Universidade de São Paulo.

Ramos, M. A. (2013). Direito da Terra: Compêndio de Legislação.

Rodrigues, N. T. S. (2010). Universidade Federal Rural De Pernambuco Departamento De Letras E Ciências Humanas Programa De Pós-Graduação Em Administração E Desenvolvimento Rural Políticas Públicas E Desenvolvimento Da Agricultura Na Ilha De Santiago - Cabo Verde Políticas Públicas E. Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Santos, Z. A. D. dos. (2013). A Reforma Agrária em Cabo Verde: estudo de caso no concelho da Ribeira Grande de Santo Antão. Universidade de Cabo Verde.

Santos, M. E. M., Torrão, M. M. F., & Soares, M. J. (Eds.). (2007). História Concisa de Cabo Verde: Resumo da História Geral de Cabo Verde (IICT-Lisboa & IIPC-Praia).

Suarez, P. A. Z., Meneghetti, S. M. P. (2007). 70º Aniversário do Biodiesel em 2007: História e Situação Atual no Brasil. Quím. Nova, 30, 2068–2071.

V. ANÁLISE DA PERTINÊNCIA DA JATROPHA NO CENÁRIO DE TRANSIÇÃO DE CABO VERDE PARA UMA ECONOMIA DESCARBONIZADA

Manuel Robalo Évora[1], António J. M. Santos Baptista[2] João Nildo de Souza Vianna[3],

[1]Doutorando em Gestão e Políticas Ambientais, Universidade de Cabo Verde e REALP
[2]Professor Doutor, Escola de Negócios e Gestão da Universidade de Cabo Verde
[3]Professor PhD, Centro do Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília

RESUMO

Em países de clima favorável à agricultura e de abundantes recursos edáficos, constitui um polilema (ou multilema), a questão de escolha de fontes para biocombustíveis. Em Cabo Verde, isto nem chega a ser um dilema, dado que a primazia é dada, indiscutivelmente, para a produção de alimentos, que ainda assim é deficitária. Daí que a Jatropha (*Jatropha curcas L.*) possa ser mais um imperativo do que uma opção para a produção do biodiesel, no quadro da existência de extensas áreas não cultivadas. Neste estudo, avalia-se o potencial, os limites, os riscos e benefícios da produção, em Cabo Verde, da Jatropha tendo em vista a produção de biocombustíveis, considerando as caraterísticas edafoclimáticas das ilhas, a escassez hídrica e as peculiaridades geográficas do arquipélago. Considera-se o enquadramento da Jatropha no sistema agrícola e seu impacto ambiental e na produção alimentar no país. Partindo de dados secundários, são analisadas as condições de partida para a produção da Jatropha e a sua história em Cabo Verde. Com base em dados históricos e pelas informações disponíveis, confirma-se o potencial de adaptação da purgueira a condição edafoclimática do arquipélago e a viabilidade da sua produção, da sua ação positiva sobre os solos, a sua participação na captura de energia e água rejeitadas, dada a impermeabilidade do sistema nacional e, no final do ciclo, o retorno da energia para o sistema, tornando-se um ciclo agroenergético. Jatropha contribui na mitigação da vulnerabilidade às mudanças climáticas e tem impacto positivo sobre o padrão produtivo atual na agricultura e neutraliza a emissão local do CO_2.

Palavras chaves: Jatropha, Biocombustíveis, estocagem de energia e carbono, energias renováveis intermitentes.

ABSTRACT

In countries with a favorable climate for agriculture and abundant soil resources, it is a poly-dilemma (or multi-dilemma), the question of choice of sources for biofuels. In Cabo Verde, this is not even a dilemma, since the priority is undoubtedly given to food production, which is still in deficit. Hence, Jatropha (*Jatropha curcas L.*) may be more of an imperative than an option for biodiesel production, when the context is of existence of vast uncultivated areas. This study assesses the potential, benefits, limits, and risks of production of Jatropha in Cabo Verde with regard to the production of biofuels, considering the soil and climate characteristics of the islands, water shortages and geographical peculiarities of the archipelago. This study considers the framework of Jatropha in the agricultural system and its impact on environmental and food production in the country. Based on secondary data, we analyzed the starting conditions for Jatropha production and its history in Cabo Verde. Based on historical data and available information, the potential of adaptation of Jatropha to the edapho-climatic condition of the archipelago is confirmed along with the viability of its production, its positive action on soils, its contribution to the capture of energy and water rejected given the impermeability of the national system and, at the end of the cycle, the return of energy to the system, becoming an agro-energetic cycle. Jatropha not only contributes to the mitigation of vulnerability of climate change, has a positive impact on the current production pattern in agriculture but also neutralizes the local emission of CO_2.

Keywords: Jatropha, Biofuels, energy and carbon storage, intermittent renewable energies.

1. INTRODUÇÃO

O acelerado processo de desflorestação, por causas variadas, constitui ameaça tanto na vertente do aquecimento global pela libertação de CO_2 para atmosfera, como na vertente da perda de importante fonte de biocombustíveis. Isto levou a que mais de 196 líderes mundiais assumissem 17 objetivos do desenvolvimento sustentável em 2015. Destes 17 objetivos, o 7º tem foco na energia para todos até 2030 e 12 destes objetivos são impactados pela eletricidade ou pela falta dela (Mahendru, 2018).

Composto por 10 ilhas vulcânicas, Cabo Verde é um arquipélago localizado a cerca de 450 km da costa ocidental da África, ao largo do Senegal, entre as latitudes 14º 23' e 17º 12' a norte do equador e as longitudes 22º 40' e 25º 22' a oeste do meridiano principal. Ocupa uma superfície emersa de 4033 km2 e uma zona económica exclusiva superior a 734.000 km^2. A sua localização e sua origem vulcânica determinam a aridez destas ilhas e limitação de recursos naturais e uma invejável abundância de energias renováveis não despacháveis.

Cabo Verde comprometeu-se, pela via da ratificação do Acordo de Paris, através da Resolução nº 35/IX/2017 da Assembleia Nacional, em participar na luta pela mitigação das causas da mudança climática e estima reduzir emissões em, pelo menos, 600-700 tCO_2eq/ano, apenas pelo cumprimento da meta de introdução de energias renováveis na matriz energética nacional, segundo "*Intended Nationally Determined Contribution*" (NDC) (Government of Cabo Verde (GCV), sem data), sem contar com as reduções derivadas de ações nos setores de transportes, de resíduos, da agricultura, no desflorestamento e outros usos do solo. Cabo Verde declarou ainda a sua pretensão de alcançar a segurança e independência energética (Ministério da Economia Crescimento e Competitividade (MECC), 2008).

A maioria das ilhas é de alto índice de aridez e submetida a um *stress* hídrico permanente e dispõe de importantes áreas de difícil aproveitamento agrícola, acopladas a uma peculiar estrutura organizacional da agricultura. Por outro lado, o país é dependente da importação de combustíveis fósseis, já processados, para atender a mobilidade urbana e interilhas, as suas usinas termelétricas e a dessalinização da água. A Jatropha (*Jatropha curcas* L.) conhecida como Purgueira ou Pinhão Manso[6], matéria-prima consagrada para produção de biodiesel, é uma planta muito resistente à falta de água, bem-adaptada às condições climáticas de Cabo Verde onde sua semente já foi, nos séculos passados, um produto de exportação para a indústria da saboaria e óleo de iluminação. O cultivo da Jatropha pode ser feito em solos marginais,

[6] Pinhão Manso é o nome pelo qual é conhecida, no Brasil, a Jatropha.

inservíveis para produção agrícola, não concorrendo com a produção de alimentos, e podendo constituir um instrumento de valorização de áreas degradadas que podem ser transformadas em uma fonte de renda alternativa para a população rural. Seu cultivo em consórcio valoriza os conceitos produtividade e o *nexus* entre alimento-energia, favorecendo o aumento da resiliência dos ecossistemas produtivos. Trata-se de uma planta adequada para o consorcio alimento-energia. A produtividade varia entre 1200 kg/ha e 6000 kg/ha de frutos, dependendo da fertilidade do solo e da precipitação. Suas sementes possuem cerca de 32 a 40% de casca e de 55 a 66% de amêndoa, sendo que o teor de óleo varia entre 35 a 40%, nas sementes, e de 50 a 60% de óleo, nas amêndoas (Saturnino *et al.*, 2005). Produz em altitudes até 1.000 m e temperaturas entre 18 a 28,5°C, com precipitação média anual variando entre 480 e 2.380 mm. Sobrevive até 200 mm de chuvas anuais e suporta até três anos de secas consecutivas. A torta, resíduo que sobra da prensagem, embora rica em proteínas, para ser utilizada para alimentação animal deverá ser submetida à desintoxicação, por meio de um tratamento especial. No entanto, variedades que produzem tortas comestíveis já estão sendo desenvolvidas (Vianna *et al.*, 2012). A infraestrutura para fabricação do biodiesel de Purgueira pode ser usada para outros óleos vegetais e resíduos como o sebo bovino e o óleo de fritura usado.

Dentro do objetivo geral da descarbonização da economia de Cabo Verde, vai-se especificamente deter-se na avaliação do potencial da produção da Jatropha em Cabo Verde, no atual contexto energético, tecnológico, ambiental e socioeconómico.

2. METODOLOGIA

Neste estudo faz-se um levantamento dos recursos energéticos e hídricos nacionais que constituem uma base necessária para uma produção da Jatropha (*Jatropha curcas L.*) e do biodiesel de forma viável e sustentada, económica, ambiental e socialmente e que, ao mesmo tempo, favoreça o aproveitamento de outros recursos energéticos endógenos.

Fez-se uso da pesquisa bibliográfica em que se faz um levantamento de dados sobre as caraterísticas edafoclimáticas do arquipélago e os terrenos viáveis para a produção florestal. Do mesmo modo se faz o levantamento de dados relativos aos recursos hídricos e energéticos a partir de documentos oficiais do governo de Cabo Verde e as suas políticas, como o Plano Estratégico Setorial de Energias Renováveis (PESER) e Zonas de Desenvolvimento de Energias Renováveis (ZDER), aprovados em 2012, Agenda de Ação Energia Sustentável Para Todos (SE4ALL), aprovado em 2015.

Com base nos dados recolhidos, são analisados os fundamentos que justificam o recurso à purgueira com vista à extração de biocombustíveis derivados, avaliando as externalidades positivas e negativas.

Este trabalho constitui-se como uma contribuição para a descarbonização da economia cabo-verdiana que orienta o propósito da reintrodução da Jatropha em Cabo Verde.

3. REALIDADE E PERSPETIVA DA JATROPHA EM CABO VERDE

Referindo-se ao pinhão manso (nome genérico atribuída às espécies da *Jatropha curcas L.*), a melhor época para o plantio é o período das chuvas e deve realizar-se em covas de 30x30x30 cm e o espaçamento mais indicado é 3x3 m. Podendo a propagação da cultura ser por sementes ou estacas, a preferência pela semente justifica-se devido a longevidade maior da planta, usando este método (Sato *et al.*, 2009).

Gonçalves (2006), Staley e Bradley (2008) citados por Mishra (2014) pontuam que uma análise lógica da economia política de diferentes regiões do mundo fornece respostas variáveis com base no contexto, no tipo de recursos em uso, nas tecnologias empregadas e na saúde da economia. Para estes autores, a crescente ênfase no biocombustível para superar o *déficit* do pool de petróleo, redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE), geração de empregos e rentabilidade agrícola ganhou impulso nas últimas duas décadas e sua relevância como commodity para o comércio global.

Numa análise global, Bermann (2008) refere que o biodiesel apresenta a vantagem de reduzir as emissões (40 a 60%) porque uma boa parte do gás carbónico emitido na queima do combustível é absorvida durante o crescimento da cultura da matéria-prima. Entretanto o biodiesel aumenta as emissões de nitrogénio, quando usado em motores de combustão interna que vai resultar na produção de oxidantes fotoquímicos.

Furtado (1989) reconhece um particular valor à Jatropha para Cabo Verde, por ela ser uma planta perene, resistente à seca, adaptável a qualquer tipo de terreno até 800 m de altitude, propiciar a resistência à erosão hídrica e eólica, de fácil propagação, propiciar a recuperação de solos degradados, resistente às pragas e doenças, compatível com a cultura tradicional de feijões e milho, utilizada na medicina tradicional, tolerante a água salobra, não ser invasora, deriva matéria-prima para produção do biodiesel, ser utilizável como adubo, produzir óleo suscetível de uso em inseticidas, ter capacidade de sequestro de 8 kg de carbono por planta e poder ser uma fonte de rendimento para agricultores.

Segundo Mishra (2014), a Jatropha se adapta mesmo a solos infférteis, gravas, arenosas e/ou salinas assim como em solos pedregosos mais pobres. A planta não requer solos particularmente férteis, podendo ser cultivada em solos marginais secos, como ao longo de estradas e rodovias, aterros de rios, canais, riachos, limites de culturas e linhas costeiras, e ainda, em áreas montanhosas, sendo que o rendimento será menor do que as culturas em terras aráveis. O limite de pH situa-se entre 5,5 a 9,0.

A domesticação da Jatropha no Brasil data do início dos anos 80. Ela é suscetível a ataques por Oidium sp., ácaro vermelho, tripes, percevejos fitófagos (Pachioris torridus) e cigarrinha, no ecossistema estudado (Mello *et al.*, 2008). Em Cabo Verde a domesticação da Jatropha se deu no séc. XVIII e as doenças e pragas registadas, segundo Freitas (1906), são agaricinea, de origem vegetal, e, de origem animal, aponta bostrichus, scutelleride e coecidea.

Nas condições de regiões secas e/ou semiáridas de Cuba, num hectare de sistema agroflorestal de Jatropha registou-se a produção de 750 kg de biodiesel. Sem considerar a lenha produzida, obteve-se 1,83 tep, na ausência de fertilização e irrigação. A relação *input/output*, segundo a experiência internacional, varia entre 1:3,5 a 1:5 (Sotolongo Pérez *et al.*, 2007).

Furtado (1989) estima que em Cabo Verde, pelo menos 67.955 ha de terreno de zonas semiáridas e áridas de transição são facilmente arborizáveis, distribuídas pelas ilhas de Santiago, Fogo, Brava, Maio, Santo Antão e São Nicolau. Estas áreas situam-se em zonas microclimáticas cuja pluviosidade variam, geralmente, entre 200 e 300 mm anuais. Admite o autor que área acima de 20.000 ha adicional pode ser ganha, para o plantio de purgueira.

Em Cabo Verde, já houve no passado uma experiência de sucesso com a exploração/exportação da purgueira no seu território, com importante peso económico, inclusivamente com uso para fins energéticos, entre outros. A este respeito testemunha (Carreira, 1977), a partir de dados disponíveis da pauta de exportações de 1873 a 1888, listando as produções de sementes de purgueira, café, açúcar e aguardente configurando 67, 27, 4 e 2 por centos, respetivamente, em média de valor financeiro.

Sobretudo nos anos de 1980 e 1990, a *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit* (GTZ), através dum estudo levado ao cabo na ilha do Fogo, em Cabo Verde, começou-se a explorar formas que permitiriam o uso em sistema de Jatropha, dos potenciais desta. Nesta perspetiva, procedeu-se à avaliação da possibilidade do uso da Jatropha como fonte de energia renovável, como fator de controlo da erosão e melhoramento do solo, como fator de promoção da mulher e da redução da pobreza (Wiesenhütter, 2003). Este estudo conclui que um determinado número de condições teóricas seria necessário para que a semente da Jatropha se revestisse de alto interesse em Cabo Verde, com potencial de usos, particularmente como

biofuel, e que a utilização do óleo da Jatropha é basicamente viável, do ponto de vista técnico. Entretanto, conclui ainda, baseada na tecnologia e experiência de então, que a utilização das frutas naquela situação, particularmente o ambiente socioeconómico sem proveito e sem subsídios e através da cooperação para o desenvolvimento, não era viável.

A Jatropha foi utilizada no passado como principal fonte de energia para exportação, para uso na iluminação doméstica, para usos medicinais na produção artesanal de sabão. Num passado mais recente houve projetos para reintrodução da indústria ligada à produção da purgueira, como a Missão de Estudos Agronómicos do Ultramar (Junta de Investigação do Ultramar) em 1960. Ainda em 1985/86, fez-se um estudo/projeto patrocinado pelo MDRP (INC e INIA) (Furtado, 1989), do qual resultou o "projeto de saboeira de loura" que contou com a colaboração da entidade de coordenação da cooperação técnica francesa para o projeto, *Institute Technologique d'Appui au Co-développement* (ITAC). Mais recentemente, 2007, dá-se conta do projeto "*Jatropha elite seeds and cuttings from Cape Verde*" visando o fornecimento de germoplasma de Jatropha para reprodução e disseminação, do consórcio empresarial Agriom BV De Kwaakel & Agrocentro Praia.

O cultivo da Jatropha para produção do biodiesel visa desencadear uma economia circular com a captura do CO_2 e de energias renováveis descartadas, com efeito no aumento da penetração de energias renováveis no sistema energético nacional e aumento da permeabilidade do sistema energético a esse tipo de energia. Viabiliza-se, deste modo, a utilização de fontes de energia renovável de estoque na matriz nacional. As principais novidades são o novo contexto de descarte de energia eólica nos sistemas das ilhas da Boavista, Sal e São Vicente ao qual se adiciona a dessalinização das águas do mar, o reaproveitamento de águas residuais e de correntes superficiais de água das chuvas, a perspetiva de aumento da capacidade de produção de energias eólicas e fotovoltaicas bem como o estádio atual de desenvolvimento tecnológico e maior capacidade de investigação nacional instalada em universidades e outras instituições públicas e privadas.

A planta da Jatropha foi frequentemente utilizada em Cabo Verde para estabelecer marcações de propriedades rústicas, para formar cercas vivas, vedar terrenos, formar cortinas de proteção contra vento nas zonas de regadio e, algumas vezes, como tutor para plantas trepadeiras (Furtado, 1989). Segundo o mesmo autor, além do seu uso como lenha, o seu óleo foi tradicionalmente usado na manufatura de sabão, na iluminação e na farmacopeia local.

4. LEVANTAMENTO DE RECURSOS

4.1. Recursos energéticos

Os dados disponibilizados pelo governo apresentam uma inventariação de potencial de energias renováveis distribuídos por diversas fontes e indicam as respetivas abundâncias. Todavia, o aproveitamento desses recursos, até atingir a independência energética, é um grande desafio. Em 2009, de acordo com o Plano Estratégico Setorial de Energias Renováveis (PESER) (Conselho de Ministros, 2012) acima de 95% da eletricidade foi produzida a partir de combustíveis fósseis.

Segundo PESER, Cabo Verde tem um potencial de 3.000 MW em energia renovável, tendo sido identificados mais de 500 MW, em projetos concretos, com custos mais atrativos do que os combustíveis fósseis cujos dados referentes ao potencial energético nacional, em energias endógenas, encontram-se na Tabela V.3.

Tabela V.3 Recursos energéticos endógenos [GWh]

Ilhas	Eólica	Solar	Marítima	Bomb.	RSU	Geot.	Total
Boa Vista	20,4	60	3,5				83,9
Brava	5,95	3					8,95
Fogo	19,55	928,5				3	951,05
Maio	14,45	12					26,45
S. Antão	34,85	176,5	3,5				214,85
S. Nicolau	14,45	10					24,45
S. Vicente	20,22	62	3,5				85,72
Sal	45,9	98,5	3,5		2,5		150,4
Santiago	109,65	215		60	5		389,65
Total	285,42	1565,5	14	60	7,5	3	1935,42

Fonte: adaptado do PESER

Ainda no setor energético, tem-se os dados relativos aos principais setores de consumo e categorias de energia, indicados na Tabela V.4, segundo (Conselho de Ministros, 2015).

Tabela V.4 Consumo energético nacional dos principais setores económicos [GWh]

2013	Butano	Petróleo	Gazolina	Gasóleo	JET A1	Eletricidade	Lenha	Carvão	Total
Transportes terrestres			84,1	578,5					662,6
Transportes marítimos				62,3					62,3
Transportes aéreos					208,6				208,6
Produção de água						19,1			19,1
Atividades Económica	54,4					142,7	11,8	6,4	215,3
Residencial	79,8	5,7				101,5	358,1	0,9	546,0
Total	134,2	5,7	84,1	640,8	208,6	263,3	369,9	7,3	1 714

Fonte: PNAE

4.2. Caraterísticas climáticas e os recursos pedológicos e hídricos

Cabo Verde carateriza-se por ter um clima ameno em que a temperatura média anual situa-se entre os 20 e 25 °C, com precipitações concentradas, normalmente entre os meses de agosto e outubro, esporadicamente, abrangendo os meses de julho e novembro.

Agência de Cooperação Internacional Japão (2010) apresenta uma divisão de Cabo Verde em zonas agroecológicas e faz uma caraterização destas zonas obedecendo ao critério PEDA-2004, segundo o qual o ZAE I se define pela pluviosidade entre 0-200 mm/ano; ZAE II entre 200 a 400 mm/ano; ZAE III entre 400 e 600 mm/ano e ZAE IV superior a 600 mm/ano.

A Tabela V.1 apresenta as principais zonas climáticas de Cabo Verde, segundo critério acima referido, com potencial para o cultivo da Jatropha, suas superfícies e regime pluviométrico.

Tabela V.1 Distribuição de zona agroecológica e precipitação média relativa ao período 1988-2002 (km^2)

Ilhas	Superfície	Áreas de zonas agroecológicas				Área de vegetação		Area arável	Pluviom
		ZAE I	ZAE II	ZAE III	ZAE IV	lenhosa	Florestal		[mm/ano]
Boa Vista	630	620				55	18	5,0	82,0
Brava	64	41	4	12	7	14	8	10,6	229,1
Fogo	476	267	96	80	33	99	23	59,0	446,7
Maio	269	269				72	54	6,6	128,0
S. Antão	779	434	92	195	58	54	22	88,0	409,7
S. Nicolau	345	200	89	48	8	55	25	20,0	220,3
S. Vicente	227	220	6	1		27	22	4,5	80,2
Sal	216	216				17	4	2,2	36,8
Santiago	991	385	344	245	17	505	373	215,0	315,2
Total						**899**	**549**	**410,9**	

Fonte: Elaboração própria com dados de (Agência de Cooperação Internacional Japão (JICA), 2010; Conselho de Ministros, 2010; Instituto Nacional de Estatística, 2017)

Cabo Verde apresenta grande diversidade de solos, mas destacam-se os litossolos e afloramentos rochosos marcados por uma forte tendência erosiva nas regiões montanhosas em que os terrenos são bastante declivosos. Os solos são geralmente pobres e apenas 10% da superfície do país é utilizada para agricultura (Monteiro *et al.*, 2020). Segundo Silva, citado por Monteiro *et al*. (2020), os solos são geralmente pouco evoluídos, pouco profundos e bastante pedregosos, aprestando tendência para alcalinidade, baixo teor de matéria orgânica, fraca capacidade de retenção da água e, entretanto, ricos em elementos minerais. Em termos de importância para atividade agrícola, segundo este autor, classificam-se em solos de encosta, planálticos e leito das ribeiras (principalmente aluviões recentes).

Dado o compromisso do governo de Cabo Verde assumido no decurso da Cimeira sobre o desenvolvimento Sustentável de 2004, realizado em Johanesburgo, surgiu a necessidade da

elaboração do Plano Nacional para a Gestão dos Recursos Hídricos, o qual ficou designado por PAGIRE (Conselho de Ministros, 2010). Deste plano, consta um levantamento de recursos hídricos a nível nacional classificado segundo a origem.

A Tabela V.2 que se segue apresenta os dados relativos aos recursos hídricos naturais e nacionais processados.

Tabela V.2 Recursos hídricos do país [$10^6 m^3$/ano]

Origem	Bruto	Explorado Periodo médio	Explorável periodo seco
Subterrânea	124	65	44
Superficial	181	118	53,1
Dessalinizada	11	0,011	0,011
Tratada	2	0,621	0,621
Total	317,97	183,63	97,73

Fonte: elaborado com base em (Conselho de Ministros, 2010)

5. POTENCIAL DE PRODUÇÃO DA JATROPHA EM CABO VERDE

O clima, os solos, os recursos hídricos e energéticos associados ao mercado do consumo, tudo combinado e conforme o levantamento feito, representam uma oportunidade de, num quadro em que uma escolha criteriosa de tecnologias existentes, montar um circuito económico intersetorial (energia, agricultura, indústria), considerando as restrições que o quadro impõe.

O único inconveniente, tradicionalmente apontado como fator inviabilizante da exploração de biomassa e biocombustíveis em ilhas áridas e semiáridas, a escassez de precipitação, tem seu fundamento no ciclo com centro na pluviometria do arquipélago. Um reposicionamento é tomar como centro do círculo do processo os recursos energéticos renováveis abundantes, o vento e o sol, e apostar na dessalinização de águas oceânicas, bem como aproveitar dos solos disponíveis, encontrar tecnologias e processos que deem soluções para a substituição parcial ou total de energias fósseis. No caso de Cabo Verde, não obstante a escassez da pluviosidade, a agricultura mantem-se persistentemente como principal atividade económica da população do campo, quando não a única, e por isso se torna num recipiente da água que pode tornar-se num importante vetor energético em Cabo Verde.

A capacidade instalada atual e as previsões em dessalinização da água do mar, em tratamento de águas residuais, bem como a captação das águas superficiais, associadas às captações de águas subterrâneas, constituem uma oportunidade excelente para a agricultura

irrigada. Todavia, a capacidade de utilização desses recursos é de um custo proibitivo, com base nos custos atuais de energia, baseada fundamentalmente em fontes de energia fósseis.

A mobilização dos recursos energéticos endógenos mudaria o paradigma de exploração de todos os recursos naturais endógenos, nomeadamente, os solos e os recursos hídricos, através da agricultura. Entretanto, pela via da bombagem para reservatórios elevados, em locais estratégicos conforme sugerida por R. Segurado *et al.* (2016), pode-se introduzir uma nova forma de aproveitamento de energias intermitentes, utilizando novas áreas, antes não aproveitadas, para produção de biomassa. Por esta via e pela produção de biodiesel, a reintrodução de energia renovável na forma de biodiesel para o sistema energético nacional funciona como retroalimentação do sistema. O cultivo da Jatropha (*Jatropha curcas L.*) em moldes apresentados pode, ao mesmo tempo, prestar um serviço ambiental pelo aproveitamento e de solos não aráveis devido à sua pobreza e/ou falta de chuva. O cultivo da Jatropha faz uma conexão, em rede sinergética, entre os setores hídrico, agrícola, de transportes e energético.

A reintrodução e exploração da Jatropha em Cabo Verde vai ao encontro dos objetivos do governo, no que tange à proteção ambiental, à independência e eficiência energética e do desenvolvimento económico e social (Conselho de Ministros, 2015). Isto leva a uma nova perspetiva de utilização da Jatropha como uma das principais formas de armazenamento de energia para o país. Com isto se acrescenta capacidade de armazenamento às já identificadas nos programas do governo, nomeadamente as centrais hidroelétricas com bombagem.

Os dados de 2013 apontam o consumo energético nos setores de: transportes terrestres – 726,2 GWh (59.525 m^3 de Gasóleo); transportes marítimos – 47,9 GWh (3.926 m^3 de Gasóleo), o que representaria, só para o setor dos transportes, uma importação no valor de cerca de 48.883.426 USD. Na produção de água – 19,6 GWh (Eletricidade), em atividades económicas – 185,2 GWh (predominantemente eletricidade) e residencial – 511,6 GWh (distribuído entre butano - 14%, petróleo – 1.5%, eletricidade – 18,7% e lenha – 65,6%) (Costa, 2014). A produção de biodiesel pode ser uma solução para substituição de *diesel* importado, levando a uma substancial economia de divisas, gerando emprego e renda, revalorizando áreas inservíveis para agricultura e ampliando a oferta de energias renováveis, de que as ilhas são tão bem-dotadas.

O Governo de Cabo Verde colocou a si próprio o desafio de atingir a fasquia de 100% de energias renováveis e avançou para a identificação desta tipologia de fontes disponíveis no seu território (GCV, n.d.). Foram inventariadas diversas fontes, cabendo o principal destaque para a eólica e a solar, pela abundância, e pela qualidade de ser despachável, foram identificadas uma capacidade em energia geotérmica - na ilha do Fogo - a reutilização de resíduos para

produção energética - nas ilhas de Santiago e São Vicente - bem como um potencial de uso de reservatório hídrico para produção hidroelétrica com bombagem reversível (Gesto Energy Solutions, 2011).

Através da *Nationally Determined Contributions* (NDC) Cabo Verde expressa o seu compromisso por uma política sustentável, de baixa emissão de carbono e de resiliência às mudanças climáticas e a sua contribuição no esforço global para a redução da emissão e limitação do crescimento da temperatura média global para 2ºC ou 1.5ºC em relação ao nível pré-industrial. Nesse documento, estão delineados estratégias e planos de ação de mitigação elencados em três eixos: Energias Renováveis (ER), Eficiência Energética (EE) e Outras Ações Nacionais de Mitigação (OANM). São considerados os horizontes de 2025 e 2030 para os dois primeiros eixos acompanhadas de uma monitoração bianual através de indicadores pré-definidos. Define como campo de ação, escopo e prioridades os setores de Energia; Transporte; lixo; o complexo agricultura, floresta e outros usos da terra; e a adaptação bem como a emissão de gases de efeito de estufa como: o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e oxido nítrico (N_2O). Ancorando-se em uma abordagem de alargada participação social, faz-se suportar em documentos programáticos que incluem Agenda de Transformação para 2030, Plano Nacional de Eficiência Energética de 2015 (PNAEE), Plano Nacional de Energias Renováveis (PNAER), Plano Estratégico de Água e Saneamento ("PLENAS"), Documento Estratégico de Redução de Crescimento e Redução da Pobreza (DCRP III) e a elaboração de uma estratégia de desenvolvimento de Cabo Verde com baixo índice de carbono e resiliente ao clima. Concomitantemente, Cabo Verde se compromete com a implementação da agenda de Energia Sustentável para Todos (SE4all) e, como sede do Centro Regional para Energia Renovável da ECOWAS, assume a liderança regional na transformação energética da África. Para o efeito, Cabo Verde assinou com a União Europeia, Luxemburgo, Espanha, Portugal e Áustria uma Declaração Conjunta para o Reforço da Cooperação no domínio da Energia Sustentável.

No domínio da Floresta, Cabo Verde assume o compromisso incondicional de longo prazo em levar a cabo uma nova campanha de florestação (ou reflorestação) com vista a atingir a ordem de 10.000 hectares até 2030 e, com apoio internacional, atingir o dobro (20.000 ha), para a mesma meta temporal.

O plantio da Jatropha, com seu potencial para recuperar áreas degradadas e de sequestro de carbono, pode colaborar com outros setores, além do energético, para concretizar a estimativa expressa no NDC, em que num esforço de plantio com sucesso, de 400 árvores por hectare, numa extensão de 20.000 hectares, geraria um ganho pelo sequestro a longo prazo de

360 tCO_2eq/ha, em 30 anos. No limite, pode ser uma real possibilidade de envolvimento da agricultura familiar e das empresas locais no setor energético.

Feitos os levantamentos de dados relativos a disponibilidade de solos, de água e de energia, estima-se a capacidade de produção final do biodiesel, tomando como cenários o compromisso incondicional do governo através do NDC, com base em disposição de 400 plantas por hectare, cenário da disponibilidade de solos e as estimativas de produtividade de Furtado (2007) citado por Semedo (2011), segundo as quais, a média de produção seria de 0,7 kg de sementes por planta e uma percentagem de extração de 26 % do óleo das sementes. Os resultados obtidos dos estudos deste último autor, com as sementes das ilhas de Santiago e do Fogo, são mais favoráveis. Todavia, dado tratar-se a globalidade do território nacional, assume-se 26 % como referência e estimam-se os resultados constantes na Tabela V.5.

Tabela V.5 Projeção de resultados derivados da exploração da Jatropha

Cenários	Área (ha)	Plantas (un)	Sementes (kg)	Óleo (kg)	Captura CO_2(kg)
NDC[(1)]	10 000	4 000 000	2 800 000	728 000	32 000 000
NDC[(2)]	20 000	8 000 000	5 600 000	1 456 000	64 000 000
Furtado	87 955	35 182 000	24 627 400	6 403 124	281 456 000

(1) Compromisso nacional incondicional

(2) Compromisso contando com apoio de parceiros internacionais

Fonte: Elaboração Própria

Os benefícios da produção e uso de biomassa em Cabo Verde prendem-se com aproveitamento de solos, recuperação de águas residuais, captura de energias extras à capacidade de consumo normal (descartadas) e oferta de trabalho para população rural e consequente aumento de renda, retorno de energia consumida em forma de energia renovável de modo despachável e criação de oportunidade para exploração de outros tipos de cultura em consórcio com a Jatropha (Wiesenhütter, 2003).

As várias projeções de produção agroflorestais apresentadas para Cabo Verde, até aqui, são todas elas conservadoras, na medida em que não contam com a disponibilidade adicional de água derivada do aproveitamento das energias renováveis, tanto pela dessalinização como pela bombagem de água. O aproveitamento de energias renováveis viabiliza a exploração da Jatropha para produção do biodiesel em todas as ilhas de Cabo Verde, dada a capacidade de adaptação dessa planta.

A exploração da Jatropha produzida localmente, para produção do biodiesel, tem o seu papel específico no processo de descarbonização da economia nacional e um alcance intersetorial muito maior do que outras formas de armazenamento energético. Consegue, pois,

alcançar, ao mesmo tempo, o aumento da penetração de energias renováveis, referindo-se ao setor energético, com o aumento da permeabilidade a energias renováveis, situando-se no sistema elétrico nacional. Isto traduzir-se-á no aumento da sustentabilidade económico, ambiental e social, bem como no aumento da resiliência do ecossistema cabo-verdiano. Os ganhos imediatos seriam a diminuição da emissão de gases de efeito de estufa, a autonomia e eficiência no uso de recursos naturais energéticos, hídricos e de solos.

Segurado *et al.* (2010) destacam que ilhas que dispõem principalmente de fontes de energia renováveis intermitentes (eólica e solar) têm que enfrentar a necessidade de armazenamento de energia e que nesses territórios o planeamento energético deve ser usado para combinar diferentes fontes, intermitentes e de estoque, para acoplar a demanda elétrica à oferta e garantir a segurança do suprimento. Isto vai ao encontro de estudos levados a cabo, para o governo de Cabo Verde, em que se fez uma inventariação de diferentes fontes endógenos de energias renováveis e identificou algumas formas de os armazenar (Gesto Energy Solutions, 2011). A estas formas de armazenamento energético, acrescenta-se o armazenamento pela produção de biomassa, conforme as partes coloridas da Figura V.1.

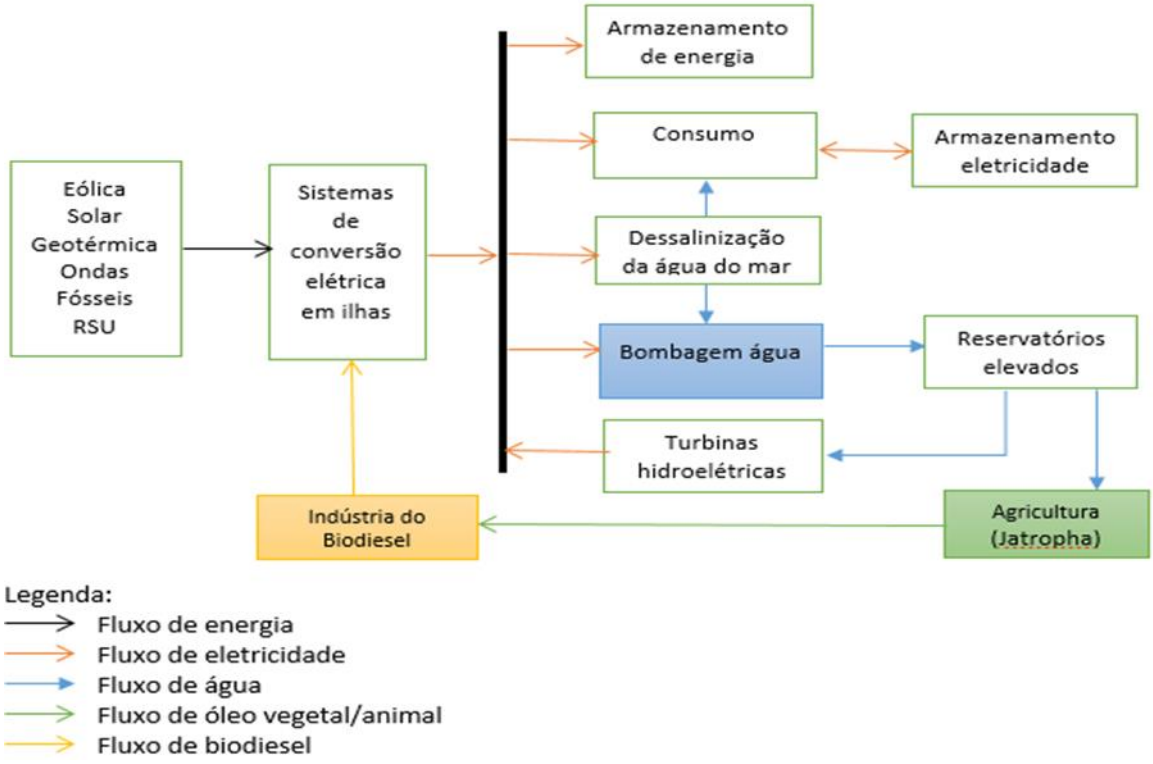

Figura V.1 Esquema de integração de energias renováveis no sistema energético

Fonte: elaboração própria

A contribuição do cultivo da Jatropha, através da criação de oportunidade de trabalho para os agricultores, sua ação contra a mudança global do clima, vai ao encontro dos Objetivos

1 e 13, do Desenvolvimento Sustentável da ONU. Além disso e acima de tudo, o cultivo da Jatropha é feito com base em recursos resultantes da eficiência energética e, portanto, requer menos investimentos em relação aos demais recursos, uma vez que a água utilizada desempenha o papel de carga elétrica controlável para estabelecimento de equilíbrio entre a demanda e a oferta de eletricidade, para levar o sistema de produção a funcionar à beira do seu ponto ótimo de produção.

6. CONCLUSÃO

Uma introdução progressiva da Jatropha (*Jatropha curcas L.*), em função da capacidade económica do país, aqui escalonada numa extensão superficial de 10.000, 20.000 e 87.955 ha, permitiria obter 4.000.000, 8.000.000 e 35.182.00 plantas, respetivamente. Em termos de óleo, daria uma quantia de 728, 1.456 e 6.403,124 toneladas, respetivamente, e uma emissão reprimida de 32.000, 64.000 e 281.456 toneladas de CO_2. Estes resultados dão indicações no sentido de confirmar a oportunidade da descarbonização da economia cabo-verdiana pela via reintrodução do cultivo da Jatropha em Cabo Verde, atividade com potencial de fazer uma interação entre os setores energético, agrícola e hídrico, favorecendo a intensidade energética da economia nacional, configurando-se assim um ganho em cadeia.

Os principais fatores da produção da Jatropha em Cabo Verde são a existência de terras disponíveis, caraterísticas edafoclimáticas locais que favorecem a esta cultura e, principalmente, a abundância de recursos energéticos renováveis passíveis de serem transformados em recursos hídricos, pela via da dessalinização da água do mar e bombagem para locais elevados. Assim sendo, a exiguidade de terreno é o principal limitador da capacidade produtiva nacional da Jatropha, uma vez que a terra é uma invariável.

Os principais riscos subjacentes ao cultivo da Jatropha têm a ver com as pragas e a não apropriação, por parte da população agrária dessa cultura.

O cultivo da Jatropha para produção de biocombustíveis, de um modo geral, e biodiesel, em particular, é um fator de sustentabilidade para a economia, o meio ambiente e a estrutura organizacional da agricultura tradicional de Cabo Verde. Trata-se de um processo neutro em carbono, resultante da introdução de energia limpa e endógena, que favorece a recuperação e enriquecimento de solos, combate a erosão eólica e hídrica, favorece o aumento de fixação de água nos solos tornando-os aproveitáveis para outras culturas de uso alimentar imediato.

A exploração planificada da Jatropha não só não restringe a produção de alimentos como aumentá-la-ia. Promoveria mais inclusão social, pelo aumento de rendimento, ao criar trabalho

no cultivo e na colheita de sementes da purgueira, e ainda ao introduzir a indústria de produção do biodiesel. O resultado esperado é uma evolução saudável da intensidade energética e carbónica da economia do país e o aumento da capacidade e flexibilidade de despacho de energia renovável e a diminuição do custo variável de produção de energia elétrica.

O cultivo da Jatropha promove a redução das vulnerabilidades às mudanças climáticas nas regiões de plantação, favorece a biodiversidade e estabelece uma nova dinâmica no setor económico do país ao criar uma interação de retroalimentação entres diferentes setores económicos, nomeadamente: energético, hídrico, agroflorestal e industrial, fazendo um alinhamento aos Objetivos 1, 7, 8 e 13, do Desenvolvimento Sustentável da ONU.

7. REFERÊNCIAS

Agência de Cooperação Internacional Japão (JICA). (2010). O Estudo do Desenvolvimento Rural Integrado das Bacias Hidrográficas da Ilha de Santiago da República de Cabo Verde.

Bermann, C. (2008). Crise ambiental e as energias renováveis. Ciênc. Cult. (Säo Paulo), 60(3).

Carreira, A. (1977). Cabo Verde: classes sociais, estrutura familiar, migrações. Biblioteca Ulmeiro nº 9.

Conselho de Ministros. (2010). Resolução no 66/2010 de 24 de Novembro que aprova o Plano de Acção Nacional Para a Gestão Integrada Dos Recursos Hídricos. I série —No 45 2o Sup. «B. O.» Da República de Cabo Verde —24 de Novembro de 2010. http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cvi119727.pdf.

Conselho de Ministros. (2012). Resolução no 7/2012 de 3 de Fevereiro que aprova o Plano Estratégico Sectorial das Energias Renováveis (PESER). I Série — No 7 «B. O.» da República de Cabo Verde — 3 de fevereiro de 2012. http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cvi120615.pdf.

Conselho de Ministros. (2015). Resolução no 100/2015 de 15 de Outubro que aprova o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER). I Série — No 61 «B. O.» Da República de Cabo Verde — 15 de Outubro; Imprensa Nacional de Cabo Verde. http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cvi149034.pdf.

Furtado, J. V. (1989). Agronomia da Purgueira (*Jatropha curcas L.*) em Cabo Verde.

Gesto Energy Solutions. (2011). Plano Energético Renovável de Cabo Verde.

Government of Cabo Verde (GCV). (n.d.). Intended Nationally Determined Contribution of Cabo Verde. https://www.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Cabo Verde First/Cabo_Verde_INDC_.pdf.

Instituto Nacional de Estatística. (2017). Anuario Estatístico de Cabo Verde. http://ine.cv/wp-content/uploads/2017/12/aecv-2016-1.pdf.

Mahendru, V. (2018). Electricity for the 21st Century - for all. IEC E-Tech, 05/2018, Tech & innovation. https://etech.iec.ch/issue/2018-05/electricity-for-the-21st-century-for-all

Mello, F., Müller, J. A., Cargnin, A., & Albrecht, J. C. (2008). Incidencia de Oidium sp. e Polyphagotarsonemus sp. em Pinhão Manso (*Jatropha curcas L.*). In Embrapa (Ed.), Savanas Tropicais (p. 8). http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio_pc210/trabalhos_pdf/00545_trab2_ap.pdf.

Ministério da Economia Crescimento e Competitividade (MECC). (2008). Política Energética de Cabo Verde.

Mishra, S. N. (2014). Design of resource use: case of Jatropha-based biodiesel in India. Journal of Rural Development, 33, 1–13.

Monteiro, F., Fortes, A., Ferreira, V., Essoh, A. P., Gomes, I., Manuel Correia, A., & Romeiras, M. M. (2020). Current status and trends in Cabo Verde agriculture. Agronomy, 10(1). https://doi.org/10.3390/agronomy10010074

Sato, M., Bueno, O. D. C., Esperancini, M. S. T., & Frigo, E. P. (2009). A cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas L.*): uso para fins combustíveis e descrição agronômica. Varia Scientia, 7(13), 47–62.

Saturnino, H. M., Pacheco, D. D., Kakida, J., Tominaga, N., & Gonçalves, N. P. (2005). Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas L.*). Informe Agropecuário, 26, 44–78.

Segurado, R., Madeira, J. F. A., Costa, M., Duić, N., & Carvalho, M. G. (2016). Optimization of a wind powered desalination and pumped hydro storage system. Applied Energy, 177, 487–499. https://doi.org/doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.05.125

Segurado, Raquel, Krajačić, G., Duić, N., & Alves, L. (2010). Increasing the penetration of renewable energy resources in S. Vicente, Cape Verde. Applied Energy, 88(2), 466–472. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.07.005

Semedo, E. S. B. L. (2011). Utilização de sementes de *Jatropha curcas L.* provenientes de Cabo Verde para a produção de biodiesel. Universidade Nova de Lisboa.

Sotolongo Pérez, J. Á., Díaz García, A. A., Sofía, M. de O. L., del Valle Atala, Y., & García Pavón, S. (2007). Potencialidades Energéticas y Medioambientales del Árbol *Jatropha Curcas l.* en las Condiciones Edafoclimáticas de la Región Semiárida de la Provincia de

Guantánamo. Tecnología Química, XXVII(2), 76–82 http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543753012

Vianna, J. N. de S., Pereira, M. C., Duarte, L. M. G., & Wehrmann, M. E. (2012). Revista Brasileira de Geografia Física. Revista Brasileira de Geografia Física, 06, 1426–1445.

Wiesenhütter, J. (2003). Use of the physic nut (*Jatropha curcas L.*) to combat desertification and reduce poverty.

VI. IMPACTOS DO BIODIESEL SOBRE A ECONOMIA, MATRIZ ENERGÉTICA, MEIO AMBIENTE E AGRICULTURA EM CABO VERDE

Manuel Robalo Évora[1], António J. M. Santos Baptista[2], João Nildo de Souza Vianna[3],

[1]Doutorando em Gestão e Políticas Ambientais, Universidade de Cabo Verde e REALP
[2]Professor Doutor, Escola de Negócios e Gestão da Universidade de Cabo Verde
[3]Professor PhD, Centro do Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília

RESUMO

Geralmente, a produção de biocombustíveis tem impacto no setor energético a jusante do processo de produção, ao iniciar o ciclo pela água. A possibilidade do início do ciclo pela incorporação de energias renováveis intermitentes, faz com que o impacto no setor energético aconteça logo, a montante. Neste trabalho, é apresentado um estudo da produção do biodiesel da Jatropha (*Jatropha curcas L.*) como uma solução parcial para a geração de energia para uso no setor elétrico e na mobilidade. O objetivo deste trabalho é avaliar a sustentabilidade do investimento na produção do biodiesel em Cabo Verde. Os métodos usados são a pesquisa exploratória e bibliográfica para o levantamento dos diferentes recursos necessários para o cultivo da Jatropha e dos fatores de transformação desde os recursos energéticos até o estado final do ciclo, o biodiesel. Os impactos são medidos pela quantidade do diesel que se deixa de importar e pelas externalidades nos ciclos intermédio entre a energia renovável introduzida no sistema energético e o biodiesel produzido no final do ciclo. Pelos impactos positivos na economia, no setor energético, no meio ambiente e na agricultura tradicional, de que dá testemunho a avaliação descritiva do ciclo de vida do biodiesel da Jatropha, tornam-se atrativos os investimentos na produção do biodiesel, visando a descarbonização da economia cabo-verdiana.

Palavras-chave: Biodiesel, energia, descarbonização

ABSTRACT

Generally, the production of biofuels has an impact on the energy sector downstream of the production process, by starting the cycle with water. The possibility of starting the cycle by incorporating intermittent renewable energy makes the impact on the energy sector happen soon, upstream. This paper presents a study of the production of biodiesel from *Jatropha curcas L*. (*purgueira*) a partial solution for energy generation for use in the electricity sector and mobility. The objective of this work is to assess the sustainability of investment in biodiesel production in Cabo Verde. Methods used are exploratory and bibliographical research to survey the different resources of jatropha cultivation and the transformation factors from energy resources to the final stage of the cycle, biodiesel. Impacts are measured by the amount of diesel that is no longer imported and by the externalities in intermediate cycles between the renewable energy introduced into the energy system and the biodiesel produced at the end of the cycle. By the positive impacts on the economy, energy sector, environment, and traditional agriculture, as shown in the descriptive evaluation of the life cycle of Jatropha biodiesel, investments in biodiesel production become attractive, aiming at decarbonization of the Cape Verdean economy.

Keywords: Biodiesel, energy, decarbonization

1. INTRODUÇÃO

Biodiesel é um combustível biodegradável, não toxico e de baixa pegada de CO_2, quando usado em motores de combustão interna. Jatropha (*Jatropha curcas L.*) uma oleaginosa não comestível, adequa-se à produção de biocombustíveis, devido às suas origem e propriedades agrícolas, botânicas e físico-químicas. Pelo sucesso da experiência passada da sua presença em Cabo Verde, esta planta apresenta-se com caraterísticas especialmente adaptáveis para este país, tanto para produção de energia renovável quanto pela eficiência ambiental, como sorvedor de CO_2 e melhoramento de solos.

A produção de biodiesel tem potencial para contribuir para a substituição de importação do *diesel*, levando a uma substancial economia de divisas. As atividades agrícolas por detrás da Jatropha é promissor em termos de geração de emprego e renda além de revalorizar áreas inservíveis para agricultura convencional. No setor energético há a considerar a ampliação da oferta de energias renováveis, suprindo a carência de fontes de energia de estoque. O seu potencial em contribuir para superar as sazonalidades das energias solar e eólica, aumenta a segurança energética do sistema. Ao mesmo tempo, o uso do biodiesel tem a particularidade de valorizar os investimentos em equipamentos de combustão interna existentes, aproveitando a flexibilidade de gestão energética com estes equipamentos pelo facto de serem despacháveis. Paralelamente, contribui para redução das emissões de gases poluentes e, ainda, o resíduo da Jatropha tem grande potencial de aproveitamento como fertilizante. Resultados de pesquisas atuais demonstram que há potencialidade para o uso da torta da Jatropha na suplementação (Mendonça *et al.*, 2012), segundo o qual o resultado de suas pesquisas dão esperanças em obter processos industriais viáveis e capazes de desintoxicar a torta de Jatropha. Entretanto, devido à sua grande diversidade genética, a escolha da espécie que vai ser cultivada deve ser feita com muito critério.

A implantação do seguimento industrial, uma usina de biodiesel, traz consigo várias externalidades positivas. A infraestrutura de fabricação do biodiesel da Jatropha pode ser usada para outros óleos vegetais e resíduos de óleo usado na fritura. Adicionalmente, todos os equipamentos de transporte e de armazenamento de combustível podem ser usados do mesmo modo que o biodiesel. Além de poder substituir o diesel na geração de eletricidade, o biodiesel pode também substituí-lo na mobilidade urbana e marítima.

Sob a consideração do acordo de Paris e aos compromissos internacionais, para frear o aquecimento global, é indispensável que a sociedade e o governo discutam o papel do biodiesel na independência energética de Cabo Verde. Pode ser uma oportunidade para geração de efeitos

favoráveis na economia de divisas, na inclusão social bem como nas medidas que serão necessárias para criar uma cadeia produtiva moderna e competitiva. Esta pesquisa pretende contribuir para esta discussão. Adicionalmente, sua atualidade está também na aderência aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 1, 7, 8, 9 e 13, da Agenda 2030 da ONU.

O objetivo deste trabalho é o de analisar os impactos que a produção de biodiesel poderá causar sobre a economia, na matriz energética, sobre o meio ambiente e sobre a estrutura organizacional da agricultura de Cabo Verde. Adota-se o método de pesquisa exploratória e bibliográfica para, a partir do potencial produtivo do biodiesel, calcular a quantidade do diesel que é substituída e deixada de ser importada. A abordagem dos impactos resultantes é feita a partir da quantidade de diesel que é retirada da importação e a quantidade de CO_2 que deixa de ser emitida para a atmosfera. Faz-se uma aproximação ao *Clean Methodology Mechanism* recomendado pela *Framework Convention on Climate Change*, dado que não existem Zonas de Desenvolvimento para Energias Renováveis (ZDER) determinadas, como existem para outros tipos de fontes de energias renováveis em Cabo Verde. Além disto, está-se numa fase de apresentação de um suporte preliminar para uma a decisão de criação de Política Ambiental que inclui a Jatropha. Pretende-se, assim, que este biocombustível desta planta amplie a matriz energética nacional, induza a captura de energias e água disponíveis e não aproveitadas, reforce a agricultura pela via do aproveitamento de solos inservíveis para agricultura, empodere famílias de agricultores, reprima e missão e capture CO_2 emitido para o ambiente. A realização dessa pretensão traduz-se em ganhos económicos sociais e ambientais.

2. METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos neste artigo, foi realizada uma pesquisa documental, consultando artigos científicos, documentos oficiais e relatórios, bem como estudos descritivos sobre a produção e uso de biodiesel, nas suas fases agrícola e industrial. O recorte geográfico abrangeu a experiência da Índia, Brasil, Mali e Moçambique.

A partir dos dados da Direção Nacional de Indústria Comércio e Energia (DNICE) e dos Relatórios Anuais das empresas nacionais produtoras de energia, fez-se um levantamento da utilização dos combustíveis fósseis e da produção nacional de eletricidade. Estes dados são relacionados com o potencial de produção do biodiesel, da Jatropha (*Jatropha curcas L.*) cultivada localmente, avaliados a partir de dados encontrados na literatura existente sobre a produção e a produtividade da Jatropha em Cabo verde e das caraterísticas das sementes localmente produzidos. Dos cálculos baseados em dados recolhidos, avaliam-se os potenciais

impactos do uso do biodiesel no setor económico, na matriz energética, no meio ambiente e na agricultura tradicional.

Para ultrapassar a seca que carateriza o ciclo agrícola nacional, considera-se a recuperação de águas residuais e a dessalinização pelo uso de energias rejeitadas no processo de produção de energia, e na bombagem dessas águas para campos de irrigação como suprimento do *déficit* hídrico resultante da seca e que comprometeria a produção da Jatropha.

Dada a falta de informações sobre o ciclo de vida da produção da Jatropha nacional e não sendo este o escopo deste estudo, optou-se pela avaliação em função da substituição das emissões resultantes do uso de combustíveis fósseis, partindo do princípio de que o balanço do dióxido de carbono nas fases intermédias será neutro ou até ambientalmente favoráveis pelo que se considerou apenas energia renovável introduzida na matriz no início do ciclo e a energia do biodiesel que retorna à matriz energética, no fecho do ciclo.

O impacto sobre as projeções do ano 2025, é avaliado pela substituição do *diesel* que seria necessário, para produção de energia, pelo biodiesel endógeno.

A fragilidade deste estudo prende-se com a falta de estudos sistemáticos da produção, da agronomia e botânica da Jatropha nas diversificadas condições agroclimáticas de Cabo Verde.

3. BIODIESEL DA JATROPHA

A Jatropha (*Jatropha curcas L.*) apresenta uma produtividade média de óleo de 172g por planta, um máximo de 561,35 g e mínimo de 9,07 g (Reis *et al.*, 2015). As sementes de Jatropha das ilhas de Santiago e do Fogo submetidos à extração do óleo com solvente resultou em 53,7% e 46,6%, respetivamente (Semedo, 2011). Por sua vez, Münch & Kiefer (1986) citados por Wiesenhütter (2003), apontam para uma produtividade entre 780 e 2.250 kg de sementes por hectare.

Furtado (1989) aponta que colheitas experimentais, em Cabo Verde, de plantas subespontâneas na zona de loura, em diversas categorias de solo, produziram uma média aproximada de 600 a 800g de sementes secas por planta. Indica ainda que uma variação de peso de uma semente de 0,357 a 0,887 g e o peso de 1000 grãos a situarem-se entre 410 g e 727 g. Segundo o mesmo, 1 litro de sementes contém cerca de 686 grãos cuja percentagem de óleo situa-se, para semente inteira, em 39,17% e, para o núcleo, eleva-se a 59,78%.

Gonçalves (2006), Stanley & Bradley (2008)), citados por Mishra (2014), vêm uma crescente ênfase no biocombustível na superação do *déficit* do pool de petróleo, redução da

emissão de gases de efeito estufa (GEE), geração de empregos e rentabilidade agrícola impulsionando-se como commodity.

O biodiesel apresenta a vantagem de reduzir as emissões (40 a 60%) porque uma boa parte do gás carbónico emitido na queima do combustível é absorvida durante o crescimento da cultura da matéria-prima (Bermann, 2008). Entretanto o biodiesel aumenta as emissões de nitrogénio, quando usado em motores de combustão interna que vai resultar na produção de oxidantes fotoquímicos.

3.1. Experiências diversas da produção do biodiesel da Jatropha

Das experiências de outros países, escolheram-se, como referências, a Índia, Moçambique, Mali e Brasil, países com situações diferenciadas e distribuídos por três continentes e servem para uma comparação situacional com Cabo Verde.

Índia

Na Índia, com base em experimentos de campo, o balanço hídrico e o potencial de produção foram estimados para bacias hidrográficas, à escala regional e usando modelos de simulação, 26 milhões de hectares de terra degradada (30% do total) com potencial de produzir cerca de 30 milhões de toneladas de sementes de Jatropha a cada ano, em média (Wani *et al.*, 2016). O governo Indiano determinou, na sua política, um desenvolvimento acelerado e promoção do cultivo, a produção e uso de biocombustíveis para substituir combustíveis fósseis no transporte e em aplicações estacionárias, contribuindo para a segurança energética, mitigação das mudanças climáticas, criação de novas oportunidades de emprego e desenvolvimento ambientalmente sustentável (Government of Índia, 2009). O objetivo era garantir que um nível mínimo de biocombustíveis estivesse prontamente disponível no mercado para atender a qualquer demanda. Foi proposta uma meta indicativa de 20% de mistura de biocombustíveis, tanto para biodiesel quanto para bioetanol. Até 2017 era uma recomendação do curto prazo. Segundo Govt. of India (2018), foi revista a meta inicial e ficou o percentual de mistura de 20% de etanol na gasolina e mistura em 5% de biodiesel do gasóleo até 2030.

Moçambique

Alves (2014) efetuou um estudo sobre biodiesel em Moçambique, com o objetivo de realizar uma análise integrada, no quadro da Política e Estratégia de Biocombustíveis nas dimensões ambiental, social, alimentar, energética, hídrica e da biodiversidade. Segundo o autor, as dimensões segurança alimentar e energética, ao lado da inclusão social, representam as maiores oportunidades para os biocombustíveis, particularmente o biodiesel. Por outro lado,

observa que há ameaças relacionadas com a associação da produção do biodiesel e o potencial conflito de terras, falta de infraestruturas, crise financeira nos países de origem do capital, pesquisas insuficientes e nenhuma diversificação da matéria-prima. Ribeiro & Matavel (2009), partindo da análise da alta capacidade de produção da Jatropha em solos pobres, baixa exigência de água e baixo nível de cuidados e outros argumentos, conclui que a Jatropha em Moçambique não atendeu a nenhuma das expectativas criadas, e está em alto risco de piorar os meios de subsistência e a soberania alimentar nas áreas rurais.

Os argumentos dominantes sobre a Jatropha, como uma cultura de biocombustível segura para a segurança alimentar e outros, foram considerados desinformações, ou informações incompletas, quando comparados com evidências dos desenvolvimentos atuais da Jatropha em Moçambique. Flemming & De Jongh (2009) referem a um estudo da Jatropha para produção local do óleo através de um projeto piloto. Nesse estudo avaliaram-se a viabilidade de melhorar o desenvolvimento local, usando o óleo de Jatropha produzido localmente para operar motores a *diesel* convertidos para óleo de Jatropha puro, bem como para a produção local de sabão e óleo de lâmpada. A conclusão do estudo é que a produção de óleo de Jatropha para uso local é tecnicamente viável e iniciou-se a prensagem de óleo e testes de motores a *diesel* convertidos para funcionar com óleo de Jatropha que seria economicamente rentável e compara-se favoravelmente a fontes de rendimento alternativas. O projeto é único e, recentemente, recebeu muita atenção de vários atores interessados em ampliar a abordagem.

O impacto no balanço de CO_2 depende, em grande parte, do caminho de desenvolvimento que as comunidades seguirão no futuro. Se as atuais práticas agrícolas de agricultura itinerante continuarem, a introdução da Jatropha, provavelmente, não alterará o balanço de CO_2 das operações agrícolas. No entanto, terá um impacto global positivo no equilíbrio de CO_2 das comunidades, reduzindo o uso de combustível fóssil.

Brasil

A Embrapa Agroenergia iniciou o projeto de pesquisa, desenvolvimento e inovação para produção de biodiesel denominado BRJATROPHA, a partir da Jatropha, e o CNPq contribuiu com as pesquisas desde 2013, e terminou em 2016 (Almeida *et al.*, 2017). Ainda, este mesmo autor, realça que a principal barreira do avanço da Jatropha é o interesse privado, devido à ausência de vantagens fiscais e/ou leis que indicassem a proibição do uso de oleaginosas que são fontes de alimento, salientando a soja, na produção de biocombustíveis. Garcez & Vianna (2009) apontam falta de incentivos, de treinamento e de mecanismos de política como uma fraqueza da Política Brasileira do Biodiesel perante a situação de a soja ser a matéria-prima

dominante, além de se concentrar a sua produção na região centro-oeste do país e uma limitada participação agricultores familiares, o que representa uma ameaça à sustentabilidade da produção nacional do biodiesel. Entretanto, no horizonte 2030, Dias & Vianna (2017) perspetivam que decisões acerca do desmatamento, regularização da posse da terra e de recuperação de terras degradadas, terão influência na produção de matérias-primas para o biodiesel.

Mali

Mali vem usando óleo da Jatropha na produção elétrica em zonas rurais desde os anos 1990. Entretanto, apenas se inicia na produção em larga escala do biodiesel visando a substituição da importação de combustíveis fósseis e a exportação (Mitchell, 2011). O óleo da Jatropha é utilizado na eletrificação rural e em veículos. Prevê-se uma segunda fase de desenvolvimento do biodiesel para exportação, para destinos de acesso preferencial. Numa terceira fase, está prevista a produção e venda de biodiesel na rede de distribuição retalhista. Este processo tem contado com o apoio da Agência Alemã para Cooperação Técnica na implementação de um sistema da Jatropha.

Dos países, até aqui referidos, a Índia apresenta uma maior ambição, aposta e engajamento do seu governo, e tem a população rural agrícola como seu principal agente. Moçambique e Mali, apesar de também apresentarem uma aposta dos respetivos governos no desenvolvimento da Jatropha, o protagonismo pertence aos investidores externos e às grandes empresas, e regista uma concorrência à agricultura alimentar de subsistência. O Brasil se encontra na dependência do interesse privado que conta com a facilidade da exploração da soja, com uma elevada cota de produção no mercado de produção do biodiesel, em detrimento da Jatropha e o interesse no seu desenvolvimento.

3.2. Situação atual para produção do biodiesel da Jatropha em Cabo Verde

Biodiesel é uma mistura de ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos, obtidos da reação de transesterificação de triglicerídeo com álcool de cadeia curta, metanol ou etanol, respetivamente. Na Europa, este combustível encontra-se normalizado pelas normas DIN 14214. Nos Estados Unidos da América existe a Norma ASTM D-6751 em que são definidas as propriedades e caraterísticas. As matérias primas para biodiesel são óleos vegetais, gorduras de animais, óleos e gorduras residuais. Como os óleos vegetais e as gorduras de animais não possuem enxofre, o biodiesel é completamente isento desse elemento. Sendo uma mistura de ésteres de ácidos carboxílicos, torna solúvel um grupo muito grande de substâncias orgânicas, incluindo-se as resinas que compõem as tintas. As propriedades fluidodinâmicas do biodiesel

são semelhantes às do óleo mineral (Parente, 2003). Este autor elenca, pelo menos, cinco vantagens do biodiesel sobre o óleo *diesel* do petróleo. Dadas as semelhanças fluidodinâmicas e termodinâmicas, os desempenhos e os consumos são praticamente equivalentes, não exigindo nenhuma modificação dos motores para funcionar regularmente com um ou outro combustível. Por outro lado, tornam-se vantajosas as misturas de biodiesel com *diesel* mineral, que pode ser em qualquer proporção. Misturas biodiesel/diesel mineral, com designação de ecodiesel B-XX (B10, B20, B50, B100), por exemplo, podem ser opções. No que respeita ao desempenho, este autor recorre aos dados de 2006 do Ministério de Ciências e Tecnologia, segundo os quais, a substituição pelo óleo cru vegetal pode trazer alguns problemas aos motores pelo que indica mudanças no motor ou o processo de transesterificação do óleo como solução para o problema, aproveitando a glicerina resultante para indústria química.

Um estudo sobre método de produção do biodiesel da Jatropha conclui que a produção do biodiesel passa por equipamentos e metodologias utilizados na transesterificação, com vista a uma melhor qualidade e rendimento do combustível (Raj & Bhandari, 2017). Destaca, porém, que o uso tradicional de catalisador ácido ou alcalino tem desvantagens em comparação com transesterificação catalisador por lipase. Afirma este autor que, na presença da água, a formação de sabão torna o processo económico e ambientalmente caro se usado o ácido ou álcali na transesterificação e os custos da preparação de lipase imobilizada é o principal obstáculo à adoção comercial da produção de biodiesel catalisada.

O mesmo autor refere que muitas tecnologias, com atividade enzimática diferente e atividade de metais pesados, podem fornecer uma melhor forma de produção futura de biodiesel a partir de sementes da Jatropha.

Semedo (2011) estudou as sementes de Jatropha das ilhas de Santiago e do Fogo para a produção do biodiesel. Segundo ele, na extração do óleo das sementes com solvente, obteve 53,7% para as sementes de Santiago e, para as sementes da ilha do Fogo – 46,6%. Reporta o mesmo autor que todas as amostras revelaram um valor de iodo inferior ao limite máximo especificado para o biodiesel (120 g I2/100 g), indicando a sua estabilidade. Sua caraterística oleicolinoleico; o índice de acidez, mais elevado para as mostras da ilha do Fogo do que para as da ilha de Santiago, cumprindo a norma EN 14214. Segundo o mesmo resultado, a transesterificação enzimática dos óleos de variedades cabo-verdianas de Jatropha, utilizando a lipase comercial Lipozyme TL IM mostrou ser uma alternativa para a produção de biodiesel e reforça que a baixa temperatura de reação exigida, possibilidade de uso de diminuta quantidade de catalisador e a reutilização de lipase, sem que o teor de ésteres metílicos se degrade

substancialmente, podem permitir a redução do preço do produto final, fazendo que a produção do biodiesel, deste modo, seja competitiva com outros processos.

Numa pesquisa patrocinada pela *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit* (GTZ) GmbH em Cabo Verde conclui-se que, em teoria, determinadas condições tornam-se interessante o uso das sementes da Jatropha, sublinhando a sua viabilidade técnica. Assinala, todavia, que um uso multifacetado da Jatropha requer uma produção agrícola diversificada e processamento de plantas, uma grande quantidade de insumos, organizacionais e técnicos, e mercado (Wiesenhütter, 2003).

Cada país encontra seu percurso próprio em função da respetiva situação socioeconómica, edafoclimática e ambiental para produção do biodiesel. Mur (2019) apresenta experiência da Colômbia e do Brasil em que são notáveis pontos semelhantes e pontos divergentes, apesar de um acentuado paralelismo de percurso. A Colômbia assume a monocultura do dendê e respetiva exportação, perspetivando um desempenho ambientalmente sustentável com incorporação de variáveis ambientais. Já no Brasil, assume-se uma diversidade de fontes do biodiesel, direcionamento da produção para consumo interno e o compromisso com variáveis técnicos e socioeconómicos, sem expressa preocupação ambiental, e a inclusão das famílias no processo foi garantida através da política do selo família. Os dois países convergem na relativa derrapagem no cumprimento de metas do biodiesel, tendo a Colômbia falhado na implementação do diesel com 10% de biodiesel (B10) desde 2010 e B20 (20% de biodiesel) desde 2012. O Brasil deveria ter já atingido a meta do B30 (30% de biodiesel). Ambos encontram-se na eminência da passagem do B12 (12% de biodiesel) para B15 (15% de biodiesel) (Mur, 2019).

4. PANORAMA DA INTEGRAÇÃO DO BIODIESEL

4.1. Potencial de utilização do biodiesel em território Nacional

A Tabela VI.1 retrata os dados fornecidos pela Direção Nacional da Indústria Comércio e Energia (DENICE), relativos ao uso de gasóleo no território nacional, na produção de eletricidade, nos transportes terrestres e marítimos.

A Tabela VI.1 mostra dados da Direção Nacional Indústria Comércio Energia (DENICE).

Tabela VI.1 Consumo de Gasóleo 2018, por setor (t)

Ilhas	Produção	Transportes	
	Eletricidade	Terrestre	Marítimo
Santo Antão	3 466	2 556	-
São Vicente	425	4 747	-
São Nicolau	1 601	964	-
Sal	2 028	4 740	-
Boa Vista	3 903	2 059	-
Maio	856	414	-
Santiago	29	27 398	-
Fogo	3 171	1 844	-
Brava	677	179	-
Total	**8 636**	**44 900**	**4 303**

Fonte: elaboração própria - dados da (DNICE)

Feitos levantamentos de dados relativos a disponibilidade de solos, de água e de energia, estimam-se as potencialidades de produção final do biodiesel, de acordo com o Compromisso Nacional Incondicional (NDC) e Furtado (1989), para a globalidade do território nacional, e os resultados constam na Tabela VI.2, estimando a captura de 8 kg de CO_2 por planta por ano e rendimento de 26% da semente para ser transformado em óleo vegetal.

Tabela VI.2 Projeção de resultados derivados da produção da Jatropha e biodiesel derivado

Cenários	Área (ha)	Plantas (un)	Sementes (t)	Óleo (t)	CO_2 (t)	Biodiesel (t)
NDC[(1)]	10 000	4 000 000	2 800	728	32 000	728
NDC[(2)]	20 000	8 000 000	5 600	1 456	64 000	1 456
Furtado	87 955	35 182 000	24 627	6 403	281 456	6 403

[(1)] Compromisso nacional incondicional

[(2)] Compromisso contando com apoio de parceiros internacionais

Fonte: elaboração própria

A transformação do óleo vegetal em biodiesel pela transesterificação é um processo de alto rendimento em massa. Dada a pequena variação de massa na transformação do óleo em biodiesel, considera-se que o óleo é completamente transformado em biodiesel, o que daria para os três casos considerados, 728, 1.456 e 6.403,124 toneladas de biodiesel, respetivamente, para os dois cenários NDC[(1),(2)] e o de maior superfície (Tabela VI.2).

A produção de energia elétrica em Cabo Verde em 2018 retrata-se na Tabela VI.3

Tabela VI.3 Produção de energia elétrica em 2018

2018	Superfície (ha)	Térmica (GWh)	Renovável (GWh)	Total (GWh)
Cabo Verde	**403 300**	**396,2**	**95,6**	**491,8**
Santo Antão	77 900	15,0	1,4	16,4
São Vicente	22 700	56,2	21,0	77,2
São Nicolau	34 500	6,8	0,0	6,8
Sal	21 600	69,3	22,6	91,8
Boa Vista	63 000	31,8	8,8	40,6
Maio	26 900	3,6	0,0	3,6
Santiago	99 100	197,0	41,8	238,8
Fogo	47 600	13,8	0,0	13,8
Brava	6 400	2,8	0,0	2,8

Fonte: Elaboração própria com dados da DENICE

As centrais térmicas geraram 396.200 MWh, em 2018, ultrapassando o portal 80% da energia elétrica do país. Esta geração resultou na emissão de 294.041 t CO_2eq, considerando os fatores de conversão em Coutinho & Vianna (2020), 742,1 g CO_2eq /KWh para produção a *diesel*. As renováveis geraram 95.600 MWh e, considerando todo o ciclo de vida dos equipamentos, terão produzido 5.354 tCO_2eq, tendo em conta um valor médio de 56 g CO_2eq/kWh para a energia eólica (Coutinho & Vianna, 2020). O total de emissão do setor elétrico é 299.970 tCO_2eq.

O plantio de 87.955 ha de Jatropha permitiria abater 781.744 tCO_2 (Tabela VI.2), substituindo 8% do gasóleo consumido no país.

Vai-se relacionar o potencial de produção do biodiesel com o ano de referência, 2018, e com o cenário estimado para 2025, Tabela VI.4, no estudo levado a cabo por Coutinho & Vianna (2020).

Tabela VI.4 Projeção de produção de eletricidade em 2025, cenário 50% renováveis

2025	Térmica (GWh)	Renovável (GWh)	Demanda (GWh)
Cabo Verde	**318,3**	**315,01**	**633,34**
Santo Antão	13,4	5,03	18,5
São Vicente	23,5	68,32	91,9
São Nicolau	6,4	2,03	8,4
Sal	104,2	27,69	131,9
Boa Vista	15,5	39,42	54,9
Maio	1,0	2,96	4,0
Santiago	146,6	157,44	304,0
Fogo	9,4	7,33	16,7
Brava	-1,8	4,79	3,0

Fonte: elaboração própria a partir de Coutinho & Viana (2020)

Há a considerar o quadro dos recursos renováveis endógenos que foi avaliado em 1935,42 GWh, segundo Conselho de Ministros (2015). Estima-se, segundo esse documento,

que os recursos endógenos renováveis totalizam 1935,42 GWh, compostos em 80.89% de energia solar, 14,75% de energia eólica, 3,1% em Bombagem Reversível, 0,72% em energia de origem marítima, 0,388% de Resíduos Sólidos Urbanos e 0,155% da Geotermia.

No cenário pessimista (NDC(1)) é possível uma mistura e substituição parcial e alternada do gasóleo utilizado nos setores da produção de eletricidade e transportes terrestre e marítimo nacionais, em 8,4%, 1,6% e 16,9%, respetivamente. No cenário intermédio (NDC(2)) em 17%, 3,2% e 34% para os três setores anteriormente enumerados, pela mesma ordem, e no cenário otimista (Furtado) - na mesma ordem, ter-se-iam as proporções de 74%, 14% e uma resposta plena às demandas do setor dos transportes marítimos. O valor negativo para a produção térmica na Brava significa que a capacidade de produção de energia renovável cobriria as necessidades da ilha. Note-se que o aumento da demanda da produção térmica só se verifica no Sal, em relação ao ano 2025. Para as restantes ilhas, tem-se uma diminuição da demanda da energia das centrais térmicas.

Deste modo, o potencial endógeno de energias renováveis de estoque eleva-se ao valor de 73,8 GWh, ao adicionar-se o potencial de produção de biodiesel, 6.403 toneladas, convertido para uma potência de 3,3 GWh, correspondente a um aumento em 4,7 % da disponibilidade.

4.2. O biodiesel e a economia

A transformação das sementes da Jatropha em biodiesel introduz uma nova indústria no país, i. é, processamento das sementes e do óleo vegetal em biodiesel, conforme esquema da Figura VI.1.

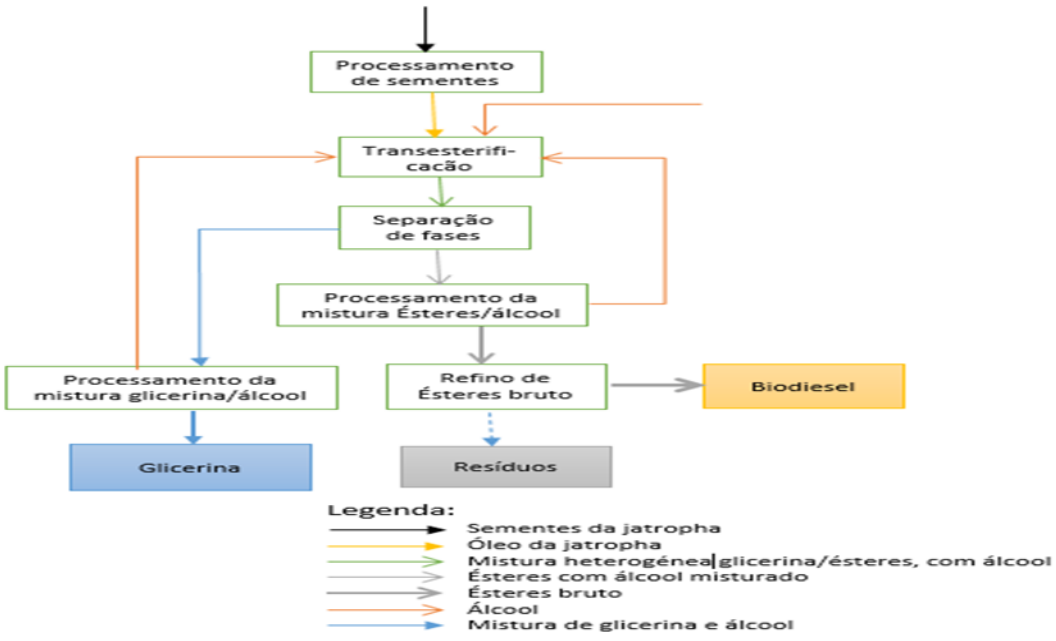

Figura VI.1 Esquema resumido do processo de produção do biodiesel

Fonte: elaboração própria, com base em Parente (2003)

A Figura V.1 evidencia o segmento industrial da produção do biodiesel em que as sementes da Jatropha vêm da agricultura. A saída do processo é constituída por três produtos. O biodiesel se introduz na matriz (setor) energética, a glicerina entraria na indústria do sabão e cosmética e, o resíduo, retornaria à agricultura como adubo fertilizante. Todo o consumo energético suportado pela importação pode ser transferido para o consumo elétrico desde que provenha da substituição de fontes fósseis para fontes renováveis. A mobilidade elétrica, considerando o anúncio do governo (Coselho de Ministros, 2019), pela a opção por 100% de veículos elétricos no horizonte 2050, levaria a que o grosso do biodiesel fosse diretamente para a produção de energia elétrica.

As quantidades de biodiesel, para os diferentes cenários de produção de eletricidade indicados, têm os impactos indicados no quadro seguinte, Tabela VI.5, em que cada cenário se aplica, alternadamente, para cada ilha ou para uma determinada combinação de ilhas. Os cenários de produção do biodiesel se aplicam também alternadamente, para as regiões sul (Sotavento) e norte (Barlavento).

Tabela VI.5 Substituição do *diesel* ou descarbonização total da produção da eletricidade nalgumas ilhas

Ano	2018			2025		
Cenários	NDC[1]	NDC[2]	Furtado	NDC[1]	NDC[2]	Furtado
Cabo Verde	**0,8%**	**1,7%**	**7,3%**	**1,0%**	**2,1%**	**9,1%**
Santo Antão	22,0%	44,0%	Descarbonizada	24,6%	49,3%	Descarbonizada
São Vicente	5,9%	11,7%	51,8%	14,0%	28,1%	Descarbonizada
São Nicolau	48,5%	97,1%	Descarbonizada	51,6%	Descarbonizada	Descarbonizada
Sal	4,8%	9,5%	42,0%	3,2%	6,3%	27,9%
Boa Vista	10,4%	20,8%	91,5%	21,3%	42,6%	Descarbonizada
Norte	**1,8%**	**3,7%**	**16,2%**	**2,0%**	**4,0%**	**17,9%**
Sul	**1,5%**	**3,0%**	**13,4%**	**2,1%**	**4,3%**	**18,8%**
Maio	91,7%	Descarbonizada	Descarbonizada	Descarbonizada	Descarbonizada	Descarbonizada
Santiago	1,7%	3,4%	14,8%	2,3%	4,5%	19,8%
Fogo	23,9%	47,8%	Descarbonizada	35,1%	70,2%	Descarbonizada
Brava	Descarbonizada	Descarbonizada	Descarbonizada	Descarbonizada	Descarbonizada	Descarbonizada
S.Antão+S.Nicolau	15,1%	30,3%	Descarbonizada	16,7%	33,3%	Descarbonizada
Norte sem (S.Vic.&Sal)	6,2%	12,3%	54,3%	9,3%	18,7%	82,4%
Norte sem Sal	3,0%	6,0%	26,5%	5,6%	11,2%	49,5%
Maio&Brava	51,6%	Descarbonizada	Descarbonizada	Descarbonizada	Descarbonizada	Descarbonizada
Sul sem Santiago	16,3%	32,7%	Descarbonizada	38,4%	76,7%	Descarbonizada

Fonte: elaboração própria

Para o ano de referência de base, 2018, o potencial de produção de biodiesel no cenário NDC$^{(1)}$ deixaria a produção elétrica na Brava descarbonizada. Para cenário NDC$^{(2)}$ esse potencial passaria a ter a produção elétrica, simultaneamente, nas ilhas da Brava e do Maio, descarbonizada. Para o cenário de maior produção (Furtado), considerando alternadamente Barlavento, ter-se-ia o quadro em que o potencial de produção do biodiesel no cenário NDC$^{(1)}$

permitiria a descarbonização completa da produção elétrica das ilhas de Santo Antão e São Nicolau, simultaneamente. Considerando sotavento, ter-se-ia fora da descarbonização de sua produção elétrica apenas a ilha de Santiago.

Para o cenário de 2025, o quadro é mais favorável do que em 2018, e pode-se constatar que, para o Barlavento, antecipa-se para o cenário NDC$^{(2)}$ a descarbonização de São Nicolau, e a Boavista atingiria a sua descarbonização no cenário Furtado. Para Sotavento, simultaneamente, nas ilhas do Maio e da Brava, a antecipar-se-ia a descarbonização para o cenário NDC$^{(1)}$.

Considerando o uso, alternadamente, do *diesel* nos setores de produção de energia elétrica, transportes terrestres e marítimo em 2018, o potencial de produção do biodiesel teria o seguinte impacto, conforme os cenários de produção: para produção de eletricidade representaria 8,4%, para transportes terrestres, 1,6% e, para os transportes marítimos, 16,9% no cenário NDC$^{(1)}$. No cenário NDC$^{(2)}$, ter-se-iam 16,9% para a produção de eletricidade, 3,2%para os transportes terrestres e 33,8% para os transportes marítimos. Para o cenário de maior produção, ter-se-iam 74,1% para a produção de eletricidade, 14,3% para os transportes terrestres e uma cobertura em 1,45 vezes das necessidades nos transportes marítimos.

Na elaboração das Tabelas VI.6, VI.7 e VI.8, consideram-se as quantidades de *diesel* efetivamente consumidas pelas centrais em cada uma das ilhas de Cabo Verde e convertem-se as previsões de demandas em energia térmica para toneladas de *diesel* que seriam necessárias para as produzir, usando a seguinte fórmula:

$$\begin{aligned} &Quantidade\ diesel(ton) \\ &= Quantidadede\ energia(GWh) \\ &* Consumo\ específico\ referência(\frac{g}{kWh}) \end{aligned} \qquad \text{(VI.1)}$$

Os dados utilizados, Tabelas VI.6 e VI.7, utilizam os valores das produções de eletricidade e dos consumos nos transportes (GWh) convertidos em *diesel*, aplicando o fator técnico de consumo 220 g/kWh em diesel –para produção de eletricidade- valor assumido pela reguladora como referência do desempenho tecnológico aceite, de modo a tornar comparáveis com os valores da potencialidade de produção nacional do biodiesel, considerando as estimativas nos estudos de Coutinho & Vianna (2020).

As demandas para o ano de referência, 2018, e projeções para 2025 vêm na Tabela VI.6.

Tabela VI.6 Demanda de *diesel* para produção de energia elétrica

	Superfície (ha)	Demanda Diesel (ton)	
		2018	2025
Cabo Verde	**403300**	**85 506**	**73 439**
Santo Antão	77900	3 466	2 866
São Vicente	22700	11 978	5 565
São Nicolau	34500	1 601	1 481
Sal	21600	15 998	24 079
Boa Vista	63000	7 346	3 687
Maio	26900	856	218
Santiago	99100	41 245	33 756
Fogo	47600	3 178	2 267
Brava	6400	678	0

Fonte: elaboração própria com dados 2018 (DNICE) e projeção 2025 (Coutinho et.al, 2020)

Na Tabela VI.7, ilustram-se os impactos sobre diferentes combinações de ilhas, uma vez sabendo que sobre o total do território, não se pode ter uma completa descarbonização dos setores analisados, dado potencial nacional de produção do biodiesel.

Tabela VI.7 Impactos sobre o setor de produção elétrica nas ilhas, referência 2018

Norte	S.Antão	S.Vicente	S.Nicolau	Sal	Boa Vista
S. Antão	Furtado	Furtado	Furtado	Furtado	Furtado
S. Vicente	Furtado	NDC(1)	Furtado	Furtado	Furtado
S. Nicolau	Furtado	Furtado	Furtado	Furtado	Furtado
Sal	Furtado	Furtado	Furtado	Furtado	Furtado
Boa Vista	Furtado	Furtado	NDC(1)	Furtado	Furtado

Sul	Maio	Santiago	Fogo	Brava	Sul
Maio	NDC(2)	Furtado	Furtado	Furtado	
Santiago	Furtado	NDC(1)		NDC(1)	
Fogo	Furtado		Furtado		
Brava	Furtado	NDC(1)		NDC(1)	
Sul					Furtado

Legenda:
Descarbonizado

Fonte: elaboração própria

O fato de o ano de 2018 ser menos favorável do que as projeções de 2025, faz com que apenas se ilustre aquele ano, dispensando a ilustração para 2025.

Os impactos da capacidade de produção do biodiesel sobre os transportes terrestres, vêm indicados na Tabela VI.8.

Tabela VI.8 Impactos sobre o setor dos transportes terrestres por cenários de produção do biodiesel, 2018

Norte	S. Antão	S. Vicente	S. Nicolau	Sal	Boa Vista
S. Antão	Furtado		Furtado		Furtado
S. Vicente		Furtado	Furtado		Furtado
S. Nicolau	Furtado	Furtado	NDC(2)	Furtado	Furtado
Sal			Furtado	Furtado	
Boa Vista	Furtado	NDC(2)	Furtado		Furtado

Sul	Maio	Santiago	Fogo	Brava	Sul\S.Tg	Sul
Maio	NDC(1)			NDC(2)		
Santiago		Furtado		Furtado		
Fogo			Furtado			
Brava	NDC(2)	Furtado		NDC(1)		
Sul\S.Tg					Furtado	
Sul						Furtado

Legenda:
Descarbonizado

Fonte: elaboração própria

Na fase da colheita das sementes, uma atividade intensiva em mão-de-obra, resulta numa significativa mobilização de emprego sazonal de agricultores.

4.3. O biodiesel na matriz energética

A matriz energética de Cabo Verde integra os combustíveis fósseis importados, a energia solar e a eólica. Com a introdução do biodiesel da Jatropha local, seria mais um novo tipo de energia despachável, que usa grupos geradores e demais infraestruturas existentes, o que pouparia para os investimentos na logística agroindustrial, no processo de transesterificação; armazenamento e processamento de sementes. Haveria opção pelas diversas alternativas de mistura do biodiesel com o *diesel* mineral, na fórmula BXX. A introdução do biodiesel é um fator importante na gestão do perfil de carga nos centros de produção de energia, pois, no início do ciclo produtivo do biodiesel considerado para este estudo, permite, sob estratégia bem estabelecida, gerir o perfil de carga de modo a otimizar o custo variável de produção diária. No final do ciclo, a introdução do biodiesel poderá fazer aumentar a penetração de energias renováveis nos períodos do ano de menor disponibilidade da energia eólica e solar. Saliente-se a opção do governo pela substituição da frota dos transportes terrestres, em 100%, pelos veículos elétricos, até 2050. Para o efeito, estão já identificados diversos projetos pilotos a serem implementados (Conselho de Ministros, 2019), o que resultará numa possibilidade de gestão do perfil de carga elétrica diária nas centrais e uma otimização dos custos de produção de energia e dos níveis de penetração das energias renováveis intermitentes devido ao efeito da produção e disponibilidade do biodiesel, entre outras soluções de armazenamento de energia.

O impacto positivo na matriz energética, pela introdução de uma energia renovável responde ao objetivo 7 dos ODS da ONU.

4.4. O biodiesel e o meio ambiente

A fase agrícola da produção do biodiesel retira o dióxido de carbono (CO_2) do ambiente, ao substituir combustíveis fósseis por biodiesel e na produção de energia elétrica. Durante o seu tempo de vida, a Jatropha captura o CO_2 da atmosfera, no início do ciclo, e aumenta a capacidade de gestão do custo unitário de produção de eletricidade, pelo aumento da penetração de energia eólica, representando uma diminuição global de emissão de CO_2 por cada kWh de energia produzida.

Tomando como referência os fatores de emissão do dióxido de carbono equivalente (CO_2eq) para atmosfera, na produção de energia elétrica em Cabo Verde, com base em combustíveis fósseis, assumidos por Coutinho et al., (2020), 742,1 g CO_2eq/kWh, o

aproveitamento das rejeições 27.112 MWh de energia eólica em 2018 (Tabela VI.9) permitiria retirar do ambiente cerca de 1609 toneladas de CO_2eq.

Tabela VI.9 Disponibilidade não aproveitada da Cabeólica [MWh]

	Capacidade Instalada	Energia rejeitada	Energia rejeitada
	MW	2017	2018
Santiago	9,35	638	362
S. Vicente	5,95	8.360	9.435
Sal	7,65	14.090	14.672
Boa Vista	2,55	2.116	2.642
Cabo Verde	25,50	25.204	27.112

Fonte: elaboração própria com dados da (Cabeólica, 2019).

Por outro lado, na fase agrícola, é estimada uma captura, conforme os cenários, de 32.000, 64.000 e 281.000 toneladas de CO_2, correspondentes aos cenários NDC$^{(1)}$, NDC$^{(2)}$ e Furtado, respetivamente. E, no retorno à matriz energética do biodiesel, vai reduzir no ciclo de produção, o *diesel* fóssil que tem mais impacto negativo sobre o ambiente.

Os ganhos ambientais enumerados dão resposta à expetativa do objetivo 13 dos ODS da ONU.

4.5. O biodiesel e a agricultura

A agricultura tem o solo, a água e os agricultores como fatores determinantes. Devido a escassez de água e de solos, a produção do biodiesel recorre à energia disponível para a mobilização de água, seja pela recuperação de águas residuais, seja pela dessalinização, e torná-las disponíveis para a cultura da Jatropha que, por sua vez, se implanta em terrenos pouco adequados para produção de alimento, e processa-se a recuperação de solos degradados. Deste modo, a produção do biodiesel pode induzir o aumento da cobertura em biomassa da Jatropha, e de outras culturas em consórcio, e induz, a prazo, a produção agrícola em solos recuperados e a preservação da humidade e fertilidade do solo. Um valor adicional acrescentado na agricultura são os aproveitamentos dos diferentes resíduos da Jatropha como fertilizante para a agricultura, inclusivamente os bagaços das sementes trituradas no processo de produção do biodiesel.

Os ganhos retirados da agricultura vão contribuir nas contas nacionais do estado, i. é, conta no objetivo 8 dos ODS da ONU – trabalho digno e crescimento económico.

5. DISCUSSÃO

Apesar de o cultivo da Jatropha (*Jatropha curcas L*.), na história de Cabo Verde, ter sido principal atividade económica, a produção do seu óleo apenas teve uma expressão marginal, servindo apenas ao consumo doméstico, dado que as sementes eram destinadas para exportação. O uso da Jatropha para a produção do biodiesel não tem história pelo que esta abordagem é pioneira. A exploração do biodiesel produzido localmente tem o seu papel específico no processo de descarbonização da economia nacional e um alcance Intersetorial muito maior do que outras formas de armazenamento energético. Consegue alcançar, ao mesmo tempo a jusante e a montante, o aumento da penetração e permeabilidade às energias renováveis no sistema elétrico nacional, através da gestão do agendamento diário de grupos geradores e do despacho dos mesmos. Sublinhe-se o fato de se fazer uso da energia rejeitada (Tabela VI.9), para a mobilização da água, pela via da bombagem e pela dessalinização da mesma. Isto traduzir-se-ia no aumento da sustentabilidade económica, ambiental e social, impactando a resiliência do ecossistema cabo-verdiano pela introdução de nutrientes no solo que resultam da decomposição da matéria orgânica proveniente da Jatropha.

Importa sublinhar que no cenário para 2025, 50% de produção de energia por fontes renováveis, haverá um maior descarte de energias renováveis pelo que aumentaria a possibilidade de aproveitamento desta energia para o estoque através da biomassa, intermediado pela dessalinização da água do mar, bombagem e irrigação do campo da Jatropha ou outro tipo de biomassa.

No setor económico, os principais impactos seriam o favorecimento da balança nacional de pagamentos, da Intensidade Energética nacional, da taxa de emprego e do Produto Nacional e Interno Brutos. A longo prazo, é espetável, em decorrência da recuperação de solos pobres e respetivo aproveitamento na atividade agrícola, um aumento da oferta de produtos agrícolas. A introdução do biodiesel na matriz energética, além de seu objetivo energético, afeta, simultaneamente, dois setores da economia do país – o setor agrícola e o setor industrial. No seu conjunto, impactam a economia, objetivo 8 dos ODS da ONU. A produção do biodiesel, segundo a expetativa do governo Conselho de Ministros (2015), pode contribuir para a redução do défice externo; redução do custo da fatura energética; desenvolvimento da inovação no setor energético cabo-verdiano e desenvolvimento do setor privado; criação de competências de prestação de serviços, a nível regional e internacional, e melhoria das condições de vida das famílias mais desfavorecidas, particularmente as rurais. Paralelamente, a introdução do biocombustível na matriz energética abre a possibilidade de, no futuro, participar do mercado

de carbono, pelos serviços ambientais prestados. Este mercado surge para viabilizar o acordo de Paris (2015), com vista a cumprir as suas metas, para o qual foram criados os mecanismos da flexibilização para redução de Gases de Efeito de Estufa (GEE), nomeadamente, a Implementação Conjunta, o Comércio de Emissões e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, mediante normas internacionais para o seu funcionamento (Zilber & Koga, 2011).

O setor energético é impactado pelo incremento/diversificação das fontes de energia e o aumento da segurança e resiliência do setor elétrico, pelo fato de ser uma fonte energético despachável e que demanda a utilização da capacidade ociosa do sistema produtor renovável, particularmente nas horas de vazio. Ganha-se pela redução do custo de produção elétrica e na melhoria da estabilidade dinâmica do sistema elétrico, pelo aumento da inércia do sistema elétrico. Os dados mais recentes, de 2018, indicam que 27.112 MWh, cerca de 24% de energia eólica disponível, é descartada (Tabela VI.6). Essa energia que é proposta para introdução no ciclo produtivo do biodiesel através do seu aproveitamento na dessalinização, bombagem e irrigação. Por outro lado, convém notar que a tendência é de diminuição do uso de *diesel* à medida que aumenta a demanda de energia nas ilhas, dado que se transfere a produção para máquinas de maior inercia e com capacidade de utilização de óleo *fuel* 180 e óleo *fuel* 380, utilizados no país, exatamente para fazer face às flutuações inerentes às energias eólicas.

Os impactos no meio ambiente resultam no evitar a queima de combustíveis fósseis na produção/reaproveitamento de água, no sequestro do CO_2 através da fotossíntese e na utilização de um combustível de menor emissão de gases de efeito de estufa. No cenário pessimista da produção do biodiesel, NDC$^{(1)}$, Tabela VI.2, o potencial de captura é de 32 Mt/ano de CO_2 e, para o cenário otimista (Furtado), 281,456 Mt/ano, na fase agrícola, e no aproveitamento de energia disponível não aproveitada, em 2018, corresponde 58.167 t de CO_2 (Tabela VI.9) considerando o fator de conversão 680 kg/kWh.

Os principais impactos na agricultura advêm da disponibilização de água barata e sustentável para a irrigação, cobertura vegetal e combate a erosão, aumentando a produção agrícola. A área aproveitada é estimada em 10 000 ha, no cenário pessimista e, no cenário otimista, 87.955 ha.

Os aspetos que podem ameaçar a produção do biodiesel situam-se no setor agrícola, relacionados com a rutura da exploração da Jatropha que, no passado, se traduziu na predominância da exportação das sementes da Jatropha. Por esta razão, exigir-se-ia uma planificação cuidada e participada por parte de todos os interessados, em toda cadeia, mas particularmente no segmento da agricultura, de modo a garantir a viabilidade e a sustentabilidade do empreendimento.

O biodiesel, ao entrar na matriz energética e ao gerar consumo eficiente no processamento agroindustrial de sua produção, contribui na melhoria da intensidade energética.

Na Figura V.2, salienta-se, de entre dois circuitos fechados, particularmente o que integra o biodiesel, a água e a agricultura. Este circuito constitui o ciclo de vida do biodiesel. Parte do circuito fechado energia-água e acrescentando-se ao mesmo, atribuindo ao sistema maior alcance de viabilidade, sustentabilidade e uma dimensão de economia circular energia-água-agricultura-indústria.

O esquema da Figura V.1 ilustra o ciclo criado, sem referência à degradação de energia e matéria.

A particularidade desse ciclo para Cabo Verde é de especial relevância, na medida em que aumenta o potencial da permeabilidade à penetração de energias renováveis e reciclagem de águas residuais, pela mobilização de água para irrigação através da dessalinização, aumento de áreas irrigadas e recuperação de solos inservíveis para a agricultura com a recuperação de solos, aumenta a produção de produtos agrícolas alimentares. Pois, a produção da Jatropha permite o consorcio com outras culturas e, ao mesmo tempo, cria proteção contra a erosão. Este ciclo sintetiza em si todos as dimensões: ambiental, económico e social (Tabela VI.10).

A estimativa de quantidade adicional evitado pela introdução do biodiesel processou-se através da conversão do biodiesel em energia elétrica utilizando o fator de conversão tecnológico de referência 220 g/kWh de *diesel*, tido como limite de performance da produção nacional. Esse valor é convertido em CO_2eq conforme o fator de conversão adotado neste estudo.

Na tabela VI.10 encontram-se os resultados do impacto da produção do biodiesel para o ano de referência (2018) e para 2025.

Tabela VI.10 Impactos da produção Jatropha/biodiesel referenciados a 2018 e ao cenário de 2025.

	S. Antão	S. Vicente	S. Nicolau	Sal	Boa Vista	Maio	Santiago	Fogo	Brava	C. Verde
Superfície (km^2)	779	227	345	216	63	269	991	476	64	4 033
Pr. Térmica, 2018 (GWh)	15	56,2	6,8	65,8	31,8	3,6	196,9	13,8	2,8	392,7
Pr. Renovável, 2018 (GWh)	1,3	23,4	0	23,6	8,9	0	42,8	0	0	100
Pr. Total, 2018 (GWh)	16,3	79,6	6,8	89,4	40,7	3,6	239,7	13,8	2,8	493
Diesel produção térmica de eletricidade, 2018 (ton)	4 126	506	1 906	2 415	4 646	1 019	35	3 775	806	19 233
Diesel nos transportes terrestres, 2018 (ton)	2 556	4 747	964	4 740	2 059	414	27 398	1 844	179	215 861
Diesel nos transportes marítimos, 2018 (ton)										4 303
Energia regeitada, 2018 (GWh)		0,719		1,212	0,182		0,055			2,168
CO_2 capturada em 2018 pela energia regeitada (ton)		534		899	135		41			1 609
Potencial de captura CO_2 no cenário NDC(1) (ton)										32 000
Potencial de captura CO_2 no cenário NDC(2) (ton)										64 000
Potencial de captura CO_2 no cenário Furtado (ton)										281 000
potencial de Biodiesel introduzido matriz energética (ton):										
NDC(1)										729
NDC(2)										1 456
Furtado										6 403
Emissões CO_2eq adicionais evitadas em 2025 (ton)										
NDC(1)										3,313
NDC(2)										6,618
Furtado										29,105
Energia do biodiesel endógeno na matriz (GWh):										
NDC(1)										5,481
NDC(2)										8,786
Furtado										31,273
Total de potencial de CO_2 evitados no setor energético (ton) incluindo:										
NDC(1)										33 609
NDC(2)										65 609
Furtado										282 609

Fonte: Elaboração própria

6. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho é avaliar o impacto da produção do biodiesel, em Cabo Verde, do ponto de vista da sustentabilidade económica social e ambiental, particularmente na economia, matriz energética, meio ambiente e agricultura. Pela pesquisa exploratória e bibliográfica segue-se os impactos positivos na economia, no setor energético, no meio ambiente e na agricultura tradicional, dos quais dá testemunho a avaliação do ciclo produtivo do biodiesel da Jatropha. Evidencia-se a produção do biodiesel como sendo económica, social e ambientalmente atrativa, resultando numa descarbonização parcial da economia cabo-verdiana.

Para o ano de referência, 2018, o potencial de produção de biodiesel no cenário NDC(1) deixaria a produção elétrica na Brava descarbonizada. Para o cenário NDC(2) esse potencial passaria a ter a produção elétrica, simultaneamente, nas ilhas da Brava e do Maio, descarbonizada. Para o cenário de maior produção (Furtado), considerando alternadamente Barlavento, ter-se-ia o quadro em que o potencial de produção do biodiesel no cenário NDC(1) permitiria a descarbonização completa da produção elétrica das ilhas de Santo Antão e São

Nicolau, simultaneamente. Considerando Sotavento, ter-se-ia fora da descarbonização de sua produção elétrica apenas a ilha de Santiago.

Para o cenário de 2025, o quadro é mais favorável do que em 2018, e pode-se constatar que, para o Barlavento, antecipa-se ara o cenário NDC$^{(2)}$ a descarbonização de São Nicolau, e a Boavista atingiria a sua descarbonização no cenário Furtado. Para Sotavento, simultaneamente, nas ilhas do Maio e da Brava, e antecipar-se-ia a descarbonização para o cenário NDC$^{(1)}$.

Considerando o uso do *diesel* nos setores de produção de energia elétrica, transportes terrestres e marítimo em 2018, o potencial de produção do biodiesel teria o seguinte impacto, conforme os cenários de produção: para produção de eletricidade representaria 8,4%, para transportes terrestres, 1,6% e, para os transportes marítimos, 16,9% no cenário NDC$^{(1)}$. No cenário NDC$^{(2)}$, ter-se-iam 16,9% para a produção de eletricidade, 3,2%para os transportes terrestres e 33,8% para os transportes marítimos. Para o cenário de maior produção, ter-se-iam 74,1% para a produção de eletricidade, 14,3% para os transportes terrestres e uma cobertura em 1,45 vezes das necessidades nos transportes marítimos.

Os impactos no meio ambiente resultam no evitar a queima de combustíveis fósseis na produção/reaproveitamento de água, no sequestro do CO_2 através da fotossíntese e na utilização de um combustível de menor emissão de gases de efeito de estufa. No cenário pessimista da produção do biodiesel, NDC$^{(1)}$, Tabela VI.2, o potencial de captura é de 32 Mt/ano de CO_2 e, para o cenário otimista (Furtado), 281,456 Mt/ano, na fase agrícola, e no aproveitamento de energia disponível não aproveitada, em 2018, corresponde 58 167 t de CO_2 (Tabela VI.9).

Os principais impactos na agricultura advêm da disponibilização de água mais barata e sustentável para a irrigação, cobertura vegetal e combate a erosão, aumentando a produção agrícola. A área aproveitada é estimada em 10 000 ha, no cenário pessimista, e, no cenário otimista, 87 955 ha.

Para o cenário de 2025, o quadro é mais favorável do que em 2018, e pode-se constatar que, para o Barlavento, antecipa-se para o cenário NDC$^{(2)}$ a descarbonização de São Nicolau, e a Boavista atingiria a sua descarbonização no cenário Furtado. Para Sotavento ter-se-ia, simultaneamente, descarbonização das ilhas do Maio e da Brava, e antecipar-se-ia a descarbonização para o cenário NDC$^{(1)}$.

Se for considerado o uso do *diesel* nos setores de produção de energia elétrica, transportes terrestres e marítimo em 2018, o potencial de produção do biodiesel teria o seguinte impacto, conforme os cenários de produção: para produção de eletricidade representaria 8,4%, para transportes terrestres, 1,6% e, para os transportes marítimos, 16,9% no cenário NDC$^{(1)}$. No

cenário NDC(2), ter-se-iam 16,9% para a produção de eletricidade, 3,2%para os transportes terrestres e 33,8% para os transportes marítimos. Para o cenário de maior produção, ter-se-iam 74,1% para a produção de eletricidade, 14,3% para os transportes terrestres e uma cobertura em 1,45 vezes das necessidades nos transportes marítimos.

O biodiesel representaria uma nova indústria que pode gerar empregos, aumentar a penetração de energias renováveis, substituir parte da importação de combustíveis e, em consequência, contribuir na melhoria da segurança energética do sistema elétrico nacional, contribuir para o abaixamento de custos de energia e contribuir na melhoria da intensidade energética nacional. Ao longo da cadeia de produção do biodiesel, registam-se externalidades positivas pelas capturas de energia adicional, de águas degradadas e não emissão de poluentes, derivados de combustíveis que são evitados. No segmento da agricultura, gera a captura de CO_2, melhora os solos e gera rendimento económico nas zonas rurais. No segmento da produção do biodiesel gera emprego e gera riqueza industrial.

A ideia base da produção do biodiesel é a criação de um segmento de economia circular na qual são gerados processos de menor entropia de energia e materiais, através da reutilização e reciclagem em que os produtos que saem de um segmento são matéria-prima do processo que segue, minimizando descartes para o ambiente. Ao mesmo tempo, vai exigir uma revisão de Zonas de Desenvolvimento de Energias Renováveis para inclusão de reservas para a cultura da Jatropha e o planeamento e gestão integrada da produção de energia e água, para a eficiência económica e ambiental nacional.

A abundância de energia eólica e solar em Cabo Verde permite o stock dessas energias, transformando-as em biodiesel, sendo uma alternativa que permite a absorção de energia e CO_2 das fontes eólica e solar, em duas fases distintas: no consumo das disponibilidades descartadas, pela inibição do uso de combustíveis fósseis, e pela fotossíntese realizadas pelas plantações da Jatropha.

A mitigação da participação do carbono na economia Cabo-verdiana acontece pela via da substituição do *diesel*, com influência direta na gestão do perfil de cargas diárias, tanto no aumento da penetração de renováveis pela via do consumo na bombagem e dessalinização, como pela substituição parcial do *diesel*, à escala nacional. No final, responde aos desafios 1, 7, 8, 9, 12 e 13 dos Objetivos da Agenda 2030 para o desenvolvimento Sustentável da ONU.

7. REFERÊNCIAS

Almeida, G. M. A., Borges, R. J., & Amâncio-Vieira, S. F. (2017). Processo de Institucionalização da Pesquisa com Pinhão-Manso: um estudo na EMBRAPA - DF. Revista Eletrônica de Administração e Turismo, 10, 1245–1266. https://doi.org/10.15210/REAT.V10I5.10061

Alves, A. S. H. (2014). A Sustentabilidade do Biodiesel em Moçambique: uma análise integrada das dimensões institucional, social, alimentar, abiental e energética. Brasília.

Bermann, C. (2008). Crise ambiental e as energias renováveis. Ciênc. Cult. (Säo Paulo), 60(3).

Carreira, A. (1977). Cabo Verde. Ulmeiro.

Conselho de Ministros. (2015). Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER). I SÉRIE — NO 61 «B. O.» DA REPÚBLICA DE CABO VERDE — 15 DE OUTUBRO; Imprensa Nacional de Cabo Verde. http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cvi149034.pdf

Coutinho, G. L., & Vianna, J. N. (2020). Emissões de GEE evitadas em Cabo Verde: estimativa em um cenário de adoção de fontes energéticas renováveis em 2025. LALCA: Revista Latino-Americana Em Avaliação Do Ciclo de Vida, 4, e45077. https://doi.org/10.18225/lalca.v4i0.5077

Dias, M. A. de P., & Vianna, J. N. de S. (2017). Futuro sustentável para o Biodiesel no Brasil: perspectivas para 2030. In L. Vascocelos & M. Morais (Eds.), XVIII EncontrodaRede de EstudosAmbientais dos Países de LínguaPortuguesa: Transformando o nosso Mundo: A REALP no caminho de 2030Maputo-Moçambique 14 a 17 de Novembro de 2016 (p. 170).

Flemming Nielsen, D. R., & De Jongh, J. (2009). *Jatropha curcas* oil production for local development in Mozambique "in press, submitted for inclusion in the ACSS 2009 Proceedings." FACT, 1–10. http://petroleum.nic.in/national-policy-biofuel-2018-0

Furtado, J. V. (1989). Agronomia da Purgueira (*Jatropha curcas L.*) em Cabo Verde.

Garcez, C. A. G., & Vianna, J. N. de S. (2009). Brazilian Biodiesel Policy: Social and environmental considerations of sustainability. Energy, 34(5), 645–654. https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.11.005

Government of Cabo Verde (GCV). (n.d.). Intended Nationally Determined Contribution of Cabo Verde. https://www.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Cabo Verde First/Cabo_Verde_INDC_.pdf

Government of Índia. (2009). National policy on biofuels. Exploring Renewable and Alternative Energy Use in India. https://mnre.gov.in/file-manager/UserFiles/biofuel_policy.pdf.

Govt. of India, M. of P. & N. G. (2018). F. No.P-13032(16)/18/2017-CC. (June 8, 2018). The Gazette of India, 2018(D), 1–23. http://petroleum.nic.in/national-policy-biofuel-2018-0

Heller, J. (1996). Physic nut. *Jatropha curcas L*. In Physic nut. *Jatropha curcas L*.

Mendonça, S., Laviola, B. G., & Rodrigues, C. M. (2012). Pesquisa e desenvolvimento para aproveitamento da torta de pinhão-manso na alimentação animal. Embrapa Agroenergia; Embrapa Agroenergia. http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61930/1/Folder-destoxificacao-

pinhao-manso-2012.pdf

Mishra, S. N. (2014). Design of resource use: case of Jatropha-based biodiesel in India. Journal of Rural Development, 33, 1–13.

Mitchell, D. (2011). Biofuels in Africa and Challenges.

Mur, D. C. C. (2019). Evolução e sustentabilidade do Programa de Biodiesel : um estudo comparativo entre o Brasil e a Colômbia. Brasília.

Parente, E. J. de S. (2003). Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. Tecbio, 2003.

Raj, S., & Bhandari, M. (2017). Comparison of Methods of Production of Biodiesel from *Jatropha curcas* . Journal of Biofuels, 8(2), 58. https://doi.org/10.5958/0976-4763.2017.00009.5

Reis, M. V. M., Damasceno, P. C., Campos, T. de O., Diegues, I. P., & de Freitas, S. C. (2015). Variabilidade genética e associação entre caracteres em germoplasma de pinhão-manso (*Jatropha curcas L.*). Revista Ciencia Agronomica, 46(2), 412–420. https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150021

Ribeiro, D., & Matavel, N. (2009). Jatropha! A socio economic pitfall for Mozambique. 52.

Semedo, E. S. B. L. (2011). Utilização de sementes de *Jatropha curcas L*. provenientes de Cabo Verde para a produção de biodiesel. Universidade Nova de Lisboa.

Wani, S. P., Garg, K. K., & Chander, G. (2016). Water needs and productivity of *Jatropha curcas* in India: Myths and facts. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 10(3), 240–254. https://doi.org/10.1002/bbb.1630

Wiesenhütter, J. (2003). Use of the physic nut (*Jatropha curcas L.*) to combat desertification and reduce poverty.

Zilber, S., & Koga, E. (2011). Mercado de créditos de carbono no Brasil e o papel dos agentes intermediários: desafios e oportunidades. Organizações Rurais & Agroindustriais, 13(1), 139–153. https://www.researchgate.net/publication/277873991

VII. BALANÇO DE CARBONO E ENERGIA NA CADEIA PRODUTIVA DO BIODIESEL DA JATROPHA PARA CABO VERDE

Manuel Robalo Évora[1], António J. M. Santos Baptista[2], João Nildo de Souza Vianna[3],

[1]Doutorando em Gestão e Políticas Ambientais, Universidade de Cabo Verde e REALP
[2]Professor Doutor, Escola de Negócios e Gestão da Universidade de Cabo Verde
[3]Professor PhD, Centro do Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília

RESUMO

É consenso de que a energia que o sol emite para a terra seria suficiente para prover todas as necessidades do planeta. Todavia, ainda não estão disponíveis tecnologias que permitam o aproveitamento deste manancial energético. Cabo Verde beneficia de uma abundante quantidade de energias renováveis, solar e eólica, em particular, carecendo, entretanto da forma de ter essa energia em estoque. Este estudo procura avaliar o balanço energético e de carbono resultante da produção de biodiesel a partir da cultura da Jatropha (*Jatropha curcas L.*) no território nacional, como estoque de energias renováveis despacháveis e, ao mesmo tempo, a de gases de efeito de estufa (GEE). Este estudo conclui que, ao contrário das conclusões de que ao biodiesel não é neutro em carbono nas regiões áridas e semiáridas da África, em Cabo Verde, a produção do biodiesel da Jatropha é de um grau de neutralidade em carbono em 95,4%. Isto deve-se à abundância de energias renováveis intermitentes e a um *déficit* em fontes de energias renováveis de estoque. O estudo apresenta uma emissão de GEE negativa (3.222 kg/t), significando um elevado potencial de descarbonização da economia nacional. O saldo negativo da emissão líquida de GEE é determinado pelo funcionamento do sistema da Jatropha como um recipiente adicional das energias renováveis que constituem uma entrada massiva de energias renováveis para este sistema e uma residual quantidade de energias fósseis, particularmente pela via do uso do metanol. Mesmo os fertilizantes sintéticos poderão ser substituídos por fertilizantes biológicos que são coprodutos do biodiesel.

Palavras chave: Jatropha, biodiesel, energias renováveis, balanço de GEE, balanço energético

ABSTRACT

It is consensual that the energy that the sun emits to the earth would be sufficient to supply all the needs of the planet. Nevertheless, there are not yet available technologies that allow the use of this energy source. Cabo Verde benefits from an abundant amount of renewable energy, solar and wind in particular, lacking however the means to have this energy in stock. This study seeks to evaluate the energy and carbon balance resulting from the production of biodiesel from Jatropha cultivation in the national territory, as a stock of dispatchable renewable energy and, simultaneously, of greenhouse gases (GHG). This study concludes that contrary to the findings that biodiesel is not carbon neutral in arid and semi-arid regions of Africa, in Cabo Verde, the production of biodiesel from Jatropha is 95.4% carbon neutral. This is due to the abundance of intermittent renewable energy and a deficit in stock of renewable energy sources. The study demonstrates a negative GHG emission (3,222 kg/t), signifying a high potential for decarbonizing the national economy. The negative net GHG emission balance is determined by the functioning of the Jatropha system as an additional container of renewable energies that constitute a massive renewable energy input to this system and a residual amount of fossil energies, particularly through the use of methanol. Thus, even synthetic fertilizers could be replaced by biological fertilizers which are coproducts of biodiesel.

Keywords: Jatropha, biodiesel, renewable energies, GHG balance, energy balance

1. INTRODUÇÃO

O principal desafio do aproveitamento das energias renováveis, particularmente em países insulares, é a capacidade de estocar e tornar despachável a grande disponibilidade de energias eólicas e solares, que ali abundam.

Em Cabo Verde, o objetivo da descarbonização da economia, baseado na abundância de energias renováveis locais, choca com a escassez de fontes de energia de estoque que permitiria ter uma resposta adaptável às demandas instantâneas de energia. Isto requer a criação de alternativas de estoque que não seja em combustíveis fósseis, que é aliás desejável eliminar. Este desiderato levou a considerar o cultivo da Jatropha (*Jatropha curcas L.*) uma alternativa de estocagem de energia, como um fator de alta eficiência para o sistema energético, ao focar-se na utilização do descarte de energias renováveis pela perda de permeabilidade do sistema energético e pela devolução de parte da energia aproveitada no cultivo sob forma de biodiesel.

À eficiência energética, proporcionada pelo aumento da permeabilidade do sistema às energias renováveis, adiciona-se, concomitantemente, a eficiência ambiental que resulta da retirada de emissões de gases de efeito de estufa (GEE) ligados à queima de combustíveis fósseis e da absorção do dióxido de carbono pela biomassa da Jatropha.

A opção pelo cultivo da Jatropha em terrenos descartados pela agricultura, por causa da infertilidade na produção de alimentos, acresce mais um ganho pela valorização e recuperação destes terrenos que passarão a ser produtores da Jatropha e receberem, em troca, matéria orgânica através de fertilizantes, inicialmente sintéticos - na primeira etapa do cultivo - mas passarão a ser orgânicos, com a entrada na fase produtiva da Jatropha e produção de torta residual de sementes, resultante da produção do óleo, assim como outros benefícios para o solo.

Com base em experimentos de campo e modelagem de simulação na estação de pesquisa do *International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics* (ICRISAT) da Índia, a adequação técnica da Jatropha como fonte de biodiesel mostra que a produção varia com a chuva e disponibilidade de umidade do solo (Wani *et al.*, 2016). Segundo o mesmo autor, os experimentos de campo na Índia indicaram que a Jatropha é uma cultura tolerante à seca, mas não uma cultura que requer menos água, para atingir a produção económica desejada. No entanto, a Jatropha demonstrou bom potencial para reabilitar terras degradadas, utilizando água verde de forma eficaz e aumentando o potencial do sequestro de carbono das lavouras. Para diferentes estados, as colheitas encontram-se na faixa entre 0,5 e 1,7 t/ha.

A aplicação da Análise de Ciclo de Vida, neste caso, com intuito de determinar o impacto ambiental decorrente do potencial uso do biodiesel da Jatropha, considerando o seu potencial de substituição do *diesel* com vista à melhoria do desempenho ambiental e energético.

2. METODOLOGIA

A Análise de Ciclo de Vida (ACV) permite o cálculo de entradas e saídas líquidas de câmbio resultantes do uso de biocombustíveis e emissões de GEE para cada processo unitário. Esta abordagem será simplificada nos dois processos iniciais. O processo da conversão elétrico-hídrica e o processo agrícola, por serem medidas de eficiência para esses sistemas, em que os processos estão já instalados. Já para o terceiro processo, o de transformação das frutas e do óleo, será instalado de raiz, razão pela qual será tratado com particular enfoque. Os processos de transporte de cada produto ficarão incluídos dentro do processo produtor. Por outro lado, demonstra-se que a disponibilidade energética permite abastecer água para o cultivo de toda a área disponível para cultura da Jatropha (*Jatropha curcas L.*) e, deste modo, a análise cingir-se-á aos processos, agrícola e industrial, da produção do biodiesel.

Para o efeito, segue-se a norma ISO 14044 (ABNT NBR, 2009), em que são definidos o objetivo e escopo, a análise do inventário, a avaliação do impacto e a interpretação dos resultados.

Nesta ACV, vai-se avaliar o desempenho ambiental do biodiesel da Jatropha, do "berço ao berço", quantificando e avaliando a energia e os recursos consumidos, emissões e resíduos liberados para o meio ambiente, de uma perspetiva do setor energético.

Tratando-se, a cultura da Jatropha, de uma decisão agronómica em que a disponibilidade de solos é um dos principais determinantes, dado que não é reconhecida a cultura da Jatropha como fonte de energias renováveis nas Zonas de Desenvolvimento de Energias Renováveis (ZDER) de Cabo Verde, assume-se que, tendo a quantidade de plantas que pode ser cultivada, a escolha do arranjo de plantar nas áreas de cultivo pode ficar para outra avaliação em que avaliar-se-ia a densidade de plantas por superfície. Faz-se aqui uma opção pela solução que a literatura, a respeito da região Saheliana, recomenda, 1.111 plantas/hectare.

Objetivo e Escopo da Análise do Ciclo de Vida

O objetivo do presente estudo é avaliar o desempenho ambiental da produção do biodiesel da Jatropha em Cabo Verde, como fator de aumento da permeabilidade a energias renováveis intermitentes no sistema elétrico nacional, como meio de estocar energia em biomassa, principalmente, e assim também de carbono, estabelecendo a circularidade pela

devolução da energia capturada através da reintrodução e substituição parcial do *diesel* pelo biodiesel, com ganhos na redução da emissão de resíduos tóxicos para a atmosfera. Os destinatários deste estudo são os decisores do setor energético e ambiental, como subsídio para suportar a elaboração de políticas públicas nos setores energéticos e ambientais.

Para a definição de escopo foram estabelecidos os requisitos que se seguem:

- O sistema absorve energias disponíveis descartadas para o incremento da dessalinização e bombagem de água. A água é disponibilizada para a cultura e produção de frutas da Jatropha. As frutas produzidas serão entregues para a outra etapa do processamento que visa a obtenção em sequencial de óleo e biodiesel. O processamento final acontece em motores de combustão interna, para produção de eletricidade. O teor de casca, nas sementes produzidas na ilha do Fogo é de 47% , e o teor de óleo nas sementes é de 52.83% (Semedo, 2011). Para a ilha de Santiago, o teor de cascas na fruta é de 44.92%, e o teor de óleo dessas sementes é de 56.5% (Heller, 1996), valor próximo do encontrado por Semedo, 59.78%. A média de óleo extraído de amostras de sementes de Cabo Verde, segundo os ensaios realizados por Semedo, é de 30.3%.
- A função é de produzir sementes da Jatropha para a produção do biodiesel.
- A unidade funcional é a produção de sementes da Jatropha para síntese do biodiesel.
- Os consumos de recursos para produção de sementes da Jatropha são provenientes de fontes bibliográficos, tais como (Eshton *et al.*, 2013; Heller, 1996; Semedo, 2011).
- sendo este estudo prospetivo, em que a cadeia produtiva da Jatropha não está atualmente estabelecida e, por conseguinte, não existem dados completos e sistemáticos, são considerados os dados do inventario de ciclo de vida (ICV) em função de padrões tecnológicos atualmente vigentes.
- os dados usados na determinação do ICV das sementes da Jatropha estão atualizados para 2013 e abrange a globalidade do território nacional, incluindo o trabalho manual nas etapas de manejo, da cultura e da colheita.
- São abrangidas pelo sistema de produto I, a captura de energia e sua transformação em stock de água com energia potencial. O sistema de produto II consiste na produção e beneficiamento pós-colheita. Os meios de transporte das sementes ficam fora do sistema de produto II. O sistema de produto III consiste no processamento das sementes e óleo, produzindo, como produto final, o biodiesel. Nesta etapa, o transporte do biodiesel fica incluído. Aqui, fecha-se o circuito com o retorno do biodiesel ao sistema do processo I.

- Entre os sistemas de produto, tem-se a energia e água, associadas, às sementes da Jatropha ao biodiesel.

Unidade funcional

A unidade funcional é a tonelada do biodiesel da Jatropha que será comparada com a quantidade do *diesel* que deixa de ser importada no ano de referência.

Definição do Sistema

O esquema da Figura VII.1 apresenta o sistema do biodiesel. O processo de dessalinização da água do mar e o processo de bombagem para reservatórios elevados podem funcionar de forma independente ou interligados, conforme as realidades locais de cada ilha.

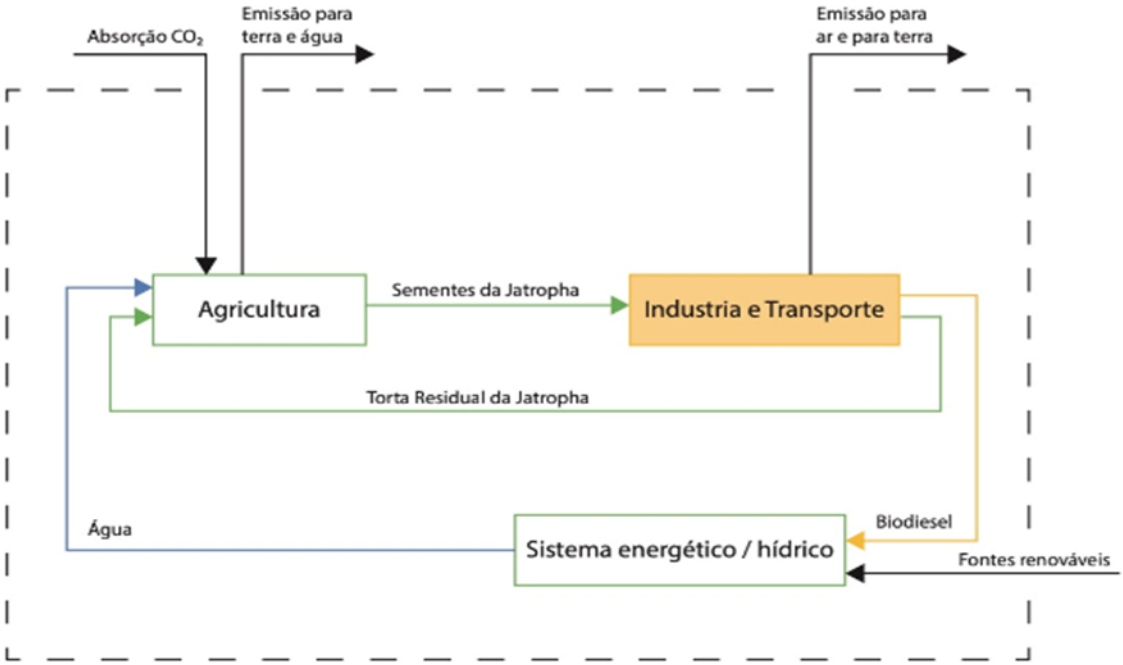

Figura VII.1. Sistema do biodiesel

Fonte: elaboração própria

A diferenciação destes dois processos traduz-se no que constitui o processo da turbinagem da água de reservatórios elevados para produção de eletricidade, que é exclusiva do processo de armazenamento para unidade hidroelétrica com bombagem, e na utilização da água de reservatórios para a cultura da Jatropha. Associam-se os processos de captura energética e a da dessalinização como processo industrial de conversão hidroenergética, para se obter três processos: o processo industrial hidroenergético (Processo industrial I), o processo agrícola e o processo industrial de obtenção do biodiesel (Processo Industrial II).

Inventário de dados

Neste estudo, os dados foram coletados de literatura diversa e são apresentados nas Tabelas VII.1 e VII.2. Semedo (2011) utilizou sementes das ilhas de Santiago e do Fogo dos quais extraiu o óleo utilizando soxhlet, com utilização de um solvente e uma prensa mecânica. A extração com solvente resultou uma quantidade maior de óleo das amêndoas das sementes de Santiago, 53,7% (m/m). Por seu turno, a amêndoa das sementes do Fogo revelou um teor de óleo de 46,6% (m/m). Na extração com prensa mecânica, obteve um teor de óleo extraído diretamente das sementes com casca de cerca de 15% (m/m), quando utilizou o seletor de pressão de 14 mm, e de 19% (m/m) quando utilizou o seletor de pressão de 10 mm. O teor total de óleo nas sementes com casca, contabilizando o óleo presente no bagaço, foi de cerca de 30%, valor que coincidiu com o obtido na extração com solvente para as sementes com casca. Concluiu e recomendou que, embora a prensa mecânica tenha permitido a extração de óleo a partir de uma maior quantidade de matéria-prima, o processo de extração tem de ser otimizado para que se evite a perda de 30% a 50% do óleo presente na semente.

Tabela VII.1 Dados relativos ao cultivo da Jatropha

Ítem	Unid	Valor
Quantidade plantas	Un	838 524
Área necessária	ha	755
Espaçamento	m x m	3x3
Água	m^3/(ha.a)	9 499
Colheita de frutas	$tg_{sementes}$/(ha.a)	2,59
Labor humano	homem-dia/ha	3,56
Cascas de frutas	t/(ha.a)	1,04
Cascas de sementes	t/(ha.a)	0,62
Fertilizante N	Kg/(ha.a)	72,0
Fertilizante P_2O_5	Kg/(ha.a)	27,55
Fertilizante K_2O	Kg/(ha.a)	79,10
Pesticidas	l/(p.a)	0,296
Distância transporte	km	0-15
Uso de diesel no transporte de sementes	Km/l	4,00
Uso de diesel na cultura	l/ha	12,80

Fonte: elaborado com base em Eshton *et al.* (2013)

Semedo (2011) recomenda, baseando-se em ensaios que realizou, a transesterificação enzimática dos óleos de variedades cabo-verdianas de Jatropha, utilizando a lipase comercial Lipozyme TL IM, por ter-se mostrado ser uma alternativa atrativa para a produção de biodiesel, devido a baixa temperatura de reação exigida, a possibilidade de uso de diminuta quantidade

de catalisador e a reutilização da lipase, sem que o teor de ésteres metílicos deixe de ser elevado. Isto pode permitir a redução do preço do produto final, tornando-o competitivo com o biodiesel produzido através de outros processos.

Os fatores de conversão do óleo da Jatropha em biodiesel e de emissões de GEE nos diferentes processos, segundo Eshton *et al.* (2013), são apresentados no quadro Tabela VII.2.

Tabela VII.2 Dados para o processamento das sementes da Jatropha

Ítem	Unid	Valor
Óleo da jatropha	Kg/Kg sementes	0,30
Torta residual de sementes	Kg/Kg sementes	0,60
Eletricidade	KWh/Kg sementes	0,08
Prétratamento		
Metanol	kg/t óleo	200,00
Ácido sulfúrico	kg/t óleo	14,00
Eletricidade	kWh/t óleo	14,00
Vapor	MJ/t óleo	0,85
Transesterificação		
NaOH	g/kg óleo	10,00
Metanol	g/kg óleo	200,00
Biodiesel	g/kg óleo	970,00
Ácido fosfórico	g/kg biodiesel	3,00
Glycerol	g/kg óleo puro	50,00
Eletricidade	kWh/t biodiesel	420,00
Vapor	MJ/t biodiesel	31,00
Água	g/kg óleo puro	23,00

Fonte: elaborado com base em (Eshton *et al.*, 2013)

Processo Industrial I

A fase industrial I baseia-se no princípio da gestão da demanda, com vista a promover um equilíbrio entre a oferta e a procura da eletricidade, ao longo do dia, através da criação de uma carga capaz de absorver as disponibilidades de energias renováveis nas horas de menor procura, pela via do armazenamento aproveitando a possibilidade do uso da bombagem de água como técnica de armazenamento associada à dessalinização de água do mar, para o aumento da penetração de energias renováveis (Fonseca, 2010; Segurado *et al.*, 2010).

No momento atual, a disponibilidade não utilizada de energias renováveis acontece nas ilhas de São Vicente, Boavista e Sal, cujas demandas são ainda incapazes de absorver toda a disponibilidade local. Foram identificadas possibilidades de construção viável de Central Hídrica com bombagem nas ilhas de Santiago e São Vicente (André et al., sem data).

Em 2018, registou-se um descarte de 27.112 MWh (Cabeólica, 2019). Este descarte distribui-se pelas quatro ilhas onde se produz energia eólica para o sistema local de energia. Na

ilha de Santiago, o descarte é um valor muito baixo, i. é, 1% da energia disponível. Para as ilhas de São Vicente, Sal e Boavista, os descartes representam 31%, 43% e 23%, respetivamente, da disponibilidade de energia (27.112 MWh).

A energia disponível não utilizada é o *input* do processo, e é canalizada para a dessalinização da água do mar e a respetiva bombagem para reservatórios elevados, de modo a ser utilizada na irrigação, por gravidade, da cultura da Jatropha. Portanto a saída deste processo é a água doce que, sendo ao mesmo tempo um produto para a agricultura, é um vetor energético, ao portar energia potencial que vai servir para irrigação sem uso de energia adicional.

Processo agrícola

Este sistema baseia-se na NDC em que o Estado se compromete em florestar (reflorestar) 10.000 ha até 2030, e, com ajuda internacional, atingir o dobro da área (20.000 ha), 400 árvores (não especificadas) por hectare. A disponibilidade nacional de terreno aproveitável está avaliada em 87.955 ha (Furtado 2007), o que estabelece o limite na capacidade do cultivo da Jatropha. As entradas deste processo são a água dessalinizada, as de chuvas acumuladas e a residual recuperada, fertilizantes e energia. As frutas da Jatropha são a principal saída. A quantidade ótima de água necessária para a cultura da Jatropha, segundo Jongschaap *et al*. (2007) e Beerens (2007) citados por Archer (2015), é de 1200 mm ao ano. Dado que a média anual pluviométrico é de 250 mm em Cabo Verde, a necessidade média anual de água para irrigação seria 950 mm. Em Cabo Verde, o período seco dura, pelo menos 275 dias e, usando 950 mm ao longo do período seco, as plantas deveriam receber 3.45 mm (3,45l/m2) de água por dia ou 31.1 litros/planta/ano.

$$H_2O_{demanda} = 950\frac{l}{m^2} * \frac{10000m^2}{ha} * \frac{\frac{ha}{1111\,plantas}}{275}\,dias$$

A disponibilidade de água resultante da energia recuperada (26.750 MWh) será em função do consumo específico atual do sistema de dessalinização 3,73 kWh/m3, 7.171.474 m3. Este volume de água permite irrigar 915 020 plantas de purgueira, durante o período seco. O cultivo destas plantas deverá ser distribuído pelas ilhas onde se registam disponibilidades, i. é, nas ilhas do Sal, de São Vicente e da Boa Vista, em função das disponibilidades de energia, da capacidade de produção e da disponibilidade de solos locais. Assim sendo, os 7.171.474 m^3 de água serão distribuídos pelas três ilhas mencionadas, para irrigação de 838 523 plantas de Jatropha. Esta quantidade de plantas requer 755 ha, no arranjo de 1.111 plantas por ha, distanciamento de 3m x 3m. Os resultados são dados na Tabela seguinte (Tabela VII.3).

Tabela VII.3 Avaliação de recursos para produção do biodiesel

Energ. Dispon. [MWh]	Dispon água (m^3)	Quantidade de plantas irrigáveis (un)	Sementes (t)	Área cultivada (ha)
26 750	7 171 582	838 805	1 174	755

Fonte: elaboração própria com base em (Eshton *et al.*, 2013)

Fase Industrial II

Na fase Industrial II, procede-se ao descasque das frutas que entram no processo e à transformação de sementes da Jatropha em óleo e posteriormente para o biodiesel, através da transesterificação. O produto do processo é o biodiesel que poderá ser utilizado em transportes automotivos e/ou na produção de eletricidade nas unidades de produção existentes.

Segundo Eshton (2013), o óleo bruto da Jatropha contém fração de massa de ácidos graxos livres (FMA) acima de 5%, que está muito além do limite de 1%, que pode ser facilmente convertido em biodiesel, usando um catalisador alcalino ou ácido. Portanto, é necessário um pré-tratamento que envolve a redução de FMA ao nível necessário. O pré-tratamento é feito misturando óleo de Jatropha com metanol (razão molar 6:1). O ácido sulfúrico com concentração de 1,43% da fração volumétrica em água é usado como catalisador.

A transesterificação catalisada por base é então realizada usando metanol em uma proporção de metanol para óleo de 5:1 e hidróxido de sódio (NaOH) com concentração de fração em peso de 1% em água ou hidróxido de potássio (KOH) (fração em peso de 0,6% em água) que é usado como um catalisador. A eletricidade consumida durante o pré-tratamento é de cerca de 14 kWh/t de óleo de Jatropha bruto, enquanto a transesterificação e purificação do biodiesel consomem cerca de 420 kWh/t de óleo de Jatropha tratado. O vapor usado durante o processo de conversão do biodiesel é de cerca de 0,9 MJ/t de biodiesel produzido e o consumo de água é de aproximadamente 23 kg/t de óleo tratado. O rendimento máximo do biodiesel, de mais de 95%, é alcançado após 90 min de reação. A mistura é então lavada com água para separar o biodiesel do glicerol. A separação é feita por gravidade ou métodos de extração líquido-líquido.

Análise de Inventário

Nesta etapa, vai-se identificar a energia, as emissões, as descargas e os resíduos. Dá-se a entrada de energia eólica pela fronteira inicial do sistema e a reentrada de energia renovável pela mesma fronteira, na forma de biodiesel que é transformado em eletricidade pelas unidades geradoras instaladas, de combustão interna, após a série de transformações de matérias primas

como a água, solos, sementes da Jatropha, óleo da Jatropha, até haver a reconversão em energia na forma de biodiesel.

Um dimensionamento da capacidade de geração de energias renováveis em função da permeabilidade do sistema eletroenergético nacional em que se consideram as demandas energéticas para a produção da água potável, da água para a agricultura e do armazenamento estratégico de segurança de continuidade de abastecimento são considerada como medida de eficiência, pelo que os custos dos investimentos não devem ser aqui considerados, por serem obrigatórios ao cumprimentos de objetivos mínimos e com melhor relação ganhos benefícios.

Cálculo das emissões de GEE e do balanço energético

Os cálculos são efetuados com base nos pressupostos de que não se faz a conversão de terras nativas para plantio de Jatropha; a idade considerada da Jatropha, para o estudo, é 5 anos; o horizonte de tempo para a safra de Jatropha é de 20 anos; a distância circular máxima da fazenda à indústria é 15 km; a energia elétrica utilizada no cultivo é 100% produzida a partir de energia renovável.

O balanço de GEE para o ciclo de vida do biodiesel de Jatropha foi realizado para avaliar as emissões líquidas de três principais GEE: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). As emissões líquidas de GEE incluem emissões de GEE não-CO_2 e emissões de CO_2 com base em biomassa e fóssil da produção e uso de biodiesel. As emissões globais de GEE foram apresentadas na unidade comum kg CO_2 eq., portanto, todas as emissões de GEE foram convertidas em kg CO_2 eq. fazendo uso de potenciais de aquecimento global para um horizonte de tempo de 100 anos (GWP100) de 1, 25 e 300 para CO_2, CH_4 e N_2O, respetivamente, partindo de uma recolha de diferentes autores, efetuada por Eshton (2013).

As entradas para os cálculos do balanço de emissões de GEE incluem: (1) Emissões diretas de GEE da combustão de biodiesel em um motor a diesel; (2) Emissões diretas de GEE da queima de combustíveis fósseis durante o transporte de insumos e produtos agrícolas, transporte de produtos químicos industriais e distribuição de biodiesel. Os fatores de emissão foram obtidos em Eshton *et al.* (2013).

Do mesmo autor retira-se o CO_2 absorvido durante o cultivo da Jatropha; emissões diretas e indiretas de N_2O no solo a partir da aplicação de N-fertilizante e cascas de sementes durante o cultivo de Jatropha.

Das recolhas de Eshton (2013) constam ainda dados referentes a fator de emissão para emissão de N_2O por entrada de N, de 0,01 kg/kg para fertilizantes e cascas de sementes; emissão direta de CO_2 devido à aplicação de ureia. O fator de emissão para emissão de carbono por ureia

aplicada é de 0,2 kg/kg; emissões diretas de GEE pela queima de combustível pesado e briquetes de torta de sementes em caldeiras para geração de vapor. Fatores de emissão para combustível pesado foram obtidos. Para a queima de briquetes de torta de sementes, os fatores de emissão para outra biomassa sólida fornecidos na Tabela VII.3, foram assumidos; emissões de GEE de processos de apoio, como sendo processos que não influenciam diretamente o sistema, tais como o armazenamento de insumos agrícolas e combustíveis fósseis.

A emissão líquida de GEE foi calculada com base na equação (VII.1).

$$Emissões\ líquidas\ GEE = total\ de\ emissões\ GEE(não\ CO_2) + emissão\ total\ CO_2 - CO_2\ absorvido \quad \text{(VII.1)}$$

A emissão de CO_2 da combustão do biodiesel foi calculada usando a equação (VII.2) De Klein *et al.* (2006), citado por Eshton (2013), onde o conteúdo de carbono do biodiesel de Jatropha é 0,78 kg/kg, Macedo (2008) também citado por Eshton *et al*. (2013), segundo o qual a fração oxidada é 1.

$$Emissões\ CO_{2\ combustão} = Fuel\ queimado + conteúdo\ carbónico\ do\ fuel + fração\ de\ combustível\ oxidado + 44/12 \quad \text{(VII.2)}$$

onde 44 é o peso molecular do CO_2 e 12 é a massa atômica do carbono. Assim:

$$Emissões\ totais\ de\ CO_2\ da\ combustão\ de\ 1\ tonelada\ (t) de\ biodiesel = 1000 * 0{,}78 * \frac{44}{12} = 2.86\ t$$

Emissões totais de CO_2 da combustão de 1 tonelada (t) de biodiesel=1000 * 0,78 *44/12=2.86 t

A quantidade de CO_2 absorvida durante o cultivo de Jatropha foi calculada com base no resultado relatado por Prueksakorn (2008), citado por Eshton (2013). Este estudo relata que, o conteúdo de carbono de uma planta de Jatropha de 3,5 anos é de aproximadamente 2,83 kg. Isso significa que a absorção média de carbono por ano para uma planta de Jatropha é de aproximadamente 809 g. Para 1 ha com 1.111 plantas, a absorção de carbono por ano é de aproximadamente 898,323 kg. Assim, o sumidouro total de dióxido de carbono para plantas com 5 anos em 1 ha é de aproximadamente 0.8988 t.

O cálculo do balanço energético visa avaliar o desempenho energético do biodiesel, o valor líquido de energia (VLE) e o valor líquido de energia renovável (VLER). Esses valores foram determinados usando as equações (VII.3) e (VII.4), respetivamente. O VLE indica se a produção de biodiesel resulta em perda ou ganho de energia, enquanto o VLER informa quanta

energia é ganha quando a energia do combustível fóssil é consumida para produzir biodiesel - uma energia renovável. A razão de rendimento de energia líquida (REL) que reflete a eficiência energética do sistema também foi determinada usando a equação (VII.5). Quanto maior for REL, menor é a entrada de energia fóssil no sistema, e vice-versa. O REL e o VLER são os fatores que fornecem informações para avaliar a contribuição do biocombustível para a segurança energética. Os fatores de energia de entradas e saídas no sistema de biodiesel de Jatropha são apresentados na Tabela VII.3.

$$VLE = E_{biodiesel} - E_{inputs} \quad \text{(VII.3)}$$

onde E biodiesel é o teor de energia do biodiesel produzido (MJ ou GJ)

E_{inputs} é o total do *input* de energia (fóssil e renovável) (MJ ou GJ)

$$VLER = E_{biodiesel} - E_{inputs\ fósseis} \quad \text{(VII.4)}$$

onde $E_{\text{inputs fósseis}}$ é a energia fóssil.

$$REL = E_{biodiesel}/E_{inputs\ fósseis} \quad \text{(VII.5)}$$

Na Tabela VII.4 apresentam-se os conteúdos energéticos das entradas e saídas do processo.

Tabela VI.4 Fatores energéticos para entradas e saídas no sistema da Jatropha.

Entradas/saídas	Coeficiente energético (MJ/Kg)
Nitrogénio sob forma de (N)	48,9
Fosfato sob forma de (P_2O_5)	17,43
Potássio sob forma de (K_2O)	10,38
Pesticidas	358
Água	0,013
Diesel	43,3
Fuel pesado	40,7
Metanol	38,8
Hidróxido de sódio	19,87
Ácido sulfúrico	3,1
Eletricidade	3,6
Vapor	3,12
Cascas das frutas da jatropha	26,7
Cascas das sementes da jatro	26,7
torta residual de sementes	16,5
Biodiesel	41,2
Glicerol	5,5

Fonte: elaborado com base em (Eshton *et al.*, 2013)

Alocação dos diferentes produtos

Na ACV do biodiesel de Jatropha, são obtidos dois produtos, ou seja, biodiesel e glicerol. Assim, as entradas, incluindo energia, saídas e emissões devem ser alocadas para ambos os produtos quando necessário. A ISO 14040/44 recomenda que quando a alocação não puder ser evitada, deve ser feita com base no conteúdo de massa/energia dos produtos ou outros fatores, como valores económicos dos produtos. Assim, neste estudo a alocação foi feita com base em seus conteúdos de energia. As razões de partição para biodiesel e glicerol são de 88% para biodiesel e 11.8% para glicerol, sendo os conteúdos energético, respetivamente, 41,2 MJ/kg e 25,6 MJ/kg.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A transformação em eletricidade, configura um ciclo de vida "*Cradle to Cradle*" ou, usando outro conceito, numa economia circular, em que a mobilização da energia disponível, que doutro modo não seria usada, é transformada em água, depois na irrigação da Jatropha (*Jatropha curcas L.*) em terrenos (solos pobres) não utilizados pela agricultura e, em seguida, os frutos colhidos são transformados em biodiesel que será reintroduzido no sistema elétrico (Sistema Industrial I).

Resultados de emissões líquidas de GEE para biodiesel de Jatropha

A emissão líquida de massa equivalente de GEE no ciclo de vida do biodiesel de Jatropha é de aproximadamente 3.222 kg/t (Tabela VII.5).

Tabela VII.5 Emissões de GEE do ciclo de vida do biodiesel da Jatropha em Cabo Verde

Processo	Emissões de CO_2 eq. (Kg/t)	Valor relativo
Emissões de GEE da aplicação de fertilizantes	481	14%
Emissões de GEE do uso de transportes	9,3	0,27%
Emissões de GEE do uso de diesel no cultivo	6,1	0,18%
Emissões de GEE do uso de diesel na irrigação	0,0	0,00%
Emissões de GEE na extração e transesterificação do óleo	8,0	0,23%
Emissões de GEE no uso final do biodiesel	2 936	85,34%
Emissão total	3 440	100,00%
Emissão GEE de uso de energia na dessalinização e bombagem de água	-4 414	
Absorção do CO_2 durante a fase agrícola	-1 768	
Emissões líquidas dos GEE	-2 741	

Fonte: elaboração própria

A emissão total de massa equivalente de GEE do biodiesel de Jatropha é de cerca de 3 t/t, enquanto a massa equivalente de GEE absorvida durante o cultivo de Jatropha é de 1,768 t/t. O processo que contabiliza significativamente as emissões de GEE é o uso final de biodiesel, em motor *diesel*, por cerca de 85%. Isto se deve ao fato de que o biodiesel contém uma quantidade significativa de carbono armazenado nas plantas durante o crescimento do Jatropha, que é emitido quando o biodiesel é queimado. Deve-se lembrar que este estudo inclui todas as emissões de CO_2 baseadas em biomassa e fósseis. Além disso, devido ao metanol usado durante a conversão do biodiesel, cerca de 8% da emissão de carbono durante a combustão do biodiesel é de base fóssil, uma vez que mais de 75% do metanol usado em todo o mundo é produzido a partir do gás natural, que é um combustível fóssil (De Klein et al, 2006) citado por Eshton (2013). Isso também é responsável pela grande quantidade de emissões de CO_2 da queima de biodiesel. A agricultura da Jatropha é responsável por 14% do total de emissões de GEE. Essas emissões são atribuídas às emissões de N_2O no solo devido à adição de nitrogênio ao solo através de fertilizantes e cascas de sementes, bem como emissões de CO_2 devido à aplicação de ureia. Uso do *diesel* para o transporte de entradas/saídas contribui para as emissões globais de GEE em cerca de 0,5%. O menor contribuinte é a extração de óleo e o estágio de conversão, para menos de 0,2%. Essa contribuição vem da queima de cascas da purgueira nas caldeiras para geração do vapor utilizado na conversão do biodiesel.

As emissões líquidas de GEE equivalentes 2.741,00 kg/t negativas, obtidas neste estudo, foram comparadas com as referidas por Eshton *et al.* (2013), respetivamente, 3200 kg/t - para Tanzânia), 4614 kg/t - para Índia e 877 kg/t - para África Ocidental. Essa tendência é contrariada por este estudo, pois as emissões líquidas de GEE nele encontrados são negativas. A ilustração das comparações dos valores líquidos das emissões de GEE é dada na figura VII.2.

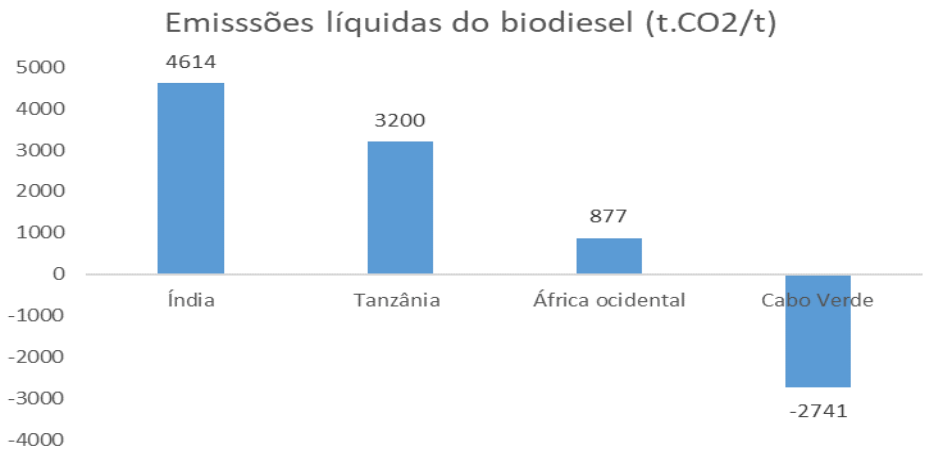

Figura VII.2. Comparação de emissões líquidas de GEE

Fonte: elaboração própria, com dados de Eshton (2013)

A variação dos resultados poderá ser determinada pelo fator região de produção – que, neste caso é um arquipélago marcado pela aridez, envolvência oceânica do atlântico, com elevado potencial em energias renováveis e grande escassez de água potável. Por outro lado, considera-se uma intensiva utilização da mão de obra humana. Emissões da produção de insumos, como fertilizantes, *diesel*, eletricidade, equipamentos e itens como tratores, bombas, sacos de polietileno, infraestrutura etc. não foram incluídos neste estudo.

Em comparação com as emissões de GEE do *diesel* em nível local, o biodiesel tem emissões de GEE significativamente mais baixas em comparação com o óleo *diesel*. Para substituir 1 t de óleo *diesel*, cerca de 1,13 t de biodiesel é necessária para se obter a mesma produção de energia. A emissão líquida equivalente de GEE de 1 t de combustível *diesel* em Cabo Verde é de aproximadamente 2,23 t, considerando a taxa de emissão de 0,49 t/MWh (*United Nations Development Program*, 2015), portanto, se 1 t de *diesel* for substituído por biodiesel, seria salva uma quantidade líquida de 4,75 t de GEE. Observa-se que o biodiesel de Jatropha reduz as emissões de GEE em comparação com o óleo *diesel*, podendo ser uma boa opção para mitigar as mudanças climáticas, pois resulta em emissões líquidas de GEE negativas que são altamente influenciadas pelo uso inicial de energias renováveis na obtenção da água que seria utilizada na irrigação durante a agricultura. As emissões de N_2O do uso fertilizantes de nitrogênio durante a agricultura, bem como emissões de CO_2 do uso de combustíveis fósseis são relativamente negligenciáveis perante a quantidade de emissões de GEE evitadas pela substituição de combustíveis fósseis na mobilização da água. As emissões de CO_2 do uso de combustível *diesel* podem ser minimizadas substituindo o *diesel* por biodiesel; minimizar as emissões de N_2O é um desafio, uma vez que a fertilização é altamente necessária para um melhor rendimento dos frutos de Jatropha, portanto, um alto rendimento de biodiesel. As emissões do uso final do biodiesel não podem ser evitadas. No entanto, pode-se presumir que 90% das emissões de CO_2 da queima de biodiesel são emissões de CO_2 baseadas em biomassa, portanto, serão reabsorvidas durante o cultivo subsequente de Jatropha. Os 10% restantes das emissões de CO_2 não podem ser evitados, uma vez que a conversão do biodiesel requer o uso de metanol, que é amplamente produzido a partir do gás natural. Se o metanol for substituído por bioetanol, que é um combustível à base de biomassa, essa emissão pode ser reduzida; no entanto, mais pesquisas são necessárias para apoiar essa conclusão.

Energia líquida do biodiesel da Jatropha

Os resultados do balanço de energia do sistema de biodiesel de Jatropha em Cabo Verde são apresentados na Tabela VII.6, enquanto a Tabela VII.7 apresenta o biodiesel e seus coprodutos com sua produção de energia correspondente para 5 anos de plantação de Jatropha.

Tabela VII.6 Resultado do balanço energético do ciclo de vida do biodiesel da Jatropha

Atividade	Energia fóssil (GJ/t)	Energia renovável (GJ/t)
Cultivo	**11,11**	**574,90**
Água		574,80
Ferlilizantes químicos	10,461	
Cascas das frutas da jatropha		0,094
Diesel (transportes)	0,650	
Extração do óleo	**5,75**	**1,26**
Eletricidade	5,75	1,26
Coversão em biodiesel	**11,50**	**3,17**
Metanol	11,2	1,24
Hidróxido de sódio	0,2	
Vapor		1,929
Diesel (transporte químicos)		
Diesel (distribuição do biodiesel)	0,1	
Energia total	**28,36**	**579,33**
Total energia entrada	***607,68***	
Energia produzida em biodiesel	**615,92**	
Valor líquido de energia	***8,24***	
Valor líquido de energias renováveis	***587,57***	
Rácio de energia líquida	**21,72**	

Fonte: elaboração própria

A energia de entrada geral por t de é de cerca de 579,33 GJ, sendo 28,36 GJ uma energia não renovável e o restante, uma energia renovável. A etapa com significativo consumo de energia é no cultivo do biodiesel, que responde por cerca de 96,43% da energia total de entrada. Essa contribuição se deve a que toda a energia renovável resgatada para o sistema energético ser convertida em água e está introduzida no sistema de cultivo da Jatropha. A energia utilizada no pré-tratamento do óleo cru de Jatropha e nos processos de transesterificação que contribui com cerca de 3,57% da energia total consumida no sistema. O altíssimo consumo de energia durante o cultivo da Jatropha resulta do uso de água dessalinizada e bombeamento de água para irrigação. Isto torna o caso de Cabo Verde uma particularidade quando comparado com outros casos de sistemas produtivos de biodiesel da Jatropha mencionados por Eshton (2013). A

conversão do óleo em biodiesel segue na ordem do consumo de energia, com 2,41%, devido ao uso do metanol.

A extração do óleo de Jatropha é responsável por quase 1,2% da energia total, que se deve à eletricidade usada para a prensagem e filtração do óleo.

O transporte de entradas e saídas é o que menos contribui para o consumo de energia (cerca de 0,1%). A energia do metanol observada como a principal entrada de energia não renovável, seguida pela energia dos fertilizantes químicos. A eletricidade, observada como uma fonte de energia mista fóssil e renovável significativa, tem uma comparticipação em cerca de 0,2%, em energia renovável, no sistema de biodiesel de Jatropha, considerando a penetração de 18% de energias renováveis no sistema elétrico nacional em 2018 e uma comparticipação fóssil em, cerca de 0,9%, da entrada energética, pelos 82% da produção elétrica, para o mesmo ano.

O valor líquido de energia (VLE) para o biodiesel da Jatropha é positivo com um input energético de 574,8 GJ/t de biodiesel. Isto indica que a produção de biodiesel de Jatropha em Cabo Verde resulta numa atividade de grande intensidade energética, mas, sendo um dado positivo pela utilização de grande quantidade de energias renováveis e com ganhos em externalidades positivas na agricultura e indústria, face a um valor líquido de energia renovável (VLER) de cerca de 587,57 GJ/t de biodiesel. Esse valor indica que 4,6% da produção de energia do biodiesel vem de energia não renovável. O REL de 21,72 indica uma elevada rentabilidade em produzir energia renovável. Os dois valores indicam que quantidade insignificativa de energia não renovável é necessária para produzir biodiesel, que é uma energia renovável.

A tabela VII.7 indica os resultados previstos para os primeiros cinco anos de cultivo da Jatropha.

Tabela VII.7 Saídas energéticas do biodiesel e seus coprodutos nos primeiros 5 anos

Produto	Colheita (t)	Saída de e nergia (GJ)
Cascas	590,062	17,344
Biodiesel	355,653	219055,285
Glicerol	17,783	4,890
Total		**219077,519**

Fonte: elaboração própria

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com o objetivo estabelecido para este estudo, o balanço energético e de emissões de GEE pelo método da ACV, conclui-se que, ao contrário das conclusões de que o biodiesel não é neutro em carbono, nas regiões áridas e semiáridas da África, a produção do biodiesel da Jatropha (*Jatropha curcas L.*) é de um grau de neutralidade em carbono em 95,4%, em Cabo Verde. Isto deve-se à abundância de energias renováveis intermitentes e a uma relativa escassez em fontes de energias renováveis de estoque. O estudo apresenta uma emissão de GEE negativa (3.222 kg/t), significando um elevado potencial de descarbonização da economia nacional. O saldo negativo da emissão líquida de GEE é determinada pelo funcionamento do sistema da Jatropha como um recipiente adicional das energias renováveis que constituem uma entrada massiva de energias renováveis para este sistema e uma residual quantidade de energias fósseis, particularmente pela via do uso do metanol. Até os fertilizantes poderão ser substituídos por fertilizantes biológicos que são coprodutos do biodiesel, constituindo–se um resultado alinhado aos objetivos 7 e 13 do Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas.

Dada a viabilidade da exploração da Jatropha como recetor e fonte de energias renováveis, é recomendável, para sua realização, um estudo para o levantamento de terrenos aproveitáveis para o cultivo da Jatropha e a sua inclusão nas zonas de desenvolvimento das energias renováveis (ZDER) para produção do biodiesel da Jatropha, o aproveitamento das oportunidades que se apresentam nas ilhas do Sal, Boavista e São Vicente onde já acontecem desperdícios significativos de energias limpas, bem como o aumento da capacidade instalada de produção de energia eólica e o aumento da capacidade de dessalinização em Santiago, de modo a aumentar a penetração de energias renováveis no sistema energético nacional, tanto a montante como a jusante do sistema elétrico.

Conhecidos os *inputs* necessários para a produção de uma tonelada do biodiesel, pode-se deduzir que, no estado atual, seria possível o cultivo da Jatropha numa superfície de 755 ha, na disposição espacial de 3m x 3 m de distanciamento, com potencial de produzir 838.524 plantas e uma produção de 356,132 toneladas de biodiesel, distribuídos pelas ilhas do Sal, São Vicente e Boa Vista.

5. REFERÊNCIAS

André, J., Santos, J., & Martins, C. (n.d.). Hydropower plants in arid regions A dream come true in Cape Verde.

Archer, A. (2015). The use of *Jatropha curcas* to Achieve a Self Sufficient WAter Distribution:

a case study in rural Senegal. Michigan Technological University.

Cabeólica. (2019). Annual Report 2018. http://www.cabeolica.com/site1/wp-content/uploads/2019/11/Annual-Report-2018-ENG.pdf

Eshton, B., Katima, J. H. Y., & Kituyi, E. (2013). Greenhouse gas emissions and energy balances of Jatropha biodiesel as an alternative fuel in Tanzania. Biomass and Bioenergy, 58, 95–103. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.08.020

Fonseca, J. P. de B. (2010). Integração das Fontes de Energia Renovável em Ilhas e Regiões Remotas (G. Nogueira (Ed.); Uni-CV).

Heller, J. (1996). Physic nut. *Jatropha curcas L*. In Physic nut. *Jatropha curcas L*.

Segurado, R., Krajačić, G., Duić, N., & Alves, L. (2010). Increasing the penetration of renewable energy resources in S. Vicente, Cape Verde. Applied Energy, 88(2), 466–472. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.07.005

Semedo, E. S. B. L. (2011). Utilização de sementes de *Jatropha curcas L*. provenientes de Cabo Verde para a produção de biodiesel. Universidade Nova de Lisboa.

United Nations Development Program. (2015). Cabo Verde Appliances & Building Energy-Efficiency Project (CABEEP).

Wani, S. P., Garg, K. K., & Chander, G. (2016). Water needs and productivity of *Jatropha curcas* in India: Myths and facts. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 10(3), 240–254. https://doi.org/10.1002/bbb.1630

VIII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta tese cujo objetivo principal – a descarbonização da economia Cabo-verdiana desenvolveu-se sob 4 objetivos específicos, seguindo-se o método de pesquisa bibliográfico-documental, para sustentar o propósito estabelecido.

1- A primeira conclusão é que existiram explorações bem sucedidas da Jatropha (*Jatropha curcas L.*), no passado, confirmadas pelos resultados económicos relevantes, apresentados no capítulo IV, que se traduz na quantidade de sementes da purgueira que constituiu-se na maior cota de exportação de Cabo Verde nos séculos XIX e XX. Mas, também concluiu-se que que será necessário um trabalho cuidadoso a fim de tornar consistente o processo de montagem do sistema da Jatropha, desde o ponto de vista de pesquisa técnico-científica multi/transdisciplinar e política, dado que muito do que existiu no passado da cultura da Jatropha já deixou de existir e a memória escrita daquela experiência é limitada e considerando que as bases de partida são completamente diferentes das dos séculos XVIII, XIX e XX.

2 - Em presença de fatores como a existência de terras disponíveis, as caraterísticas edafoclimáticas locais e a abundância de recursos energéticos renováveis intermitentes passíveis de serem convertidos em recursos hídricos, pela via de bombagem e dessalinização de água do mar indicam a existência de capacidade de aproveitamento de até 87.955 ha de terreno, o cultivo de até 35.182.000 plantas, seguindo a densidade superficial de plantas indicada pela NDC, de 400 plantas por hectare. A exploração planificada da Jatropha não restringe a produção de alimentos e, contrariamente, induz o seu aumento devido à recuperação de solos e cultivo consorciado com cultivos de produção alimentar. O cultivo da Jatropha promove mais inclusão social, pelo aumento de rendimento ao criar trabalho no cultivo e na colheita de sementes da purgueira e ainda na indústria de produção do biodiesel. O cultivo da Jatropha promove a redução das vulnerabilidades às mudanças climáticas nas regiões de plantação, favorece a biodiversidade e estabelece uma nova dinâmica no setor económico do país ao criar uma interação de retroalimentação entres diferentes setores económicos, nomeadamente: energético, hídrico, agroflorestal e industrial. Além da introdução de energia limpa e endógena, favorece a recuperação e enriquecimento de solos, combate a erosão eólica e hídrica e o aumento de fixação de água nos solos tornando-os aproveitáveis para outras culturas de uso alimentar.

3 - A capacidade de produção local do biodiesel favorece a introdução de uma nova indústria que pode gerar empregos, aumentar a penetração de energias renováveis, substituir

parte da importação de combustíveis e, em consequência, contribuir na melhoria da segurança energética do sistema elétrico nacional. Contribuiria para o abaixamento de custos de energia e na melhoria da intensidade energética nacional. Ao longo da cadeia de produção do biodiesel, registam-se externalidades positivas pelas capturas de energia adicional, de águas degradadas e não emissão derivada de combustíveis que são evitados. No segmento da agricultura, gera a captura de CO_2, melhora os solos e gera rendimento económico nas zonas rurais. No segmento industrial da produção do biodiesel gera emprego e gera riqueza adicional. Tudo isto viabiliza e confere sustentabilidade à produção local do biodiesel derivado da Jatropha. A mitigação da participação do carbono na economia Cabo-verdiana acontece pela via da substituição do *diesel* pelo biodiesel, tanto no aumento da penetração de renováveis pela via do consumo na bombagem e dessalinização, como pela substituição parcial do *diesel*, à escala nacional. No final, responde aos desafios 1, 7, 8, 9, 12 e 13 dos Objetivos da Agenda 2030 para o desenvolvimento Sustentável da ONU.

4 - Considerando os balanços da emissão de GEE e energético que resultam numa emissão líquida negativa. Conclui-se que, ao contrário das conclusões de estudos encontrados na literatura de que o biodiesel não é neutro em carbono nas regiões áridas e semiáridas da África, em Cabo Verde a produção do biodiesel da Jatropha, pelos resultados do capítulo VII, pode ser considerada neutra em carbono. O estudo apresenta uma emissão de GEE negativa, significando um elevado potencial de descarbonização da economia nacional. O saldo negativo da emissão líquida de GEE é determinado pelo funcionamento do sistema da Jatropha como um recipiente adicional das energias renováveis que constituem uma entrada massiva de energias renováveis para este sistema e uma quantidade residual de energias fósseis.

O balaço energético revela um VLE, o VLER e o REL relativamente muito elevados, comparados com os resultados registados nas regiões climáticas similares do continente africano.

Os estudos, desenvolvidos nos capítulos IV, V, VI e VII, demonstram, no seu conjunto, uma grande baixa na emissão de GEE significando uma significativa descarbonização económica e, em decorrência, a descarbonização da economia que, além de ser o objetivo desta tese, é um suporte para metas implícitas, consubstanciadas no acordo de Paris (COP21) e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, nos seus números 1, 2, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13 e 15.

Assinale-se o a importância do processo circular gerado pelo sistema do biodiesel representado na figura VII.1, que vai além dos resultados quantificados.

IX. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência de Cooperação Internacional Japão (JICA). (2010). *O Estudo do Desenvolvimento Rural Integrado das Bacias Hidrográficas da Ilha de Santiago da República de Cabo Verde*.

Akhil, A. A., Huff, G., Currier, A. B., Kaun, B. C., Rastler, D. M., Chen, S. B., Cotter, A. L., Bradshaw, D. T., & Gauntlett, W. D. (2015). *DOE/EPRI Electricity Storage Handbook in Collaboration with NRECA.*

Almeida, G. M. A., Borges, R. J., & Amâncio-Vieira, S. F. (2017). Processo de Institucionalização da Pesquisa com Pinhão-Manso: um estudo na EMBRAPA - DF. *Revista Eletrônica de Administração e Turismo*, *10*, 1245–1266. https://doi.org/10.15210/REAT.V10I5.10061

Alves, A. S. H. (2014). *A Sustentabilidade do Biodiesel em Moçambique: uma análise integrada das dimensões institucional, social, alimentar, abiental e energética*. Brasília.

André, J., Santos, J., & Martins, C. (sem data). *Hydropower plants in arid regions A dream come true in Cape Verde*.

Archer, A. (2015). *The use of Jatropha Curcas to Achieve a Self Sufficient WAter Distribution: a case study in rural Senegal*. MICHIGAN TECHNOLOGICAL UNIVERSITY.

Barros, M. E. L. (2010). *Aspectos da Construção do "Estado – Social" de Cabo Verde (Análise da Imprensa entre 1975 e 1985)*. Universidade do Porto.

Bermann, C. (2008). Crise ambiental e as energias renováveis. *Ciênc. cult. (Säo Paulo)*, *60*(3).

Cabeólica. (2019). *Annual Report 2018*. http://www.cabeolica.com/site1/wp-content/uploads/2019/11/Annual-Report-2018-ENG.pdf

Carreira, A. (1977). *Cabo Verde*. Ulmeiro.

Conselho de Ministros. (2010). *Resolução nº 66/2010 de 24 de Novembro que aprova o Plano de Acção Nacional Para a Gestão Integrada Dos Recursos Hídricos*. I SÉRIE —Nº 45 2º Sup. «B. O.» Da República de Cabo Verde —24 de Novembro de 2010. http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cvi119727.pdf

Conselho de Ministros. (2012). *Resolução nº 7/2012 de 3 de Fevereiro que aprova o Plano Estratégico Sectorial das Energias Renováveis (PESER)*. I Série — Nº 7 «B. O.» da República de Cabo Verde — 3 DE FEVEREIRO DE 2012. http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cvi120615.pdf

Conselho de Ministros. (2015). *Resolução nº 100/2015 de 15 de Outubro que aprova o Plano*

Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER). I Série — Nº 61 «B. O.» da República de Cabo Verde — 15 de outubro; Imprensa Nacional de Cabo Verde. http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/cvi149034.pdf

Conselho de Ministros. (2020). *Resolução nº 24/2020 de 18 de fevereiro que aprova a Política Nacional de Ordenamento do Território e Urbanismo (PNOTU)*. I Série — no 19 «B.O.» da República de Cabo Verde — 18 de fevereiro de 2020; INCV.

Correia, M. (2009). *Avaliação do Potencial de Jatropha curcas l. para Produção de Biodiesel (Santiago- Cabo Verde)*. Universidade tácnica de Lisboa.

Coselho de Ministros. (2019). Resolução nº 13/2019 que aprova Carta de Política de Mobilidade Elétrica, abreviadamente designada por CPME. Em *I Série — no 12 «B.O.» da República de Cabo Verde — 1 de fevereiro de 2019* (pp. 199–204). INCV.

Coutinho, G. L., & Vianna, J. N. (2020). Emissões de GEE evitadas em Cabo Verde: estimativa em um cenário de adoção de fontes energéticas renováveis em 2025. *LALCA: Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida*, *4*, e45077. https://doi.org/10.18225/lalca.v4i0.5077

de Borba, C. D. A., & dos Anjos, J. C. G. (2012). Questão Fundiária Em Cabo Verde: Posse Tradicional X Propriedade Da Terra Em São Salvador Do Mundo. *Conjuntura Austral*, *3*(11), 39. https://doi.org/10.22456/2178-8839.25993

Dias, M. A. de P., & Vianna, J. N. de S. (2017). Futuro sustentável para o Biodiesel no Brasil: perspectivas para 2030. Em L. Vascocelos & M. Morais (Eds.), *XVIII EncontrodaRede de EstudosAmbientais dos Países de LínguaPortuguesa: Transformando o nosso Mundo: A REALP no caminho de 2030Maputo-Moçambique 14 a 17 de Novembro de 2016* (p. 170).

Dias, R., & Matos, F. (2012). *Políticas Públicas: Princípios, Propósitos e Processos* (atlas).

Direcção Nacional do Ambiente (DNA). (2015). *V Relatório Nacional Sobre O Estado Da Biodiversidade Em Cabo Verde*.

Duarte, L. M. G.; E. Pinheiro do Nascimento; S. Rodrigues Pereira Filho, J. N. Sousa Vianna. 2011 – Construção de campo interdisciplinar e trajetória do Centro de Desenvolvimento Sustentável da UnB in Philippi Jr. A. & A. J. Silva Neto (editores) pp510-527 Interdisciplinaridade em Ciência, Tecnologia & Inovação. Barueri, SP. Manole.

Eshton, B., Katima, J. H. Y., & Kituyi, E. (2013). Greenhouse gas emissions and energy balances of jatropha biodiesel as an alternative fuel in Tanzania. *Biomass and Bioenergy*, *58*, 95–103. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.08.020

Ferreira, V. S. (2015). *Políticas Públicas e Agricultura em Cabo Verde: do periodo colonial ao contexto atual de mobilização por mais água*. *I*, 307–332.

Flemming Nielsen, D. R., & De Jongh, J. (2009). Jatropha curcas oil production for local development in Mozambique «in press, submitted for inclusion in the ACSS 2009 Proceedings». *FACT*, 1–10. http://petroleum.nic.in/national-policy-biofuel-2018-0

Fonseca, J. P. de B. (2010). *Integração das Fontes de Energia Renovável em Ilhas e Regiões Remotas* (G. Nogueira (ed.); Uni-CV).

Furtado, J. V. (1989). *Agronomia da Purgueira (Jatropha Curcas L.) em Cabo Verde*.

Gagnaux, P. C. (2009). *Entomofauna associada a cultura da Jatrofa (Jatropha Curcas L.) em Mocambique*.

Garcez, C. A. G., & Vianna, J. N. de S. (2009). Brazilian Biodiesel Policy: Social and environmental considerations of sustainability. *Energy*, *34*(5), 645–654. https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.11.005

Gesto Energy Solutions. (2011). *Plano Energético Renovável de Cabo Verde*.

Gonçalves, M. de L. S. (2013). *Estados Pós-Coloniais na África e A Institucionalização de Políticas Ambientais: Derivas e Importação de Políticas em Cabo Verde*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

Government of Cabo Verde (GCV). (sem data). *Intended Nationally Determined Contribution of Cabo Verde*. https://www.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Cabo Verde First/Cabo_Verde_INDC_.pdf

Government of Índia. (2009). National policy on biofuels. Em *Exploring Renewable and Alternative Energy Use in India*.

Governo de Cabo Verde. (2016a). *Plano Diretor de Água e Saneamento a 25 anos da Ilha de Santiago e Avaliação Ambiental e Social Estratégica*.

Governo de Cabo Verde (GCV). (2016b). *Programa do Governo IX Legislatura*. https://www.icieg.cv/images/phocadownload/Programa-do-Governo-da-IX-Legislatura-2016-2021.pdf

Govt. of India, M. of P. & N. G. (2018). F. No.P-13032(16)/18/2017-CC. (June 8, 2018). *The Gazette of India*, *2018*(D), 1–23. http://petroleum.nic.in/national-policy-biofuel-2018-0

Heller, J. (1996). Physic nut. Jatropha curcas L. Em *Physic nut. Jatropha curcas L.*

Instituto Nacional de Estatística. (2017). *Anuario Estatístico de Cabo Verde*. http://ine.cv/wp-content/uploads/2017/12/aecv-2016-1.pdf

Mahendru, V. (2018). Electricity for the 21st Century - for all. *IEC e-tech, 05/2018*, Tech & innovation. https://etech.iec.ch/issue/2018-05/electricity-for-the-21st-century-for-all

MAHOT. (2014). *Estratégia Nacional e Plano de Ação Nacional para a Conservação da Biodiversidade: 2014-2030.*

Mello, F., Müller, J. A., Cargnin, A., & Albrecht, J. C. (2008). Incidencia de Oidium sp. e Polyphagotarsonemus sp. em Pinhão Manso (Jatropha curcas L.). Em Embrapa (Ed.), *Savanas Tropicais* (p. 8). http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio_pc210/trabalhos_pdf/00545_trab2_ap.pdf

Mendonça, S., Laviola, B. G., & Rodrigues, C. M. (2012). *Pesquisa e desenvolvimento para aproveitamento da torta de pinhão-manso na alimentação animal*. Embrapa Agroenergia; Embrapa Agroenergia. http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61930/1/Folder-destoxificacao-pinhao-manso-2012.pdf

Ministério da Economia Crescimento e Competitividade (MECC). (2008). *Política Energética de Cabo Verde*.

Ministério das Infraestruturas Ordenamento do Território e Habitação (MIOTH). (2019). *Politica Nacional do Ordenamento do Território e Urbanismo- Cabo Verde*.

Mishra, S. N. (2014). Design of resource use: case of jatropha-based biodiesel in India. *Journal of Rural Development*, *33*, 1–13.

Mitchell, D. (2011). *Biofuels in Africa and Challenges*.

Monteiro, F., Fortes, A., Ferreira, V., Essoh, A. P., Gomes, I., Manuel Correia, A., & Romeiras, M. M. (2020). Current status and trends in Cabo Verde agriculture. *Agronomy*, *10*(1). https://doi.org/10.3390/agronomy10010074

Mur, D. C. C. (2019). *Evolução e sustentabilidade do Programa de Biodiesel : um estudo comparativo entre o Brasil e a Colômbia*. Brasília.

Parente, E. J. de S. (2003). *Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado*. Tecbio, 2003.

Pereira, E. A. C. (2010). *Política e Cultura: as revoltas dos engenhos (1822), de achada falcão (1841) e de ribeirão manuel (1910).* Universidade de São Paulo,.

Raj, S., & Bhandari, M. (2017). Comparison of Methods of Production of Biodiesel from Jatropha Curcas . *Journal of Biofuels*, *8*(2), 58. https://doi.org/10.5958/0976-4763.2017.00009.5

Ramos, M. A. (2013). *Direito da Terra: Compêndio de Legislação*.

Reis, M. V. M., Damasceno, P. C., Campos, T. de O., Diegues, I. P., & de Freitas, S. C. (2015). Variabilidade genética e associação entre caracteres em germoplasma de pinhão-manso (Jatropha curcas L.). *Revista Ciencia Agronomica*, *46*(2), 412–420. https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150021

Ribeiro, D., & Matavel, N. (2009). *Jatropha! A socio economic pitfall for Mozambique.* 52.

Rodrigues, N. T. S. (2010). *Universidade Federal Rural De Pernambuco Departamento De Letras E Ciências Humanas Programa De Pós-Graduação Em Administração E Desenvolvimento Rural Políticas Públicas E Desenvolvimento Da Agricultura Na Ilha De Santiago - Cabo Verde Políticas Públicas E*. Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Sachs, I. (2007). *Rumo à ecossocioeconomia: teoria e prática do desenvolvimento* (P. F. Vieira (ed.)). Cortez.

Santos, Z. A. D. dos. (2013). *A Reforma Agrária em Cabo Verde: estudo de caso no concelho da Ribeira Grande de Santo Antão*. Universidade de Cabo Verde.

Santos, M. E. M., Torrão, M. M. F., & Soares, M. J. (Eds.). (2007). *História Concisa de Cabo Verde, Resumo da História Geral de Cabo verde* (Instituto).

Sato, M., Bueno, O. D. C., Esperancini, M. S. T., & Frigo, E. P. (2009). A cultura do pinhão-manso (jatropha curcas L.): uso para fins combustíveis e descrição agronômica. *Varia Scientia*, *7*(13), 47–62.

Saturnino, H. M., Pacheco, D. D., Kakida, J., Tominaga, N., & Gonçalves, N. P. (2005). Cultura do pinhão-manso (Jatropha curcas L.). *Informe Agropecuário*, *26*, 44–78.

Segurado, R., Madeira, J. F. A., Costa, M., Duić, N., & Carvalho, M. G. (2016). Optimization of a wind powered desalination and pumped hydro storage system. *Applied Energy*, *177*, 487–499. https://doi.org/doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.05.125

Segurado, Raquel, Krajačić, G., Duić, N., & Alves, L. (2010). Increasing the penetration of renewable energy resources in S. Vicente, Cape Verde. *Applied Energy*, *88*(2), 466–472. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.07.005

Semedo, E. S. B. L. (2011). *Utilização de sementes de Jatropha curcas L. provenientes de Cabo Verde para a produção de biodiesel*. Universidade Nova de Lisboa.

Sotolongo Pérez, J. Á., Díaz García, A. A., Sofía, M. de O. L., del Valle Atala, Y., & García Pavón, S. (2007). Potencialidades Energéticas y Medioambientales del Árbol *Jatropha Curcas L* en las Condiciones Edafoclimáticas de la Región Semiárida de la Provincia de Guantánamo. *Tecnología Química*, *XXVII*(2), 76–82. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543753012

Suarez, P. A. Z., Meneghetti, S. M. P. (2007). 70º Aniversário do Biodiesel em 2007: História e Situação Atual no Brasil. Quím. Nova, 3*0*, 2068–2071.

Wani, S. P., Garg, K. K., & Chander, G. (2016). Water needs and productivity of Jatropha curcas in India: Myths and facts. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, *10*(3), 240–254. https://doi.org/10.1002/bbb.1630

Wiesenhütter, J. (2003). *Use of the physic nut (Jatropha curcas L.) to combat desertification*

and reduce poverty.

Zilber, S., & Koga, E. (2011). Mercado de créditos de carbono no Brasil e o papel dos agentes intermediários: desafios e oportunidades. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, *13*(1), 139–153. https://www.researchgate.net/publication/277873991

X. APÊNDICE

FORMULAÇÃO DO PROBLEMA ECONÓMICO-AMBIENTAL DE APROVEITAMENTO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS.

Despacho Economico

A solução do despacho económico visa minimizar o custo total de produção dos geradores, atendendo todas as restrições técnicas e suprindo sua demanda local. Deste modo, matematicamente tem-se um problema de programação não linear e é formulado como segue:

$$min\ FC\ =\ \sum_{t=1}^{T}\left[\left(\sum_{i=1}^{N_G} CF_i(P_{i,t}) + OM_i(P_{i,t})\right) + P_{R,t} * \pi_{R,t}\right]$$

onde $F_i(P_{i,t})$ é o custo de produção do gerador térmico *i*, que pode ser um gerador diesel ou turbina. $OM_i(P_{i,t})$ é o custo de operação e manutenção do gerador *i*; $P_{i,t}$ é a potência do gerador *i* na hora *t*. $P_{R,t}$ e $\pi_{R,t}$ é a potência das fontes de energia renováveis e o preço dessas energias, respetivamente.

O custo de operação e manutenção será dado em função da potência de saída, como segue:

$$OM(Pi)\ =\ \lambda_{OP}\ \cdot\ P_i$$

onde λ_{OP} é uma constante de proporcionalidade em função da potência do gerador *i*. A potência fornecida ou absorvida de produtores independentes é a diferença entre a produção própria com a demanda.

Despacho Ambiental

Outro aspeto importante ao planeamento da operação é a emissão de poluentes tais como CO_2, SO_2 e NO_x. Este problema é conhecido como Despacho ambiental, onde deseja-se operar as unidades geradoras com a menor emissão de poluentes possível. Deste modo, tem-se uma segunda função objetivo a ser minimizada, relacionada com a emissão de poluentes, dada por:

$$min\ FE\ =\ \sum_{t=1}^{T}\left[\sum_{i=1}^{N_G}\sum_{a=1}^{A} CE_a(P_{i,t}) + \sum_{a}^{A} ER_a(P_{R,t})\right]$$

sendo *FE* a função de custo da emissão, *A* refere-se ao conjunto de poluentes *(CO_2, NO_x, SO_2)*. As funções *CE* e *ER* podem ser calculadas por:

$$CE_a(Pi)\ =\ \xi_{a,i}\ \times\ H_a\ \times\ P_{i,t}$$

e

$$ER_a(P_i)\ =\ \xi_{a,rede}\ \times\ H_a\ \times\ P_{R,t}$$

onde H_a é um fator de conversão em *kg/kWh*, $\xi_{a,i}$ e $\xi_{a,rede}$, representam a intensidade de emissão das unidades geradoras e rede, respetivamente.

Formulação Geral

As funções *FC* e *FE* possuem objetivos distintos, a serem minimizados. Uma solução para este problema é fazer uma combinação linear dessas funções de custo e emissão, transformando-as em uma só equação¸ com um fator de ponderação *v*. A formulação geral do problema é a seguinte:

$$min\ CT\ =\ v\ \cdot\ F\ C\ +\ (1\ -\ v)\ \cdot\ F\ E$$

Esse fator de ponderação irá determinar a importância que se há de dar a um dos problemas. Assim, caso $v\ =\ 1$, a função objetivo irá levar em conta apenas o aspeto económico na otimização. Caso $v\ =\ 0$, apenas o aspeto ambiental será abordado.

Restrições

1) Balanco de potencia: A demanda deve ser atendida e deste modo a potência fornecida pelas fontes renováveis entram como cargas negativas, dado como segue:

$$\sum_{t=1}^{N_G} P_{i,t} + P_{V,t} + P_{w,t} + P_{out,t} =\ P_{D,t} + P_{ad,t} + P_{P,\mathrm{t}}$$

sendo P_D a demanda do sistema, $P_{ad,t}$ é a potência da carga controlada (potência adicional da dessalinização) e P_P são as perdas do sistema, que nesse trabalho serão consideradas zero. As potencias eólica e fotovoltaica de saída são representadas por P_w e P_V respetivamente. $P_{out,t}$ representa outras fontes, a especificar, caso existam.

Cada componente do sistema deve ser modelado separadamente, levando em conta suas restrições.

MODELAGEM DOS GERADORES

Turbinas Eólicas

As turbinas eólicas são modeladas em função da velocidade do vento, velocidade nominal, velocidade de corte, dentre outros parâmetros. Deste modo, a potência de saída pode ser calculada como segue:

$$PW = \begin{cases} 0, & V_w < V_{ci} \\ a_w V_w^3 + b_w V_w^2 + c_w V_w + d_w & V_{ci} \le V_w \le V_N \\ P_{w_{max}} & V_{max\,P} \le V_w \le V_{co} \\ 0, & V_w > V_{co} \end{cases}$$

sendo P_W é a potência de saída da turbina, V_{ci} é a velocidade mínima do vento, V_{co} velocidade de corte, V_N velocidade nominal e V_w velocidade do vento. Os coeficientes da curva de potência em função do vento são representados pora_w, b_w, c_w e d_w.

Painéis solares

Os painéis solares convertem energia fornecida pelo sol, em energia elétrica. Cada painel ´e uma combinação de várias células solares. Assim, a potência fornecida por um painel solar ´e limitada por questões técnicas e o fator de clima. Entre os fatores técnicos estão a eficiência, a capacidade nominal instalada, a temperatura nominal de cada célula. Já entre as questões climáticas tem-se a radiação solar e temperatura ambiente.

As vantagens da implementação de um sistema fotovoltaico estão na praticidade na montagem, pouco tempo para projetar, sem partes móveis (sem ruídos na durante operação), fácil instalação em ambientes urbanos, vida útil longa e pouca manutenção.

Considerando todos esses fatores, podemos obter a máxima potência de saída através da expressão:

$$PV \;=\; P_{STC}\;\frac{G_{ING}}{G_{STC}}\;[1 \;+\; k_{PV}\;(T_c - T_r)]$$

onde G_{ING} é a radiação solar incidente, G_{STC} é a radiação nas condições STC (*Standard Test Conditions*) , T_c é a temperatura da célula, T_r é a temperatura de referência e k é o coeficiente de temperatura. Já PV é a potência de saída e P_{STC} é o módulo máximo da potência de saída em condições padrões de teste.

Gerador diesel

A curva de custo característica em função da potência de saída de um gerador diesel pode ser representada através de uma função quadrática, como segue:

$$C(P_i) = d \cdot \; P_i^2 + \; e \cdot P_i \; + f$$

sendo *d*, *e* e *f* os coeficientes do gerador *i*.

Cada gerador deve respeitar as restrições operacionais de máximo e mínimo de geração:

$$P_i^{min} \;\leq\; P_i \;\leq\; P_i^{max}$$

Assim como restrições de reserva girante[7] R, necessário para garantir um determinado nível de confiabilidade, que é obtida de acordo com a capacidade das unidades, o número de unidades, a confiabilidade de cada unidade despachada no intervalo de tempo, o nível de carga e os erros de previsão das variáveis aleatórias envolvidas, conforme a equação seguinte

$$R(PG^{SPIN}, D, t) \;=\; PG^{SPIN}(C, \lambda, t) \;-\; D(t, \delta)$$

[7] A reserva girante é o serviço necessário para manter a integridade do sistema de potência na presença de eventos e contingências capazes de provocar insuficiência de geração. É uma parcela de reserva proveniente de unidades sincronizadas e totalmente disponíveis, ou cargas interrompíveis que possam ser totalmente desconectadas em eventos de contingência, de forma a repor a perda de unidades de geração ou suprir acréscimos de demanda.

Em que PG^{SPIN} é a potência de geração sincronizada ou que pode ser sincronizada dentro de um determinado intervalo de tempo; D descreve a carga equivalente do sistema; C corresponde ao vetor de capacidades das unidades de geração; λ é a taxa de falha dos componentes do sistema e δ representa os erros de previsão na determinação da carga

O custo de operação e manutenção para esse gerador deve ser conhecido, normalmente uma determinada percentagem do custo do gerador diesel.

XI. ANEXO

Caraterização da Jatropha

Distribuição geográfica

Os pesquisadores acreditam que tenha origem no Norte da América Central e que os portugueses a tenham difundido pelas diferentes regiões tropicais do mundo[8].

Encontra-se em cabo Verde, onde constituiu-se fator económico-industrial; no Brasil; Angola; Moçambique; Antilhas Britânicas; Filipinas; México; Porto Rico; Venezuela; El-Salvador.

Adapta-se a condições edafoclimáticas muito diversificadas, tanto nas regiões tropicais secas como nas zonas equatoriais húmidas. Das altitudes ao nível do mar até 1.200 metros, sendo melhor as altitudes entre 500 e 800 metros. Desenvolve-se menos nas encostas áridas expostas ao vento.

Atualmente, distribui-se por quase todas as regiões intertropicais, particularmente em regiões tropicais e temperados[9].

Descrição de espécie

A Jatropha (*Jatropha curcas L.*), também conhecido como purgueira, pinhão-manso, pinhão do Paraguai, grão-de-maluco, pinhão-de-cerca, medicineira, pinhão-do-inferno, pinhão bravo, pertence à família das Euforbiáceas, é um arbusto de dois a três metros de altura, podendo alcançar até cinco metros, ou mais, quando plantado isolado ou como cerca viva (Fig. 1), com diâmetro do tronco de até 20 cm. Possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de lenho mole e medula desenvolvida, mas pouco resistente; tem floema com longos canais que se estendem até às raízes,

nos quais circula o látex, suco leitoso, que jorra com abundância ao menor ferimento. O tronco, ou fuste, é dividido desde a base, em compridos ramos, com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas na estação seca[10].

As folhas do pinhão são verdes e brilhantes, largas e alternas, com três a cinco lóbulos, e pecioladas, com nervuras esbranquiçadas e salientes na face inferior. Possui floração monoica, apresentando na mesma planta flores masculinas, em maior número, nas extremidades das ramificações, e femininas nas ramificações, as quais são amarelo-esverdeados (Fig. 2). O fruto é capsular ovoide com diâmetro de 1,5 a 3,0cm. É trilocular (75% dos frutos), às vezes biloculares (25% dos frutos), com uma semente em cada cavidade, indeiscente, inicialmente verde, passando a amarelo, castanho e, por fim, preto, quando atinge o estado de maturação (Figura 3). Os frutos são constituídos de 64% a 75% de sementes e de 15% a 36% de casca, pesando cada um de 1,53 a 2,85g.

As sementes são relativamente grandes; quando maduras, medem de 1,5 a 2 cm de comprimento e de 1,0 a 1,3 cm de largura. O tegumento é rígido (Fig. 4), quebradiço, de fratura resinosa. Debaixo do invólucro da semente, existe uma película branca cobrindo a amêndoa; possui albúmen abundante, branco e oleaginoso, contendo o embrião provido de dois largos cotilédones achatados. A semente de pinhão, que pesa

---

[8] HELLER, J. (1996). Physic nut (*Jatropha curcas*): promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Rome: IPGRI. 66 p.

[9] CORTESÃO, M. (1973). Culturas tropicais: plantas oleaginosas. Lisboa: Clássica, 1956. 231 p.; PEIXOTO, A. R. Plantas oleaginosas arbóreas. São Paulo: Nobel. 284 p.

[10] Idem;
BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial (1985). Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais. Brasília, DF, 364 p. (STI-CIT. Documentos, 16).

de 0,50 a 0,70g, pode ter, dependendo das condições ecológicas e tratos culturais, 34% a 45% de casca e 55% a 66% de amêndoa. A semente contém de 27,90% a 37,33% de óleo[11]. A semente da Jatropha contém de 25% a 40% de óleo, fácil de ser extraído por pressão, sendo empregado na fabricação de tintas e sabões e na lubrificação de equipamentos e iluminação doméstica, proporcionando uma chama sem esfumaçar e inodora[12].

Principais usos

A Jatropha pode ser produtor de semente oleaginosa, pode ser utilizado para diversos fins, tais como cercas vivas, com a vantagem de ser repelente aos pequenos e grandes animais que não as tocam, em consequência do latex cáustico. A Jatropha é costuma ser plantada ao longo de cercas divisórias em propriedades rurais, evitando a ocupação de áreas importantes para outras culturas[13]. Também pode ser utilizado na conservação do solo pela grande deposição de matéria seca, reduzindo, dessa forma, a erosão e a perda de água por evaporação, evitando enxurradas e enriquecendo o solo com matéria orgânica decomposta[14].

Na medicina doméstica, aplica-se o látex da planta como cicatrizante, hemostático e também como purgante. As raízes são consideradas diuréticas e antileucémicas e as folhas são utilizadas para combater doenças de pele. São eficazes também contra o reumatismo e possuem poder antissifilítico[15]. As sementes são utilizadas como purgativo, verificando-se casos de intoxicação em crianças e adultos quando as ingerem em excesso, que pode ser perigoso e até fatal. Atribuem-se as propriedades tóxicas da Jatropha a uma globulina, a curcasina, e também ao ácido jatróphico, de toxicidade igual ou superior à da ricinina contida nas sementes da mamoneira.

A torta da Jatropha é um excelente adubo orgânico, rico em nitrogénio, fósforo e potássio, embora apresente princípios tóxicos pela presença de curcina, ésteres de forbol, saponinas, inibidores de protease. Entretanto, quando desintoxicada, ela serve como excelente ração para aves, bovinos e peixes, contendo, em média, 54% de proteína, com teor de aminoácidos essenciais superiores às referencias proteicas divulgadas pela FAO, com exceção da lisina[16].

As folhas, com 14,5% de proteína e digestibilidade acima de 50%, quando fenadas, apresentam composição bromatológica semelhante às de forrageiras de média a boa qualidade, podendo ser usadas como alimento suplementar de caprinos, ovinos e bovinos. Entretanto, estudos devem ser realizados para verificar a presença de componentes tóxicos e antinutricionais.

Cultivo

Os métodos de cultivo da Jatropha são, além da reprodução por semente, ser multiplicado por estacas. As plantas oriundas de sementes são mais resistentes e de maior longevidade, iniciando a produção de frutos aos seis meses, atingindo estabilidade produtiva com a maturidade fisiológica da planta, supostamente, após quatro anos, enquanto que as plantas provenientes de estacas têm ciclo de vida mais curto e sistema radicular menos vigoroso, mas começam a produzir mais cedo. Quando

---

[11] Silveira, J. C. (1934). Contribution a l'étude du pulghére aux iles du Cap Vert. Anais do Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, v. 6, n.1, p. 116-126,

[12] Braga, R. (1976). Plantas do Nordeste, especialmente do Cear·. 3. ed. Mossoró: ESAM. p. 412-413.

[13] Purcino, A. A.; Drummond, O. A. (1986). Pinhão-manso. Belo Horizonte: EPAMIG, 7 p.

[14] Peixoto, 1973.

[15] Idem.

[16] Eguia, M. T. J. (2006). Pinhão-manso e biodiesel. In: SEMINÁRIO POTENCIAL DO PINHÃO-MANSO PARA O PROGRAMA NACIONAL DE BIODIESEL, Brasília, DF. Seminário... Brasília, DF: FEPAD: UnB.

obtida por via sexual em boas condições de produção, a longevidade desta euforbiácea é de 30 a 50 anos[17].

Embora caracterizada como uma espécie rústica capaz de produzir nas mais diferentes condições edafoclimáticas, a Jatropha apresenta melhor desenvolvimento em solos profundos, bem estruturados e pouco compactados, que permitam o sistema radicular desenvolver-se e explorar maior volume, satisfazendo a necessidade da planta em nutrientes. Devem ser evitados os solos muito argilosos, rasos, com umidade constante, pouco arejados e de difícil drenagem[18].

Em solos ácidos, com pH abaixo de 4,5, as raízes do pinhão não se desenvolvem satisfatoriamente, sendo necessária a realização de calagem com base na análise química do solo, a qual indicar· a quantidade de calcário, gesso, macro e micronutrientes necessários para satisfazer as exigências da cultura. A calagem deve ser realizada cerca de três meses antes do plantio, com o calcário incorporado a uma profundidade de, pelo menos, 20 cm da superfície do solo, em duas aplicáveis, antes da aração e quando da gradagem específica para a correção do solo[19].

A produtividade da Jatropha é muito variável porque depende da região, método de cultivo e tratos culturais, bem como da regularidade pluviométrica e fertilidade do solo. Segundo Brasil (1985), em espaçamento 3m x 3m, a produtividade anual de sementes em sua plenitude pode atingir de 3,0 a 4,0 $t.ha^{-1}$, ou até mais, dependendo do sistema de cultivo[20]. A Jatropha produz, no mínimo, duas toneladas de sementes por $hectare.ano^{-1}$ [21]. Em Minas Gerais, numa área de baixada, irrigada e com boa fertilidade, que o pinhão iniciou a produção logo no segundo ano, atingindo 2,0 $t.ha^{-1}$ de sementes[22]. Entretanto, a produtividade dessa cultura varia de 500 a 1.200 kg de sementes por hectare[23].

No Semiárido do Nordeste brasileiro, em trabalho desenvolvido pela Embrapa Semiárido, com e sem irrigação, já no primeiro ano, foram obtidas produtividades de 1.200 e 330 kg. ha^{-1} de sementes, respetivamente.

Principais pragas

Embora existam relatos de que, em consequência da presença do látex cáustico nas diversas partes da planta, a Jatropha é uma planta pouco atacada por parasitas, o ataque de diversas pragas e algumas doenças tem sido observado. Os danos causados pelas pragas variam conforme o estádio de desenvolvimento e o estado nutricional da planta, Época do ano e proximidade de plantas hospedeiras[24].

Algumas pragas e doenças encontradas atacando a Jatropha são apresentadas a seguir:

Saúva (*Atta sexdens rubropilosa Forel*, 1908) - Em áreas recém-desmatadas para o plantio da Jatropha, os formigueiros devem ser combatidos antes do plantio, pois as formigas, tipo saúva, poderão atacar com intensidade as plantas novas. Em áreas extensas, devem ser deixadas faixas de 10 a 20m de largura, seguindo-se a curva de nível, com vegetação nativa, para que haja um bom equilíbrio ecológico;

---

[17] Cortesão, 1956 e Peixoto, 1973.
[18] Cortesão, 1956; Peixoto, 1973. & Brasil. 1985.
[19] Peixoto, op. Cit.
[20] Brasil, 1985
[21] Carnielli, F. (2003). O combustível do futuro. Boletim Informativo - UFMG, Belo Horizonte, v. 29, n. 1413Disponível em: http://www.ufmg.br/boletim/ bol1413/. Acesso em: 5 nov. 2007.
[22] Purcino & Drummond, 1986.
[23] Peixoto, op. Cit.
[24] Saturnino, H. M.; Pacheco, D. D.; Kakida, J.; Tominaga, N.; Gonçalves, N. P. (2005). Cultura do pinhão-manso (Jatropha curcas L.). Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44-78.

O Ácaro-branco (*Polyphagotarsonemus latus Banks*, 1904) ataca e paralisa o crescimento da planta, ficando suas folhas brancas e prateadas. Aparece em focos, formando reboleiras. A aplicação imediata de enxofre em pó nas plantas atacadas é um controle eficiente. Esta aplicação deve ser feita ao amanhecer, sem ventos, ou molhando-se primeiramente as plantas com pulverização de água pura, principalmente os brotos terminais da planta;

Ácaro Vermelho (*Tetranychus* sp.) - Com corpo avermelhado, tem menos importância, pois ocorre, em geral, em folhas maduras do pinhão. A aplicação do enxofre em Pó também é eficiente no controle dessa praga;

Trips (*Selenothrips rubrocinctus Giard*, 1901) - Suas larvas são avermelhadas e caracterizadas pela gotícula de uma excreção vermelha sempre apensa ao extremo do abdómen da larva. Formam colónias bem visíveis a olho nu. O adulto é preto, de formato típico de um trips, corpo fino, de movimentos rápidos. Estão presentes, geralmente, nas folhas mais velhas; Cupim é uma praga que pode matar a planta em qualquer idade. Destrói a casca na região basal do caule, a qual apodrece, provocando o tombamento e morte da planta. Seu controle pode ser feito com a aplicação de Aldrin 5% ou similar, na cova. A aplicação de uma pasta feita de sulfato de cobre e cal virgem no colo da muda pode ser uma boa alternativa de controle;

Percevejos (*Pachycoris* sp.) - Atacam, em geral, os frutos, causando chochamento das sementes;

Oídio (*Oidium* sp.) - uma doença causada por um fungo que forma uma cobertura branca nas partes verdes do pinhão. Em Grãos Mogol, foi encontrado secando o broto terminal da muda, mas, em geral, não prejudica a planta. A aplicação de enxofre em pó é uma boa medida de controle.

Fonte: Embrapa[25]

Fig. 1. Pinhão-manso: 1) aos quatro meses após o plantio (1,30m de altura) e 2) aos doze anos de idade (5,0m de altura).

[25] Drumond, Marcos Antonio; Pinhão-manso - Jatropha curcas L. / Marcos Antonio Drumond e Francineuma Ponciano de Arruda, José Barbosa dos Anjos. - Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2008. 15p.: il.; 21 cm. - (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 212)

Fig. 2. Floração do pinhão-manso aos três meses de idade.

Fig. 3. Fases de maturação dos frutos do pinhão-manso.

Fig. 4. Sementes de pinhão-manso.