

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis
George Henrique Merino Rodolfo

VALORIZAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA DA MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*):
desenvolvimento de modelos de negócio sustentáveis

Diamantina
2022

George Henrique Merino Rodolfo

**VALORIZAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA DA MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*):
desenvolvimento de modelos de negócio sustentáveis**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. David Lee Nelson
Coorientador: Prof. Dr. Juan Pedro Bretas Roa

**Diamantina
2022**

Catálogo na fonte - Sisbi/UFVJM

R695v Rodolfo, George Henrique Merino
2022 VALORIZAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA DA MACAÚBA (Acrocomia
aculeata) [manuscrito] : desenvolvimento de modelos de
negócio sustentáveis / George Henrique Merino Rodolfo. --
Diamantina, 2022.
156 p.

Orientador: Prof. David Lee Nelson.
Coorientador: Prof. Juan Pedro Bretas Roa.

Tese (Doutorado em Biocombustíveis) -- Universidade
Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de
Pós-Graduação em Biocombustíveis, Diamantina, 2022.

1. Biocombustíveis. 2. Macaúba. 3. Agrofloresta. 4. Área
de Reserva Legal. I. Nelson, David Lee. II. Roa, Juan Pedro
Bretas. III. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha
e Mucuri. IV. Título.


Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFMG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Bibliotecário Rodrigo Martins Cruz / CRB6-2886
Técnico em T.I. Thales Francisco Mota Carvalho

VALORIZAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA DA MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*): desenvolvimento de modelos de negócio sustentáveis

Tese apresentada ao DOUTORADO EM BIOCOMBUSTÍVEIS, nível de DOUTORADO como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTOR EM BIOCOMBUSTÍVEIS


Orientador (a): Prof. Dr. David Lee Nelson

Data da aprovação : 22/03/2022


Documento assinado digitalmente
 DAVID LEE NELSON
Data: 23/03/2022 17:42:30-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof.Dr. DAVID LEE NELSON - UFVJM


Prof.Dr. ALEXANDRE WALMOTT BORGES - UFU

Documento assinado digitalmente
 Alexandre Walmott Borges
Data: 25/03/2022 15:35:47-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>


Prof.Dr.^a SARA GONÇALVES ANTUNES DE SOUZA - UNIMONTES

Documento assinado digitalmente
 Emerson Delano Lopes
Data: 25/03/2022 10:46:08-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof.Dr. EMERSON DELANO LOPES - IFNMG

Documento assinado digitalmente
 SARA GONCALVES ANTUNES DE SOUZA
Data: 24/03/2022 18:43:04-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof.Dr. BENI TROJBICZ - UFVJM

Documento assinado digitalmente
 BENI TROJBICZ
Data: 25/03/2022 12:49:56-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Dedico este trabalho às heroínas e ao herói da minha vida: minha amada esposa Luciana e os presentes que o papai do céu colocou em nossas vidas: Isadora e Benício.

Tudo por vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus antes de tudo. Sem a certeza dos seus planos, nada disso seria possível.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri e Universidade Federal de Uberlândia. Mais que um programa de formação, encontrei temas incríveis e apaixonantes.

Agradeço aos meus orientadores, Prof. Dr. Juan Pedro Bretas Roa e Prof. Dr. David Lee Nelson. Nunca faltaram palavras de incentivo, mesmo quando as dúvidas eram (muito!) maiores que as certezas. Tenho orgulho de ter você como parceiro nessa empreitada. Suas lições transcendem este trabalho e se estendem para a vida toda.

Faltam-me palavras para expressar o tamanho da gratidão aos professores Alexandre, Lilian, Ronnie. E como não falar dos colegas de empreitada Wilker, Myrlene, Thaís e Daniela, dentre tantos outros. Moram no coração. Respeito para a vida toda.

Muitíssima gratidão ao grande amigo Prof. Dr. André Luiz Covre que foi extremamente gentil ao fazer a revisão ao texto. Suas contribuições foram incríveis! Meu reconhecimento.

Fundamental foi o apoio do amigo Prof. Dr. Marcelino Serretti Leonel. Agradeço demais pelo encorajamento e pelo auxílio nos temas áridos do Desenvolvimento Regional passando por todo o tipo de ajuda. Muito respeito e admiração.

Impossível agradecer por palavras à minha esposa Luciana que me incentivou desde o princípio e abdicou de muitas coisas pra que eu pudesse trabalhar neste empreendimento. Te amo tanto! E o que dizer do tempo que deixei de passar com nossos super-heróis? Papai vai devolver em dobro!

Eu acredito que o sucesso é alcançado por pessoas comuns que tem uma determinação extraordinária.

Zig Ziglar

RESUMO

Nos tempos recentes, a política nacional de biocombustíveis tem recebido bastante atenção com o renovado interesse pela questão ambiental e pela diversificação da matriz energética. Assim, as buscas por fontes viáveis para o fornecimento de insumos para a cadeia estimulam a retomada das iniciativas para a produção de biodiesel. Este é um estudo exploratório que tem como objetivo estimar a quantidade de óleo vegetal e coprodutos que podem ser obtidos da Palmeira Macaúba (*A. aculeata*). Para obtenção das estimativas, foram considerados a implantação de sistemas agroflorestais com essa palmeira em Áreas de Reserva Legal-ARL no Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais e o possível impacto no PIB Regional decorrido o tempo de início de produção. A partir das informações do Censo Agropecuário, foi levantado o quantitativo de áreas para composição de ARL's e, com base em referenciais da literatura, foi estimado o volume esperado de produção de cocos de Macaúba *in natura* e também na forma de óleo vegetal. Os resultados apontam a expectativa de que, após o tempo de desenvolvimento e início da produção, sejam obtidos incrementos ao PIB do Vale do Jequitinhonha de cerca de R\$ 2,2 bilhões anuais com a comercialização dos frutos. Empreendimentos baseados na implantação da Macaúba para recuperação de áreas degradadas são viáveis nos parâmetros estudados e apresentam retorno de capital em 6 anos.

Palavras-chave: Biocombustíveis. Macaúba. Agrofloresta. Área de Reserva Legal.

ABSTRACT

Abstract:

The national biofuels policy has received much attention in recent times because of the renewed interest in the environmental issue and the diversification of the energy matrix. The search for viable sources to supply inputs for the production of biodiesel has been stimulated. The present exploratory study seeks to estimate the amount of vegetable oil and co-products that can be obtained from the macaúba palm (*A. aculeata*). The estimates considered the implementation of agroforestry systems with this palm in the Legal Reserve Area-ARL in the Jequitinhonha Valley of Minas Gerais and the possible impact on Regional GDP after the initiation of fruit production. On the basis of the information from the Agricultural Census, the number of areas for ARL composition was surveyed, and the expected volume of production of macaúba nuts in natura and in the form of vegetable oil was estimated on the basis of literature references. It is expected that an increase of R\$ 2.2 billion will be obtained annually with the beginning of fruit production. Enterprises based on the implementation of Macaúba to recover degraded areas are viable in the parameters studied and present a return on capital in 6 years..

Keywords: Biofuels. Macauba Palm. Agroforestry. Legal Reserve Area.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Localização e Divisão Política do Vale do Jequitinhonha.....	49
Figura 2: Cobertura Vegetal do Vale do Jequitinhonha.....	51
Figura 3: Mercados Consumidores para os Frutos da Macaúba.....	79
Figura 4: Área plantada de Soja por Região e Somatória Nacional (em ha).....	81
Figura 5: Evolução da Produção, Consumo, Exportação e conversão para Biodiesel de Óleo de Soja.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Legislação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) - Ordem Cronológica.....	29
Tabela 2: Critérios de Viabilidade Técnica.....	57
Tabela 3: Critérios de Viabilidade Comercial.....	59
Tabela 4: Coeficientes Técnicos - Operações Mecanizadas.....	66
Tabela 5: Coeficientes Técnicos - Operações Manuais.....	66
Tabela 6: Coeficientes Técnicos - Insumos.....	67
Tabela 7: Coeficientes Técnicos - Administrativos e de Comercialização.....	67
Tabela 8: Valores Unitários - Operações Mecanizadas.....	68
Tabela 9: Valores Unitários - Operações Manuais.....	68
Tabela 10: Valores Unitários - Insumos.....	69
Tabela 11: Valor Unitário - Custos Administrativos e de Comercialização.....	69
Tabela 12: Índices para Taxa de Inflação Incidente sobre os Custos (TIIC).....	70
Tabela 13: Índices para a Taxa de Correção dos Preços de Venda (TCPV).....	71
Tabela 14: Índices para Taxa de Inflação Incidente sobre os Custos – TIIC para cada Cenário	71
Tabela 15: Índices para a Taxa de Correção dos Preços de Venda – TCPV para cada Cenário	71
Tabela 16: Taxas Mínimas de Atratividade (TMA) para Cálculo de VPL e de Payback.....	73
Tabela 17: Balanço de Capacidade Instalada e Consumo Obrigatório por Região (2020).....	83
Tabela 18: Demanda Estimada de Biodiesel (2021-2030).....	85
Tabela 19: Produção e Importação de Diesel e Biodiesel Adicionado.....	86
Tabela 20: Mercado de Óleo de Soja - Produção, Exportação, Consumo Interno e Direcionado para Produção de Biodiesel.....	88
Tabela 21: Área Total da Soja em Comparação à Área Total Plantada (Culturas Temporárias)	90
Tabela 22: Referência de Expectativa de Produtividade.....	91
Tabela 23: Custos de Operações Mecanizadas (em R\$).....	92
Tabela 24: Custos de Operações Manuais (em R\$).....	93
Tabela 25: Custos de Insumos (em R\$).....	94
Tabela 26: Custos Administrativos (em R\$).....	95

Tabela 27: Custos Totais por Período - Modelo para Área de Reserva Legal - 8 m x 4 m - 313 plantas (em R\$).....	95
Tabela 28: Custos Totais por Período - Modelo para Plantio Comercial - 5 m x 5 m - 400 plantas (em R\$).....	96
Tabela 29: Fluxo de Caixa do Modelo Realista com Implantação em ARL (8 m por 4 m).....	97
Tabela 30: VPL e TIR do Modelo Realista com Implantação em ARL (8 m por 4 m) para cada TMA.....	97
Tabela 31: Payback do Modelo Realista com Implantação em ARL (8 m por 4 m) para cada TMA (em R\$).....	98
Tabela 32: Fluxo de Caixa do Modelo Realista em Implantação Comercial (5 m por 5 m).....	99
Tabela 33: VPL e TIR do Modelo Realista em Implantação Comercial (5 m por 5 m) para cada TMA.....	99
Tabela 34: Payback Modelo Realista em Implantação Comercial (5 m por 5 m) para cada TMA (em R\$).....	100
Tabela 35: VPL por Modelo a cada TMA (em R\$.ha ⁻¹).....	101
Tabela 36: Taxa Interna de Retorno (TIR) para cada Implantação e cada Modelo (em % a.a.).....	102
Tabela 37: Maior Saldo Negativo (em R\$.ha ⁻¹).....	102
Tabela 38: Análise Vertical dos Custos por Categorias para Implantação em ARL - 8 m por 4 m (em %).....	103
Tabela 39: Análise Vertical dos Custos por Categorias para Implantação Comercial - 5 m por 5 m (em %).....	103
Tabela 40: Payback por TMA (em anos).....	104
Tabela 41: Fluxo de Caixa do Modelo Otimista com Implantação em ARL (8 m por 4 m).....	115
Tabela 42: VPL e TIR do Modelo Otimista com Implantação em ARL (8 m por 4 m) para cada TMA.....	116
Tabela 43: Payback do Modelo Otimista com Implantação em ARL (8 m por 4 m) para cada TMA (em R\$).....	116
Tabela 44: Fluxo de Caixa do Modelo Pessimista com Implantação em ARL (8 m por 4 m).....	117
Tabela 45: VPL e TIR do Modelo Pessimista com Implantação em ARL (8 m por 4 m) para cada TMA.....	118
Tabela 46: Payback do Modelo Pessimista com Implantação em ARL (8 m por 4 m) para cada TMA (em R\$).....	118
Tabela 47: Fluxo de Caixa do Modelo Otimista em Implantação Comercial (5 m por 5 m).....	119

Tabela 48: VPL e TIR do Modelo Otimista em Implantação Comercial (5 m por 5 m) para cada TMA (em R\$).....	120
Tabela 49: Payback Modelo Otimista em Implantação Comercial (5 m por 5 m) para cada TMA (em R\$).....	120
Tabela 50: Fluxo de Caixa do Modelo Pessimista em Implantação Comercial (5 m por 5 m).....	121
Tabela 51: VPL e TIR do Modelo Pessimista em Implantação Comercial (5 m por 5 m) para cada TMA.....	122
Tabela 52: Referência de Expectativa de Produtividade.....	146
Tabela 53: Análise Vertical dos Custos por Categorias para Implantação em ARL - 8 m por 4 m (em %)......	149
Tabela 54: Fluxo de Caixa do Modelo Realista com Implantação em ARL (8 m por 4 m)....	150
Tabela 55: VPL e TIR do Modelo Realista com Implantação em ARL (8 m por 4 m) para cada TMA.....	151
Tabela 56: Payback do Modelo Realista com Implantação em ARL (8 m por 4 m) para cada TMA (em R\$).....	152

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	23
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	27
2.1 DAS CRISES DO PETRÓLEO AOS BIOCOMBUSTÍVEIS E AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	27
2.2 A MACAÚBA COMO OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS SUSTENTÁVEIS.....	35
2.2.1 BREVE CARACTERIZAÇÃO DA PALMEIRA MACAÚBA.....	35
2.2.2 PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS DA MACAÚBA COMO VETOR DE SUSTENTABILIDADE.....	37
2.2.3 CULTIVO DA PALMEIRA MACAÚBA EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS.....	39
2.2.4 SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM MACAÚBA EM ÁREAS DE RESERVA LEGAL	40
2.3 DESENVOLVIMENTO REGIONAL: A MACAÚBA E SEUS SUBPRODUTOS COMO BASE DE EXPORTAÇÃO.....	42
2.4 CARACTERIZAÇÃO DO TERRITÓRIO DO VALE DO JEQUITINHONHA/MG....	50
2.5 ESTUDOS DE VIABILIDADE.....	55
2.5.1 VIABILIDADE TÉCNICA.....	57
2.5.2 VIABILIDADE COMERCIAL.....	57
2.5.3 VIABILIDADE ECONÔMICO FINANCEIRA.....	59
3 OBJETIVOS.....	61
3.1 OBJETIVO GERAL.....	61
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	61
4 METODOLOGIA.....	63
4.1 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS E PRESSUPOSTOS DO MODELO.....	63
4.2 MODELOS DE REFERÊNCIA PARA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E FERRAMENTAS DE ANÁLISE.....	70
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	77
5.1 MACAÚBA E SEUS PRODUTOS COMO VETORES DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL.....	77

5.2 PROPOSTA DE VALOR E ESTIMATIVA DE IMPACTOS ECONÔMICOS COM BASE NO MODELO DE BASE DE EXPORTAÇÃO.....	78
5.3 ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA, COMERCIAL, ECONÔMICA E FINANCEIRA PARA UNIDADES DE PRODUÇÃO E BENEFICIAMENTO PRIMÁRIO DE MACAÚBA EM PROPRIEDADES RURAIS.....	79
5.3.1 VIABILIDADE TÉCNICA.....	79
5.3.2 VIABILIDADE COMERCIAL.....	81
5.3.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA DO MODELO DO PROJETO.....	91
5.3.3.1 EXPECTATIVA DE PRODUÇÃO EM ÁREAS DE RESERVA LEGAL.....	91
5.3.3.2 LEVANTAMENTO DE CUSTOS ANUAIS.....	92
5.3.4 DETALHAMENTO DOS FLUXOS DE CAIXA - REALISTA.....	96
5.3.4.1 FLUXO DE CAIXA DO MODELO REALISTA COM IMPLANTAÇÃO EM ARL (8 M POR 4 M).....	96
5.3.4.2 FLUXO DE CAIXA DO MODELO REALISTA EM IMPLANTAÇÃO COMERCIAL (5 M POR 5 M).....	98
5.4 SÍNTESE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	100
CONCLUSÃO.....	105
REFERÊNCIAS.....	111
APÊNDICE A – PLANILHAS COM FLUXO DE CAIXA DOS MODELOS OTIMISTA E PESSIMISTA.....	115
I. FLUXO DE CAIXA DO MODELO OTIMISTA COM IMPLANTAÇÃO EM ARL (8 M POR 4 M).....	115
II. FLUXO DE CAIXA DO MODELO PESSIMISTA COM IMPLANTAÇÃO EM ARL (8 M POR 4 M).....	117
III. FLUXO DE CAIXA DO MODELO OTIMISTA EM IMPLANTAÇÃO COMERCIAL (5 M POR 5 M).....	119
IV. FLUXO DE CAIXA DO MODELO PESSIMISTA EM IMPLANTAÇÃO COMERCIAL (5 M POR 5 M).....	121
APÊNDICE B – ARTIGO PUBLICADO NA BRAZILIAN JOURNAL OF DEVELOPMENT.....	123

APÊNDICE C – ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL (SUBMETIDO).....	139
--	-----

1 INTRODUÇÃO

Desde que o querosene passou a substituir o óleo de baleia na iluminação pública e que os motores a combustão interna passaram a ser a tecnologia de transporte terrestre dominante, a humanidade só tem aumentado a dependência dessas substâncias combustíveis.

Samuel Morey em 1826, com Nicolaus August Otto em 1860 e Henry Ford em 1896 realizaram os primeiros experimentos de combustão interna utilizando Etanol.

Por outro lado foram os combustíveis fósseis que prevaleceram por conta dos impactos que o combustível vegetal sofreu no mercado americano devido aos impostos e taxas impostas por ocasião da Guerra Civil nos anos 1860. Nesta época, os derivados de petróleo passaram a oferecer uma estrutura de custos mais vantajosa para a indústria e passaram a prevalecer (ESCOBAR et al., 2009; GUO; SONG; BUHAIN, 2015; LUQUE et al., 2008).

Atualmente, os combustíveis obtidos de recursos fósseis não são considerados sustentáveis e são ainda questionáveis do ponto de vista econômico, ecológico e ambiental dados os impactos cumulativos decorrentes dos efeitos da emissão de gases do efeito estufa, além do declínio das reservas mundiais (GUO; SONG; BUHAIN, 2015; NAIK et al., 2010).

A partir da década de 1970, com as crises do petróleo e mais recentemente, com a intensificação das preocupações ambientais, os tomadores de decisão foram levados a vislumbrar a possibilidade da pesquisa e desenvolvimento de fontes alternativas que pudessem dirimir tais fragilidades.

Neste sentido foi retomado o interesse pelos combustíveis obtidos de fontes renováveis desde que compatíveis com motores a combustão interna já amplamente utilizados.

O Pró-Alcool e o Pró-Óleo surgiram em 1975 para estimular a cadeia de combustíveis de origem vegetal na tentativa de minorar a dependência de combustíveis fósseis importados.

A despeito dos bons resultados com o programa de etanol, o do biodiesel foi gerando cada vez menos interesse até que em 2005 fosse criado o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB, que insere este combustível na matriz energética nacional, e passa a determinar um volume mínimo em mistura ao diesel fóssil.

O volume inicial de biodiesel foi alcançado com o uso das matérias-primas disponíveis que, em sua maioria, eram o óleo de soja e as gorduras de origem animal. Apesar do sucesso inicial, o PNPB resulta em pouco benefício para regiões que não as produtoras de

soja. Além disso, essas culturas demandam grandes extensões de terra por conta da baixa produtividade de óleo por hectare.

Dessa forma, por hipótese, tem-se que o cultivo da Macaúba e a comercialização de frutos é capaz de ampliar a disponibilidade deste insumo e ainda aferir renda a produtores utilizando inicialmente a constituição ou recuperação de áreas de reserva legal.

Pensando nesse sentido, este estudo apresenta uma proposta para avaliar a ampliação e valorização da cadeia de produção da Macaúba. Um ponto essencial é verificar se: é viável criar modelo de negócio rentável e escalável de exploração de produtos provenientes de palmeira macaúba cultivada em área de reserva legal?

Esta pergunta e esta hipótese são especialmente importantes, não somente porque se inserem no contexto da busca por alternativas renováveis, mas também porque lançam um olhar para regiões pouco favorecidas.

Existe potencial para aproveitar a crescente necessidade humana por fontes viáveis de energia capazes de diminuir a dependência de insumos importados ou ecologicamente prejudiciais, ao mesmo tempo em que seus benefícios estão vinculados à manutenção de áreas de conservação em empreendimentos agroflorestais.

O cultivo, ainda de que maneira não intensiva, em áreas normalmente desvinculadas da atividade econômica principal da propriedade rural pode constituir um argumento encorajador na direção de práticas sustentáveis, que gerem renda complementar, e que podem inclusive vir a compor cenários mais amplos de mudança do perfil da renda no campo.

Como forma de delimitar a extensão do estudo, está sendo adotado o Vale do Jequitinhonha-MG como área geográfica de referência já que é predominantemente pobre em termos econômicos e sociais, além de ser também desprestigiada em relação a clima e solo. Esta opção fornece referência a este trabalho, mas não o restringe já que estas características são facilmente encontradas em um país que é caracterizado pela desigualdade.

Por esses motivos, o tema do trabalho é o desenvolvimento sustentável regional do Vale do Jequitinhonha a partir de um modelo de negócio para fornecimento de insumos para a cadeia de biocombustíveis.

Como esta pesquisa é desenvolvida por um docente da Instituição, tem-se a oportunidade de realizar um trabalho de pesquisa efetivamente direcionado à região de abrangência da UFVJM, por profissional do quadro permanente, permitindo a promoção da

formação de recursos humanos e ações com foco no empreendedorismo e na transformação social, provocando iniciativas de enfrentamento às desigualdades com foco na transferência de tecnologia à sociedade.

A Lei Federal 13.243/2016 que estabelece o Marco Legal de Ciência e Tecnologia tem como alguns de seus princípios estabelecidos no art. 1º os incisos “I - promoção das atividades científicas e tecnológicas como estratégicas para o desenvolvimento econômico e social” (BRASIL, 2016b) e “III - redução das desigualdades regionais” (*idem*) e, neste sentido, reforça-se a viabilidade de se debruçar sobre modelos de negócios de produtos e subprodutos de Macaúba que tem sido objeto de ações de fomento governamentais e privados para estímulo à sua cadeia de processamento.

Podem ser citadas iniciativas governamentais federais como a Política de Garantia de Preços Mínimos da Sociobiodiversidade (PGPM-Bio) da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) que em 2015 injetou R\$4,1 milhões (PORTAL BRASIL, 2016) em garantia de preços mínimos em benefício de cinco mil famílias envolvidas no extrativismo de quinze diferentes produtos de extrativismo, entre eles o coco da Macaúba.

No âmbito estadual, podem ser apontados programas como a Lei nº 19.485/2011 – Pró-Macaúba, que instituiu a política estadual de incentivo ao cultivo, à extração, à comercialização, ao consumo e à transformação da Macaúba e das demais palmeiras oleaginosas (MINAS GERAIS, 2011) além da Plataforma Mineira de Bioquerosene em parceria com diversos agentes públicos e privados com foco no desenvolvimento e estruturação da cadeia produtiva para combustíveis de aviação (SEDE-MG, 2014).

Essas iniciativas oferecem ainda uma sugestiva e promissora conexão com a UFVJM, pelos estudos de viabilidade de implantação de Parques Tecnológicos, considerando em particular os eixos principais de atuação propostos: (i) setor de Biocombustíveis, especialmente pelo suporte tecnológico do primeiro programa em Biocombustíveis do País criado em 2012 pela UFVJM e pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU); e (ii) setor aeronáutico, com foco na reciclagem de aeronaves (PARTEC, 2014).

Diante das buscas por alternativas e soluções para a sustentabilidade do setor energético, a Macaúba (*Acrocomia aculeata*), apresenta ainda características importantes como a alta resistência aos pesticidas e, à variação de temperatura além da habilidade de crescer em áreas de baixa pluviosidade.

Esta espécie surge então, como uma promissora fonte de matérias-primas para auxiliar no enfrentamento dos problemas climáticos, de disponibilidade de área e recursos hídricos, de competição de alimentos, além de oportunizar a geração de emprego e renda em regiões de baixo desenvolvimento econômico.

Neste sentido, estruturar modelos de negócios escaláveis que possam ser utilizados tanto em pequenas propriedades quanto nas grandes, descrever o comportamento das variáveis econômico-financeiras em termos do estado da arte do processamento dos frutos da Macaúba, e descrever as condições necessárias para a viabilidade de cadeias produtivas é imperativo para que se possa compreender em quais condições a viabilidade econômico financeira é alcançada.

Este estudo não tem a pretensão de esgotar o tema, mas sim de lançar um olhar acadêmico para um método alternativo de atendimento à legislação ambiental que permite, ao mesmo tempo, a exploração de bens florestais de maneira sustentável. Espera-se que esta iniciativa possa fornecer subsídio para a criação de políticas públicas que, ao contribuir para o aprimoramento da cadeia de biocombustíveis, possam também promover o incremento da viabilidade econômico-financeira de propriedades rurais, fomentar a atividade empreendedora e incentivar a geração de emprego e renda dignos no campo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 DAS CRISES DO PETRÓLEO AOS BIOCOMBUSTÍVEIS E AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A crise do petróleo (1973) causa no Brasil o surgimento de um conjunto de programas para o incentivo aos combustíveis obtidos a partir de culturas vegetais energéticas. Dentre os programas lançados, em 1975, o Proalcool demonstrou a viabilidade técnica da produção em larga escala de Bioetanol com possibilidade de ser usado como combustível (CARDOSO et al., 2017; LA ROVERE; PEREIRA; SIMÕES, 2011).

Este programa se destinava primeiramente à produção de Etanol Anidro que seria usado como aditivo a gasolina, objetivando a diminuição dos custos totais do combustível, ao passo que implicava também a minoração do impacto nas importações de petróleo e derivados.

Com as novas altas nos preços do petróleo, em 1979, o objetivo passou a ser também o desenvolvimento de automóveis movidos exclusivamente a Etanol Hidratado que, nos anos 1980 viriam a representar cerca de 95% dos automóveis produzidos no mercado nacional (AMORIM et al., 2011; CARDOSO; SANTOS, 2010; LA ROVERE; PEREIRA; SIMÕES, 2011).

A adoção de um marco legal e institucional para a cadeia do Bioetanol na década de 70, foi fundamental para criar condições para a comercialização em 2017, de 13,6 bilhões de litros de etanol hidratado e 11,9 bilhões de litros de etanol anidro (ANP, 2018). A cadeia produtiva deste biocombustível e as tecnologias envolvidas no processo estão estabelecidas após mais de meio século de amadurecimento.

Apesar dos benefícios, a cadeia do Bioetanol favorece como efeito colateral um rearranjo produtivo do setor agropecuário que estimula a precarização das condições de trabalho no campo, a concentração fundiária e a má distribuição de renda. Apresenta ainda indícios de impactos negativos na produção de gêneros alimentícios e, ao favorecer a monocultura, favorece processos de dependência econômica (CARDOSO; SANTOS, 2010; LA ROVERE; PEREIRA; SIMÕES, 2011).

Além disso, pouco contribui para o desenvolvimento de regiões mais afastadas do seu eixo histórico. Basta notar que, em 2017, o estado de São Paulo entregou 48,4% da produção nacional (ANP, 2018; CAMARGO et al., 2008; GONÇALVES, 2005).

O Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Pró-Óleo) foi criado em 1975 também como enfrentamento às altas nas cotações do petróleo. O objetivo era a adição de óleos vegetais e seus derivados ao óleo diesel em até 30% com a perspectiva de substituição total em caso de viabilidade. Mas com o recuo das cotações internacionais de petróleo, o interesse pelo Pró-Óleo foi se escasseando até que o programa fosse abandonado em 1986 (PINHO; SUAREZ, 2017).

Em 2005, o Governo Federal instituiu a Comissão Executiva Interministerial com representantes de quatorze ministérios que ficou encarregada da implantação das ações direcionadas à produção e ao uso de óleo vegetal/biodiesel como fonte alternativa de energia e que, portanto, ficou encarregada da execução do PNPB (BRASIL, 2004a).

O PNPB nasceu, portanto, como programa interministerial¹ que objetivava a implementação da cadeia de produção do biodiesel no Brasil. Possuía, como principais diretrizes, (i) a elaboração de um programa sustentável promovendo inclusão social através da geração de renda e emprego; (ii) a busca por garantir preços competitivos, qualidade e suprimento; e (iii) ainda dentro das diretrizes, que a produção do biodiesel fosse a partir de diferentes fontes oleaginosas, fortalecendo as potencialidades regionais para a produção de matéria-prima (BRASIL, 2004b; DE SOUZA et al., 2015).

Em 2005, por meio da lei nº 11.097/2005 (Tabela 1), o Governo Federal estipulou a adição inicial de 2% de óleo vegetal (e com previsão de chegar até 5%²) ao diesel. Ao mesmo tempo eram ofertados benefícios fiscais e acesso a recursos de instituições financeiras, a exemplo do BNDES, além do direcionamento de recursos para pesquisas através do FINEP (DE SOUZA et al., 2015).

A lei nº 13.033, de 2014, aumentou a obrigatoriedade do teor de biodiesel para 6%, e depois a 7% em novembro do mesmo ano. Em seguida a lei nº 13.263, de 2016, que

¹ Compõe a Comissão Executiva Interministerial a Casa Civil da Presidência da República, encarregada da coordenação, Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, Ministério da Fazenda, Ministério dos Transportes, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Trabalho e Emprego, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Ministério de Minas e Energia, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Ministério da Ciência e Tecnologia, Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Desenvolvimento Agrário, Ministério da Integração Nacional, e finalmente Ministério das Cidades.

² Vale ressaltar, o objetivo de adição de 5% em volume de biodiesel, conhecido pela sigla B5, foi atingido ainda em 2010, três anos antes do estipulado pela legislação. (SOUZA 2015)

instituiu a adição de 8% de biodiesel até março de 2017, devendo chegar a 9% até março de 2018, e 10% até março de 2019.

Com o intuito de dar sequência a esse programa, o Governo Federal deixou a cargo do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) verificar a viabilidade técnica e, em caso afirmativo, implementar a mistura de biodiesel em até 15% (CASTANHEIRA et al., 2014; PINHO; SUAREZ, 2017).

O Selo Combustível Social foi criado para promover a inclusão social por meio da produção de oleaginosas voltadas à produção de biodiesel e para facilitar ao produtor rural a venda de sua produção. É concedido a produtores de biodiesel que adquirirem insumos em um percentual de, no mínimo, 50% de matérias-primas da região Nordeste e Semiárido do país, 10% região Norte e Centro-Oeste e 30% das regiões Sudeste e Sul (BRASIL, 2004a; DE SOUZA et al., 2015).

Tabela 1: Legislação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) - Ordem Cronológica

Resolução Nº49, de 16 de novembro de 2004	Conselho Nacional do Desenvolvimento Rural Sustentável (Condraf), que aprova recomendações ao Programa Nacional de Biodiesel.
Decreto Nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004	Institui o Selo Biocombustível Social a ser concedido a produtores de biodiesel que promovam a inclusão social da agricultura familiar e dá outras providências.
Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005	Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira.
Lei nº 11.116, de 18 de maio de 2005	Dispõe sobre o Registro Especial, na Secretaria da Receita Federal do Ministério da Fazenda, de produtor ou importador de biodiesel e sobre a incidência da Contribuição para o PIS/Pasep e da COFINS sobre as receitas decorrentes da venda desse produto.
Resolução Nº 3, do CNPE, de 23 de setembro de 2005	Reduz o prazo de obrigatoriedade para o atendimento do percentual mínimo intermediário de dois por cento, em volume, cuja obrigatoriedade se restringirá ao volume de biodiesel produzido por detentores do Selo Biocombustível Social.
Instrução Normativa Nº 2, de 30 de setembro de 2005	Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos ao enquadramento de projetos de produção de biodiesel ao Selo Biocombustível Social.
Resolução Nº 3, do MDA, de 11 de setembro de 2006	Incentiva os agricultores familiares participantes do programa do biodiesel ao cultivo da mamona combinada com o feijão desde que estejam em municípios que aderirem ao Garantia-Safra e desde que a área mínima combinada seja de 1,5 ha.

Resolução Nº 5, do CNPE, de 3 de outubro de 2007	Estabelece o volume de biodiesel necessário para atender o mercado obrigatório de biodiesel a partir de 2008, por meio de leilões públicos, e dá outras providências.
Resolução Nº 7, do CNPE, de 5 de dezembro de 2007	Estabelece as diretrizes para a formação de estoques de biodiesel no Brasil, com fornecimento restrito a produtores com concessão de uso do Selo Biocombustível Social.
Decreto Nº 6.458, de 14 de maio de 2008	Altera o Decreto Nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004, em seu art. 4º inciso III e em seu parágrafo III pelo qual a todo o biodiesel produzido a partir de qualquer matéria-prima da agricultura familiar do Norte, Nordeste e semiárido será aplicado o coeficiente de redução diferenciado da PIS/PASEP e da COFINS de 100%, mantidas as demais condições estabelecidas no Decreto Nº 5.297/2004.
Resolução Nº 2, do CNPE, de 13 de março de 2008	Antecipa para 1º de julho de 2008 o prazo de obrigatoriedade para o atendimento do percentual mínimo de três por cento, em volume, de adição de biodiesel ao diesel.
Decreto Nº 6.606, de 21 de outubro de 2008	Altera o Decreto Nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004, em seu art. 3º pelo qual a todo o biodiesel produzido no Brasil passa a ter o valor das alíquotas do PIS/PASEP e da COFINS estabelecidos em R\$ 177,95/m3 de biodiesel, mantidas as demais condições estabelecidas no Decreto Nº 5.297/2004 e no Decreto Nº 6.458.
Instrução Normativa Nº 1, de 19 de fevereiro de 2009	Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão, manutenção e uso do Selo Biocombustível Social.
Instrução Normativa nº 1, de 20 de junho de 2011	Refere-se à habilitação das cooperativas para a comercialização de matérias-primas no âmbito do Selo Biocombustível Social.
Portaria nº 60, de 06 de setembro de 2012	Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão, manutenção e uso do Selo Biocombustível Social.
Portaria nº 81, de 26 de novembro de 2014	Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão, manutenção e uso do Selo Biocombustível Social e revoga a Portaria nº 60, de 06 de setembro de 2012.
Portaria nº 80, de 26 de novembro de 2014	Refere-se à Câmara Técnica de Avaliação do Selo Biocombustível Social.
Portaria nº 144, de 22 de julho de 2019 -	Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão, manutenção e uso do Selo Biocombustível Social.
Portaria nº 143, de 8 de dezembro DE 2020	Dispõe sobre a participação e a habilitação dos agentes intermediários de matéria-prima no âmbito do programa Selo Biocombustível Social.

Decreto Nº 10.527, de 22 de outubro de 2020	Institui o Selo Biocombustível Social e dispõe sobre os coeficientes de redução das alíquotas da Contribuição para o Programa de Integração Social e para o Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público e da Contribuição Social para o Financiamento da Seguridade Social, incidentes na produção e na comercialização de biodiesel, e sobre os termos e as condições para a utilização das alíquotas diferenciadas.
Portaria nº 272, de 30 de dezembro de 2021	Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão, manutenção e uso do Selo Biocombustível Social.

Fontes: MAPA, DOU, MME.

Segundo dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis-ANP, a matriz nacional das matérias-primas para o biodiesel (em 2020) é composta majoritariamente pela soja. Essa foi a fonte de 71,4% do óleo ofertado para produção de biodiesel no ano de 2017 (ANP, 2021).

Também como uma das matérias-primas, a gordura animal ocupa a segunda posição de insumos, que corresponde em média a 11,34% do volume de óleo fornecido em 2020. O óleo de algodão (1,68%), materiais graxos diversos (15,57%) como óleo de dendê, de palmiste, de amendoim e óleo de fritura completam as fontes (ANP, 2021).

Com o domínio da soja, desde os primórdios da produção de biodiesel no Brasil, fica evidenciado que o PNPB está longe de alcançar algumas de suas diretrizes, como seus objetivos sociais, a promoção do desenvolvimento regional e a diversificação da matriz de insumos. Isso se deve ao fato de que os principais estados beneficiados pelo programa estão concentrados nas regiões Centro-Oeste³ e Sul⁴ e coincidem com os principais produtores das cadeias da soja e dos rebanhos bovino e suíno, pouco favorecendo a região Nordeste e Norte.

A soja foi a opção lógica para os primeiros anos da produção nacional de Biodiesel já que esta leguminosa possuía cadeia produtiva já consolidada, com excedente de óleo e disponibilidade imediata para fornecimento para as etapas iniciais do programa de biodiesel. Apesar disso, existem outras culturas que merecem atenção para a continuidade do programa.

³ A região Centro-Oeste é responsável por 40,29% da capacidade instalada de produção de biodiesel e entregou em média 41,26% da produção do biocombustível no ano de 2018 sendo que 78,9% deste volume foi produzido a partir de óleo de soja (ANP, 2018).

⁴ A região Sul, que é detentora de 38,05% da capacidade instalada, entregou em média 41,21% do volume contratado, e alimenta sua cadeia produtiva utilizando óleo de soja em 75,8% do volume médio produzido, e com gordura animal em 13,9% do volume médio produzido (ANP, 2018).

Como alternativas viáveis, existem as palmeiras⁵ produtoras de óleo. A Palma de Óleo (*Elaeis guineensis*), conhecida no Brasil como Dendezeiro, é uma alternativa que apresenta uma produtividade de óleo de cerca de 6,0 t.ha⁻¹ o que é mais de dez vezes superior à da soja (COLOMBO et al., 2018; FEROLDI; CREMONEZ; ESTEVAM, 2014; PIMENTEL et al., 2009).

Esta é a espécie vegetal que é responsável por perto de 40% do óleo vegetal produzido globalmente na safra 2016/2017. Seus maiores produtores são a Indonésia e Malásia, responsáveis por 86,5% deste montante. O Brasil entrega apenas 0,54% do volume mundial (COLOMBO et al., 2018; FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE/USDA, 2019).

Do Dendezeiro são extraídos óleos amplamente utilizados pela indústria alimentícia e que já são utilizados na cadeia do biodiesel. Importante apontar que essa cultura é baseada em espécie que é de cultura perene e já domesticada⁶. No entanto, o fato do Dendezeiro ser planta exótica e bastante seletiva devido ao fato de sua elevada demanda por recursos hídricos pode restringir sua aplicabilidade (ARAUJO, 2015; CÉSAR et al., 2015; LORENZI, 2006; PLATH et al., 2016).

Essas características limitadoras do Dendezeiro não são observadas na Macaúba (*Acrocomia aculeata*), que também é palmeira oleífera com produtividade de óleo por hectare de 6 ton.ha⁻¹. A soja, por sua vez produz de 0,2 a 0,6 ton.ha⁻¹ (CÉSAR et al., 2015; COLOMBO et al., 2017).

A Macaúba é nativa de regiões de mata tropical, cerrado e caatinga, e tem ocorrência da América Central ao Paraguai com destaque para maciços naturais em áreas de cerrado, incluindo o norte e norte-nordeste mineiro (LORENZI, 2006; VILELA et al., 2014).

Uma desvantagem em relação à Palma de Óleo, é que os trabalhos de domesticação ainda estão em curso e os primeiros plantios experimentais e comerciais ainda estão em implantação (COLOMBO et al., 2018; PLATH et al., 2016; VILELA et al., 2014).

Por ser espécie nativa, a Macaúba é elegível para compor a recuperação de áreas degradadas ou até para compor Áreas de Reserva Legal - ARL em sistemas agroflorestais exploráveis por meio de manejo sustentável. Isto inclui coproduzir óleo de polpa para a cadeia dos biocombustíveis, óleo da amêndoa para a indústria cosmética e farmacêutica, além de gerar subprodutos de interesse principalmente para a indústria de ração animal e de carvão

⁵ A macaúba pertence à família *Arecaceae*, que é constituída por um grupo de espécies genericamente ou popularmente conhecidas como palmeiras. A classificação será melhor tratada no item 2.2.1.

⁶ A domesticação de plantas é um processo co-evolucionário visando sua adaptação às necessidades humanas. As espécies domesticadas diferem morfológicamente e genotipicamente dos parentes silvestres (MARTINS, 2014).

(CARDOSO et al., 2017; CÉSAR et al., 2015; COLOMBO et al., 2017). Portanto, essa palmácea, sendo explorada por meio de práticas sustentáveis, pode gerar emprego e renda no campo ocasionando impactos econômicos e sociais positivos

Após as experiências anteriores e no sentido de dar novo impulso ao mercado, a Lei nº 13.576/2017 institui a Política Nacional de Biocombustíveis - RENOVABIO, cujo objetivo é expandir a produção de biocombustíveis no país.

Assim como outras regiões, o Vale do Jequitinhonha pode se beneficiar desta retomada. Situada no nordeste mineiro, o vale é constituído por 59 municípios e caracterizado como uma das regiões com os alguns dos piores indicadores de renda e qualidade de vida do estado⁷ mas que pode assistir a esta realidade se transformar por meio de atividade econômica desenvolvida de forma sustentável em áreas de proteção ambiental recuperadas.

Investir na produção da Macaúba para obtenção de óleo e de seus coprodutos pode gerar impactos econômicos favoráveis já que, com a exportação dos produtos, a região receberá valores monetários que invariavelmente movimentarão a economia regional promovendo reflexos positivos em setores diversos (educação, saúde, etc.). Este fato remete ao que Douglas North chamou de Base de Exportação. Ou seja, é do produto obtido localmente que é gerada riqueza ao ser exportado para outras regiões.

Estender os benefícios dessa exportação a regiões carentes como o Vale do Jequitinhonha, utilizando recomposição de áreas de reserva legal com uma espécie nativa com elevada produtividade de compostos de interesse, é seguramente um caminho que vale a pena ser explorado. Posto isto, surgem algumas questões que acompanharão o trabalho.

A busca de objetivos ambientais, econômicos e sociais aponta para o conceito de Desenvolvimento Sustentável, que mantém prioridade à satisfação das necessidades humanas. Mas implica o respeito aos limites ambientais. Em outras palavras, o desenvolvimento deve garantir o atendimento às necessidades atuais sem o comprometimento da capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades (KEEBLE, 1988).

O conceito Desenvolvimento Sustentável surgiu do Relatório *Brundtland* (KEEBLE, 1988), que alertava para os impactos da atividade econômica sobre os recursos ambientais mundiais do tempo presente, excedendo sua capacidade de recuperação e colocando em risco os recursos necessários para as gerações futuras (BARBIERI, 2018; SILVEIRA et al., 2016).

⁷Com uma população residente correspondente a 3,9% do total estadual, foram responsáveis pela geração de apenas 1,3% do PIB estadual em 2013 (FJP, 2017)

Essa ideia deriva do fato de que a busca pelo desenvolvimento econômico, ainda que como ferramenta de erradicação da pobreza, está potencialmente relacionada a prejuízos ambientais diretos ou indiretos e deve levar estes efeitos colaterais (BARBIERI, 2018; LI; ZHANG; MA, 2015).

O termo sustentabilidade quando usado em sua acepção mais abrangente, transcende a dimensão econômica, e passa a englobar as dimensões social e ambiental (BARBIERI, 2018).

Ao se falar de sustentabilidade, é possível ainda remeter ao conceito de Triple Bottom Line - TBL proposto por John Elkington. A ideia original que remete ao conceito de sustentabilidade empresarial deriva do questionamento por parte da sociedade civil organizada e de organismos internacionais sobre o modelo de desenvolvimento vigente (BARBIERI, 2018; ELKINGTON, 1998, 2004).

Estes setores começavam a se preocupar com o impacto das atividades econômicas sobre o ambiente natural e também com os impactos sociais dos desequilíbrios nos fluxos monetários que tendem a perpetuar situações de privação e miséria (BARBIERI, 2018; DOWBOR, 2009).

Em essência, a TBL refere-se à necessidade de que os empreendimentos sejam sustentáveis em termos econômicos, ambientais e sociais. Reconhece essas dimensões como indissociáveis.

Isso implica desenvolver bens e serviços que satisfaçam as necessidades humanas atuais a preços competitivos e que reduzam progressivamente os impactos ambientais para algo próximo do suportável pela capacidade de regeneração do planeta (BARBIERI, 2018; ELKINGTON, 1998).

Nesse contexto, merecem o devido destaque os empreendimentos florestais que impliquem benefícios ambientais. Entre esses, são ainda mais desejáveis os que tem seu processo de geração de valor ocasionado não pela exploração da madeira mas pela coleta e processamento de frutos com tecnologia de fácil manuseio e uso intensivo de mão de obra.

Os negócios florestais baseados na exploração de produtos que não a madeira implicam o fornecimento e manutenção de serviços ambientais e no benefício às comunidades do entorno que são requeridas para a coleta e manuseio dos bens (LORENZI, 2006; PLESE, 2017; SOARES, 2008). Existem, portanto, indícios consistentes de viabilidade nos pilares ambiental e social.

Quanto ao pilar econômico, este deve ser estudado a cada caso. É necessário, portanto, verificar a viabilidade quanto aos pressupostos deste projeto. Isso se faz por meio da criação de um modelo ou plano de negócios, com estudo do comportamento das variáveis, receitas e custos futuros. É importante também simular condições alternativas que permitam compreender o comportamento de algumas variáveis que interagem para formar cenários alternativos.

2.2 A MACAÚBA COMO OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS SUSTENTÁVEIS

2.2.1 BREVE CARACTERIZAÇÃO DA PALMEIRA MACAÚBA

A Macaúba pertence à família *Arecaceae*, que é constituída por um grupo de espécies genericamente ou popularmente conhecidas como palmeiras. É composta por 185 gêneros e 2522 espécies reconhecidas⁸ (LORENZI, 2006).

A constituição do gênero *Acrocomia* e o número de espécies variam segundo a abordagem de diferentes autores. Alguns reconhecem apenas duas espécies atribuídas ao gênero: *A. aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. e *A. hassleri* (Barb. Rodr.) W.J. Hahn, sendo a primeira de grande porte, amplamente distribuído nas Américas Central e do Sul, e a segunda, de pequeno porte, restrito a algumas áreas do Cerrado do Brasil e parte do Paraguai.

Por sua vez, Lorenzi (2006) reconhece sete espécies do gênero: ocorrem no Brasil a *A. aculeata*, *A. intumescens* Drude e *A. totai* Mart., que são de grande porte, e as *A. hassleri*, *A. glaucescens* Lorenzi e *A. emensis* (Toledo) Lorenzi, que são de pequeno porte. Ocorrem ainda e *A. crispa* (Kunth) C.F. Baker ex Becc., que é de grande porte e foi descrita em Cuba (HENDERSON, 1995; LORENZI, 2006; VIANA, 2017; VIEIRA, 2017).

A Macaúba é considerada a palmeira brasileira de maior dispersão com ocorrência em maciços naturais em quase todo território. As maiores concentrações estão localizadas em Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, sendo amplamente espalhada pelas áreas de Cerrado. Habita áreas abertas e com alta incidência solar, adapta-se a solos arenosos e com baixo índice hídrico mas desenvolve-se melhor em locais onde há solos férteis (LORENZI, 2006; COLOMBO, 2017; VIEIRA, 2017).

⁸Disponível em < <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Arecaceae/> >. Acesso em 18/09/19.

No Brasil, a Macaúba é popularmente conhecida por bocaiúva, chiclete-de-baiano, coco-baboso, coco-de-catarro, coco-de-espinho, macacauba, macaiba, macaibeira, macajuba, macaúva, mucaia, mucaja e mucajaba. Trata-se de uma planta rústica, de porte arbóreo, frutífera, perene, nativa de regiões tropicais com temperaturas entre 15 °C e 35 °C, altitudes de 150 m a 1000 m. Suporta precipitação abaixo de 1000 mm, mas prefere entre 1500 mm e 2000 mm (PLATH, 2016, COLOMBO, 2017).

A espécie *A. aculeata* é uma palmeira resistente à doenças, é isenta de pragas conhecidas, e suporta grandes variações climáticas (CESAR, 2015, PLATH, 2016, COLOMBO, 2017).

Para essa palmeira a germinação é lenta e em condições naturais, as sementes podem levar de um a dois anos para germinar, mas quando submetidas a escarificação e acondicionadas a temperatura superior a 35°C podem germinar entre quatro e seis meses. O crescimento é lento até o terceiro ano quando então passa por uma discreta aceleração. A macaúba começa a produzir frutos em quantidades crescentes de 4 a 6 anos após o plantio. A frutificação ocorre durante todo o ano e os frutos amadurecem principalmente entre setembro e janeiro (LORENZI, 2006; CESAR, 2015).

A Macaúba tem as seguintes características morfológicas: pode atingir 15 m a 20 m de altura, tronco com 20 cm a 30 cm de diâmetro e coberto por espinhos escuros com 10 cm de comprimento, tem folhas longas e curtas, pinadas e cheias com comprimento de 4 a 5 m, os frutos são esféricos, com 2,5 cm a 5 cm de diâmetro e uma única planta produz 2 a 8 cachos com 250 a 500 frutos cada o que equivale a algo entre 25.000 kg e 40.000 kg de frutos/ha/ano (LORENZI, 2006; CESAR, 2015; EVARISTO, 2016).

Com o processamento por prensagem a frio dos frutos, podem ser obtidos o equivalente 19,62% da massa do fruto em óleo de polpa e 3,43% em óleo de amêndoa (LORENZI, 2006; EVARISTO, 2016; DEL RÍO, 2017).

Os altos teores de óleo vegetal contidos na polpa e na amêndoa dos frutos da Macaúba e a alta produtividade de óleo por hectare mesmo nas condições pouco favoráveis de solo e clima que prevalecem no Vale do Jequitinhonha sugerem uma oportunidade a ser explorada por empreendimentos visando o fornecimento de óleo para a cadeia produtiva de biocombustíveis. O sucesso dessas iniciativas poderia implicar diretamente em incrementos sensíveis na renda e no PIB regional.

2.2.2 PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS DA MACAÚBA COMO VETOR DE SUSTENTABILIDADE

Por milênios, os Produtos Florestais Não Madeireiros-PFNM tem sido para a humanidade a principal fonte de alimento, forragem, fibras, medicamentos e cosméticos (SORRENTI, 2017). Quase a totalidade das culturas alimentícias agrícolas são derivadas de espécies originadas de estoques silvestres já que destas cerca de 300 espécies estão relacionadas a 90% da oferta mundial de alimentos (SOARES, 2008; LORENZI, 2006).

A FAO⁹ define PFNM como bens de origem biológica (que não a madeira) derivados de florestas nativas, florestas plantadas ou de árvores isoladas. Este conceito evoluiu do original cunhado por Beer e McDermott em 1989 e por vezes são utilizados outros termos com significado parecido¹⁰.

O conceito está genericamente relacionado a diferentes produtos vegetais e animais que se obtém de ambientes florestais incluindo raízes, cascas, sementes, tanino, gomas, resinas, óleos, frutos e cipós, entre outros de origem biológica assim como os serviços derivados das florestas e do uso das terras vinculados a estes sistemas (LORENZI, 2006; SILVA, 2014).

Em muitas comunidades a exploração de PFNMs está intimamente relacionada à prática da pesca e agricultura. Estas atividades são consideradas como potencial fonte de subsistência e podem constituir base para proporcionar segurança alimentar para uma grande parte da população de baixa renda, para o gado e outros animais domésticos, particularmente em épocas de seca e escassez (SILVA, 2014; PLESE, 2017).

Os PFNM promovem impactos positivos significativos em comunidades tradicionais as quais podem explorar recursos naturais que ocorrem na condição implícita da manutenção dos bens florestais. Constituem portanto, uma alternativa valiosa para as populações rurais que dependem deles para sua subsistência, assim como para propósitos culturais e sociais (LORENZI, 2006; WAHLÉN, 2017).

⁹Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) - <www.fao.org>.

¹⁰Bens e benefícios não madeireiros, co-produtos florestais, produtos florestais complementares, recursos florestais alternativos, produtos florestais secundários entre outros (SORRENTI, 2017).

Estes produtos também são importantes para os consumidores finais urbanos e para toda a cadeia de processamento. Dessa forma, o extrativismo de PFNM é visto como um mecanismo para a manutenção dos serviços ambientais, para conservação da biodiversidade, para o incremento da economia regional e segurança alimentar e, também, para o incremento da economia global (LORENZI, 2006; SHACKLETON, 2014; WAHLÉN, 2017).

Neste contexto, é altamente desejável um modelo de desenvolvimento que se propõe a fornecer insumos para um mercado de demanda elevada e estável, ao mesmo tempo em que esses produtos são obtidos com benefícios ambientais, já que derivam de PFNM obtidos de maneira ecologicamente correta.

Ainda assim, não é fácil atender aos objetivos ambientais, econômicos e sociais simultaneamente, uma vez que, na grande maioria dos casos, a exploração de PFNM se dá pela população rural de baixa renda que em grande medida se mantém desassistida por serviços públicos básicos (LORENZI, 2006).

Essa parcela da população é incapaz de articular ações conjuntas com outros atores do processo no que se refere a armazenamento, beneficiamento e transporte dos produtos, sendo muito dependentes de atravessadores (LORENZI, 2006; PLESE, 2017).

Esse cenário se agrava devido ao fato de que a cadeia de produção e comercialização dos produtos provenientes de PFNM no mercado nacional apresenta alguns problemas, como a concentração de parte da renda nos intermediários e atravessadores, exploração realizada de modo rudimentar, gerando perda de matéria-prima por desperdício e falta de controle de qualidade, fatores que diminuem o preço do produto e impactam no retorno para o produtor (SILVA, 2014, PLESE, 2017).

Desenvolver cadeias de valor com base em produtos florestais é um desafio importante de ser enfrentado, especialmente nos primeiros anos do cultivo até que as florestas atinjam a maturidade, quando passarão a produzir bens exploráveis não-madeireiros. Uma forma de enfrentar este desafio é através do desenvolvimento de modelos de negócios inovadores que tenham viabilidade técnica, econômica e ambiental (CARDOSO, 2017).

Os PFNM podem ser meios de subsistência para manutenção de comunidades tradicionais, mas pode ser mais bem aproveitado e constituir mola propulsora de ações mais amplas de desenvolvimento regional. Assim, podem contribuir na diminuição das desigualdades regionais, na melhoria dos Indicadores de Desenvolvimento Humano e ainda garantir benefícios ambientais.

Dentre os PFNMs que estão nos mercados regionais e internacionais, e que servem como fonte de importantes matérias-primas para várias indústrias está o Óleo de Dendê¹¹ (*Elaeis guineensis*) que é a fonte de grande parte do óleo vegetal produzido e comercializado globalmente.

No entanto, a cultura do Dendzeiro tem sido associada a severos danos à biodiversidade por conta da remoção da cobertura florestal nativa em países asiáticos com consequências igualmente danosas ao habitat de animais cujas populações estão em risco (FAIZAL, 2018).

A Macaúba é uma espécie nativa, de ciclo permanente, pouco exigente em recursos hídricos e capaz de produzir 6 ton.ha⁻¹ de óleo (CARDOSO et al., 2017; CÉSAR et al., 2015; COLOMBO et al., 2018; LOPES et al., 2013; LORENZI, 2006). Por isso é uma alternativa que pode ser considerada como opção à Palma de Óleo em escala comercial.

Melhor ainda se a implementação da cultura ocorrer em áreas degradadas, mesmo que em áreas de pastagem para criação de gado, ou em sistemas agroflorestais diversos, aproveitando terras já disponíveis ou como instrumento de recuperação de paisagens degradadas.

2.2.3 CULTIVO DA PALMEIRA MACAÚBA EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

O Cultivo da palmeira Macaúba tem o comportamento típico de outros empreendimentos florestais, com longo tempo de espera até a produção, seja em sistemas solteiros ou adensados.

Para a adoção de plantios adensados é preciso considerar fontes adicionais de recursos para conferir sustentabilidade econômico-financeira. Essa situação é um grande obstáculo aos pequenos empreendimentos rurais (CARDOSO, 2017).

Uma alternativa para os pequenos produtores é a adoção de sistemas agrossilvipastoris¹² ou agroflorestais¹³. A adoção do consórcio de florestas com culturas de ciclo curto constituem alternativas economicamente promissoras. Dessa forma, podem ser

¹¹Conhecido no mercado como Óleo de Palma.

¹²O sistema agrossilvipastoril é um modelo de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) que integra os componentes agrícola, pecuário e florestal, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área (BRASIL, 2013).

¹³Segundo a FAO (2015), agrofloresta é um nome dado a sistemas e tecnologias de uso da terra, onde plantas perenes lenhosas (árvores, arbustos, palmeiras, bambus etc.) são deliberadamente usadas nas mesmas unidades de terras que culturas agrícolas e/ou animais, em algum formato de arranjo espacial ou sequência temporal. Disponível em <<http://www.fao.org/forestry/agroforestry/80338/en/>>. Acesso em 25/09/2019.

amenizadas as dificuldades de fluxo de caixa nos primeiros anos de implantação das florestas (CARDOSO, 2017; MARTINELLI, 2019, CESAR, 2015).

A Macaúba apresenta grande porte e copa pequena que permite a passagem da luz solar. Por isso, aceita grande variedade de arranjos produtivos: pode ser plantada em associação com outras espécies florestais e ou agrícolas, em consórcio com pastagens, mas também em cultivo solteiro (CARVALHO, 2011, VIEIRA, 2017, CARDOSO, 2017).

O presente estudo leva em consideração uma outra possibilidade de aproveitamento da palmeira macaúba. Por esta ser espécie nativa e ocorrer em quase todo território nacional, a Macaúba pode ser usada em sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas e recomposição de Áreas de Reserva Legal, especialmente no bioma cerrado.

2.2.4 SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM MACAÚBA EM ÁREAS DE RESERVA LEGAL

O proposto é que a Palmeira Macaúba seja utilizada como espécie predominante para recuperar paisagens degradadas ou mesmo, quando for o caso, para recompor ARL's por ser espécie nativa e perene, já que dela são explorados PFM's de grande interesse e com grande potencial econômico.

As ARL's são áreas regidas pela Lei Federal 12.651 - Código Florestal Brasileiro¹⁴ que estabelece normas sobre a proteção da vegetação nativa além de regras para conservação e para a exploração dos recursos florestais. Este define em seu Art. 3º, Inciso III, Reserva legal como sendo:

“área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa” (BRASIL, 2012).

Fora da região da Amazônia Legal, a ARL é composta por área de vegetação nativa equivalente a 20% da propriedade rural¹⁵. O proprietário ou possuidor de imóvel rural com mais de quatro Módulos Fiscais¹⁶ que, em 22 de julho de 2008, possuía área de Reserva

¹⁴Lei Federal 12.651, de 25/05/2012, Art 14 e seguintes.

¹⁵Lei 12.651, Art. 12º, Caput, Incisos I e II.

¹⁶O conceito de módulo fiscal foi introduzido pela Lei nº 6.746/1979. O tamanho de cada módulo é fixado pelo INCRA para cada município e expressa a área mínima em hectares necessária para que uma unidade produtiva seja economicamente viável (EMBRAPA, disponível em <<https://www.embrapa.br/codigo-florestal/area-de->

Legal menor que 20% da sua área total, mesmo que tenha adquirido o imóvel depois dessa data, tem de recompor a ARL. Já as propriedades com menos de quatro Módulos Fiscais que na data citada tinham menos de 20% de ARL, estão desobrigados de fazer recomposição.

O Código Florestal Brasileiro instituiu ainda Cadastro Ambiental Rural (CAR), e o Programa de Regularização Ambiental (PRA) que é um instrumento de regularização ambiental de imóveis rurais no Brasil. Em situações de existência de passivo ambiental, é necessária a adesão ao PRA para obtenção do CAR. No estado de Minas Gerais o PRA é regulamentado pelo Decreto 48.127/2021.

As ARL's podem ser economicamente exploradas¹⁷ desde que seu espaço não seja sobreposto ao alocado em Áreas de Preservação Permanente - APP e desde que mediante aprovação prévia do Plano de Manejo Florestal Sustentável - PMFS¹⁸. Estas áreas também podem ser realocadas dentro da propriedade, ou para fora desta. Tanto a exploração, quanto a realocação devem ser aprovadas pelo órgão competente do Sisnama¹⁹.

As ARL's podem ainda ser sobrepostas à Áreas de Preservação Permanente - APP, mas neste caso, terão exploração restrita. A lei 12.651 define APP no Art. 3º, Inciso II como sendo:

“área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (BRASIL, 2012).

A não ser em casos de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental²⁰, a vegetação das APP's deverá ser mantida pelo proprietário ou ocupante a qualquer título, pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado²¹.

As ARL's podem ser recompostas a partir da regeneração natural, do plantio de espécies nativas, ou ainda da inserção de espécies nativas intercaladas com espécies exóticas, desde que de espécies lenhosas, perenes ou de ciclo longo, e desde se respeite a proporção de 50% entre espécies nativas e exóticas²².

reserva-legal-arl/modulo-fiscal>.

¹⁷Lei 12.651, Art 21 a 23.

¹⁸Lei 12.651, Art. 31º.

¹⁹Sistema Nacional do Meio Ambiente

²⁰Lei 12.651, Art. 8º, Caput.

²¹Lei 12.651, Art. 7º, Caput.

²²Lei 12.651, Art. 61-Aº, §13, Incisos I e II

2.3 DESENVOLVIMENTO REGIONAL: A MACAÚBA E SEUS SUBPRODUTOS COMO BASE DE EXPORTAÇÃO

Para compreender o mecanismo pelo qual o projeto ora proposto se conecta a uma possível iniciativa pública para o desenvolvimento de regiões desprestigiadas, faz-se necessário identificar os mecanismos que conduzem à dinâmicas de desenvolvimento regional.

Para tanto se recorre à teoria da Base de Exportação de Douglas North, a qual se vislumbra a aplicabilidade no caso da cadeia produtiva da Macaúba e seus produtos como base de exportação para que se possa promover ou acelerar o desenvolvimento da região.

Entende-se por desenvolvimento econômico o conceito que Schwartzman (1973) descreveu como sendo o processo pelo qual a renda nacional real de uma economia cresce por um longo período de tempo, medidos preferencialmente em décadas, e respeitando a alguns qualificadores: (i) que estivesse ocorrendo aumento da renda per capita, (ii) que estivesse havendo melhoria na distribuição da renda ou que, pelo menos não piorasse, (iii) que o número absoluto de pessoas abaixo de um determinado nível de renda estivesse diminuindo e (iv) que as divergências regionais de renda per capita em relação à média nacional não estejam se acentuando (SCHWARTZMAN, 1973).

Uma das mais notórias abordagens para o desenvolvimento regional é oriunda da observação e estudo do processo de desenvolvimento regional em certas localidades dos Estados Unidos do início do século 18 que pareciam não se adequar ao modelo de crescimento regional vigente sob ótica das explicações dos economistas clássicos.

North (1977) constatou que, neste caso especificamente, o desenvolvimento regional não obedecia à sequência de estágios lineares²³ mas que pareciam por vezes saltar ou encurtar essas etapas. Ele então passou a defender que o desenvolvimento atípico das localidades estudadas estava vinculada à sua capacidade de produzir artigos exportáveis, promovendo o desenvolvimento acelerado da região²⁴ (NORTH, 1977)

A constatação realizada por North nas áreas observadas apontou que o desenvolvimento ocorreu por meio da produção e exportação de produtos em regiões que

²³As fases são: economia de subsistência, desenvolvimento do comércio e da especialização local, comercialização inter-regional e diversificação das atividades agropecuárias, industrialização e especialização em atividades terciárias para exportação (LIMA e SIMÕES, 2010).

²⁴Entre 1860 e 1920, de 40% a 60% da renda regional do Pacífico Noroeste tinham origem no setor exportador de trigo, farinha e madeira (LIMA e SIMÕES, 2010).

estavam em estágios iniciais de desenvolvimento econômico, sem estrutura produtiva complexa, sem processo significativo de desenvolvimento, mas com população ainda reduzida e de baixa renda.

Segundo o autor haviam nessas regiões instituições capitalistas buscando maximização de lucros e elementos de produção com mobilidade econômica que puderam ser realocados.

O que se espera, é que os produtos da cadeia produtiva da Macaúba impulsionados pela demanda crescente de insumos para o setor de Biocombustíveis possam constituir uma base de produtos de Exportação.

Neste sentido, pode-se aproveitar as condições edafoclimáticas para cultivo desta palmácea uma vez que seus óleos constituem insumos para obtenção de Biodiesel em uma sociedade que demanda volumes crescentes de energia. No caso específico deste composto, a proporção misturada ao diesel fóssil é estabelecida por legislação²⁵.

Benefícios adicionais podem ser obtidos por proprietários de terras que necessitam recuperar áreas degradadas. As etapas agrícolas e de logística da cadeia podem ser estimuladas como parte de uma estratégia de promoção de desenvolvimento regional ao mesmo tempo em que alcançam benefícios ambientais.

A pesquisa de North sobre a ‘base de exportação²⁶’, mostrou que essa base moldou e, de certa forma, condicionou o desenvolvimento e o crescimento econômico nas regiões estudadas, já que ficou demonstrado que as regiões se desenvolviam na medida em que aumentavam os fluxos monetários e de mercadorias com o mercado exterior.

Nessas áreas, verificou-se o surgimento de organizações especializadas em comercialização, aperfeiçoamento no sistema de crédito, fazendas-modelo, institutos de pesquisas que, em um esforço conjunto, ofereciam serviços auxiliares para as indústrias de exportação.

Essa mobilização em torno da cadeia produtiva de exportação estendeu-se para toda a cadeia de serviços e serviu como dinamizador do desenvolvimento econômico.

No período do estudo de North (1977), o autor verificou que as atividades dos setores secundário e terciário destinavam-se a atender às necessidades de consumo local

²⁵Lei Nº 11.097/2005, 13.033/2014, 13.263/2016 e Resolução CNPE 16 de 29/10/2018.

²⁶North (1977) considera como “base de exportação” todos os produtos de exportação de uma região, seja para o mercado externo seja para o interno.

pouco influenciando no desenvolvimento regional, que foi então alimentado pela indústria de exportação.

Entende-se que por meio das políticas públicas, as quais já existem e com a colaboração de grupos de pesquisas na área de biocombustíveis, pode-se realmente impulsionar e levar desenvolvimento às regiões que optarem por implantar todo o processo produtivo a partir da macaúba.

Consoante a etapa agrícola e as posteriores etapas de processamento, pode-se chegar a uma cadeia de integração logística com os centros produtores de biocombustíveis já que, no estudo do North, verificou-se que devido à iniciativa governamental composta por subsídios fiscais ou financeiros e da criação ou aprimoramento de vias de transporte, pode-se observar reflexos vantajosos no custo de transferência.

Em função das atividades com uso intensivo de força de trabalho, as regiões estudadas por North passaram a ter dinamicidade das atividades econômicas básicas que, por sua vez, incentivaram o desenvolvimento de atividades complementares, proporcionando, assim, um desencadeamento das atividades para fora da região (NORTH, 1977; SCHWARTZMAN, 1973).

Em seu estudo, North percebeu que a demanda pelos produtos destas regiões gerou grande exportação, e assim serviu como elo entre estas regiões e outros mercados, inclusive fora dos Estados Unidos. Em consequência, foram também observados que os efeitos positivos se estendiam a outros setores produtivos, levando a transformações regionais, e possibilitando elevação no nível de renda absoluta e *per capita* da região (NORTH, 1977).

Para Lima e Simões (2009, p. 15),

“a base de exportação desempenha assim papel fundamental na conformação da economia de uma região e em seus níveis de renda absoluta e *per capita* e, conseqüentemente, na determinação da quantidade de atividades locais, secundárias e terciárias que se desenvolvem, bem como sobre a dinâmica da indústria subsidiária, a distribuição da população, o padrão de urbanização, as características da força de trabalho, as atitudes sociais e políticas e o crescimento dos centros nodais, de tal forma que seu crescimento está intimamente vinculado ao sucesso de suas exportações”.

Portanto, na visão de North (1977), a exportação é condição necessária para impulsionar o desenvolvimento e o crescimento econômico regional. Apesar de necessária, este autor afirma que a existência de uma ‘base de exportação’ pode não ser suficiente para o desenvolvimento e o crescimento econômico de regiões produtoras.

O autor considera que são quatro as condições suficientes para deflagrar o processo de desenvolvimento e crescimento econômico, baseado na exportação, que Lima

(2014), apresenta de forma sucinta: A primeira condição está relacionada à capacidade de recursos naturais da região que, muitas vezes, além de serem exportados podem ser utilizados para gerar produtos finais na região e se tornar outros produtos de exportação. A segunda condição está relacionada aos efeitos de interdependência da indústria exportadora com outras indústrias de modo a multiplicar os efeitos da economia da base exportadora. A terceira condição está relacionada ao padrão da distribuição de renda obtida pela base. A quarta condição diz respeito às melhorias na produtividade e nos custos de transferência, sendo que o uso de tecnologias pode aumentar a capacidade competitiva da indústria de exportação enquanto uma melhoria na rede viária poderá favorecer a questão dos custos de transferências (LIMA et al., 2014).

Segundo North (1977), o aumento das exportações tende a gerar efeitos de multiplicação e de aceleração em vários setores da economia. Os referidos setores são produzidos devido à renda e aos encadeamentos para trás e para frente, os quais, ao final do processo produtivo, desenvolvem demanda por serviços em transportes, comunicações, financiamentos, o que implica o surgimento e crescimento de centros nodais.

Num primeiro momento, é ocasionado o efeito de encadeamento para trás, ou em cadeia retrospectiva, que ocorre quando uma atividade econômica externa induz tentativas para suprir, através da produção interna, os *inputs* indispensáveis àquela atividade (HIRSCHMAN, 1958). Isto se observa no mercado de biodiesel com a demanda instituída por meio de legislação que estimula o mercado produtor de óleo vegetal a entregar os insumos necessários para a efetivação da política. A fase agrícola pode, portanto, viabilizar a obtenção de coprodutos que podem constituir base exportação.

O encadeamento para trás pode favorecer a criação de base exportadora de óleos vegetais e coprodutos. Pode levar, ainda, ao que Lima e Simões (2010) definem como Efeito Multiplicador das Exportações que acontece quando a especialização da produção interna de bens ou serviços passa a permitir que os mesmos sejam exportados, o que gera renda e acaba por estimular as importações (LIMA; SIMÕES, 2010).

Uma parte das importações atende à indústria exportadora enquanto que o restante é absorvido pela crescente população trabalhadora ou pelo mercado interno em desenvolvimento. As importações possibilitam o aumento e a diversificação da oferta local de produtos e serviços. Quanto maior o número de atividades locais fornecendo produtos ou serviços para a indústria exportadora, maior o efeito multiplicador das exportações.

Se a base exportadora lograr êxito, chega-se a um segundo efeito multiplicador: o das importações, que acontece a medida que o mercado interno cresce e passa a produzir localmente os produtos e serviços que antes eram importados. Isso estimula o emprego e renda e ocasiona uma sobra de recursos. Este excedente, por sua vez, é utilizado para importar novos bens (variação na pauta de importações e não no volume de recursos) (LIMA; SIMÕES, 2010).

Ocasionalmente a nova indústria interna pode vir a flexibilizar a matriz exportadora favorecendo a renovação da base de exportação e dando continuidade ao processo (LIMA; SIMÕES, 2010).

Desta forma, vão surgindo centros nodais, ou cidades polo, que são importantes no contexto do desenvolvimento e do crescimento econômico de determinada região, pois o progresso deles ocorre devido às vantagens locacionais, as quais podem proporcionar vantagens de transferências estratégicas em relação aos custos de aquisição, redução nos custos de transferência e no processamento dos artigos de exportação.

Tais centros tornam-se centros comerciais, ponto de saída das exportações, de chegada das importações e de distribuição. Também nesses centros acontecem desenvolvimento de serviços em geral, de serviços produtivos, distributivos, públicos, sociais, educacionais, de saúde e de indústrias subsidiárias que servem à indústria de exportação. Esse conjunto atua para melhorar a posição do custo dos artigos de exportação e tem implicação direta no dinamismo da economia e por consequência, no aumento da renda total e *per capita*.

Ainda segundo Lima e Simões (2010),

“o sucesso da base de exportações constitui o fator determinante da taxa de crescimento das regiões, e é preciso ressaltar as principais razões de seu crescimento, declínio e mudanças, quais sejam: alterações na demanda externa à região, nos custos dos fatores de produção, na disponibilidade de recursos naturais e/ou matérias-primas, no sistema de transportes, na tecnologia, na ação governamental e na origem do capital”.

Na Teoria de North, em que a ‘base de exportação’ é o cerne do processo de desenvolvimento regional, a região precisa dispor do recurso natural demandado, e o bem, após ser produzido, deve ter um preço competitivo no mercado, o que constituirá vantagem comparativa (SCHWARTZMAN, 1973).

Os preços conseguidos como referência para a exportação dos óleos estão intimamente relacionados aos valores obtidos nos leilões de aquisição de Biodiesel, o que implica buscar minimizar os custos de produção, que estão diretamente relacionados ao de transferência, ou seja, estão relacionados ao valor do transporte para trazer os insumos

necessários até o local de produção, ao valor do transporte para levar o produto acabado até os centros de consumo e aos custos de processamento, que se referem aos gastos com os fatores de produção e matérias-primas.

Todavia, o desenvolvimento precisa ser encarado como um processo que ocorre por meio de combinações dos fatores existentes no nível do estado da arte tecnológico ou adquirida por meio da introdução de novos empreendimentos, fábricas ou mesmo da pesquisa e desenvolvimento de novas pesquisas (LIMA; SIMÕES, 2010).

O dinamismo em questão pode ser alcançado por meio da indústria, pois o aumento na atividade industrial leva ao incremento da demanda de matérias-primas e também na absorção da mão de obra excedente. Isso gera um complexo de mudanças e transformações de ordem econômica, política e, principalmente, humana e social (LIMA; SIMÕES, 2010; SCHWARTZMAN, 1973).

Neste sentido, as propriedades rurais no vale do Jequitinhonha podem realizar plantios em novas áreas além de manter as florestas existentes. A proposta é que sejam palmeiras oleíferas da espécie *A. aculeata*. Com o progressivo aumento da produção e oferta de óleos e coprodutos de qualidade obtêm-se ganhos de escala que resultarão em custos reduzidos. Desta forma, o processo pode viabilizar a expansão e o surgimento de novos empreendimentos florestais e não florestais a medida que se desenvolvem os encadeamentos produtivos.

Os empreendimentos ligados ao setor extrativista não madeireiro, no caso o plantio da Macaúba, geram uma sequência de atividades. Compreendem-se estas atividades como, por exemplo, preparo do solo, plantio, manutenção da floresta, implantação da usina de beneficiamento de óleos, colheita, armazenamento, extração dos óleos de polpa e de castanha, torta e carvão. Estes coprodutos citados podem constituir base de exportação e são de interesse para setores diversos.

Há que se considerar que, em plantios de palmeiras usando as técnicas apropriadas, podem-se obter economias de escala, e alta produtividade de coprodutos por hectare com práticas sustentáveis. Ao se utilizar sistemas agroflorestais²⁷, os plantios de palmeira Macaúba podem ocasionar aumento da renda real com potencial para gerar desenvolvimento econômico, inclusive em regiões com clima adverso e com cenário de

²⁷ Segundo Montagnini e Metzler (2018), os sistemas agroflorestais (AFS) combinam florestas e culturas anuais na mesma unidade de produção e incluem sistemas silvipastoris (SPS) que envolve a combinação de florestas com pastagens/gado no mesmo espaço.

paisagens degradadas (CARDOSO et al., 2017; LORENZI, 2006; MARTINELLI et al., 2019; PIMENTEL et al., 2009).

Neste sentido, tanto a fase agrícola como a extração dos óleos e processamento dos coprodutos, são processos intensivos em mão de obra e tendem a ser viáveis inclusive para pequenos produtores. Entende-se que, dessa forma, se favorece um processo pelo qual a renda real de uma economia regional poderá crescer por um longo período de tempo, sobretudo em áreas rurais. Assim, pode ocasionar nesta região aumentos na renda absoluta e per capita, e o envolvimento de outros setores da economia no mesmo ritmo do produto exportado (NORTH, 1977; SCHWARTZMAN, 1973; LIMA; SIMÕES, 2010).

Segundo Schwartzman (1973) e North (1977), é preciso ressaltar ainda que, para que haja o desenvolvimento econômico de certa região, as políticas governamentais devem ser aplicadas de forma a melhorar os indicadores de bem-estar econômico e social como pobreza, desemprego, desigualdade, condições de saúde, alimentação, acesso à educação e moradia, mantendo em níveis crescentes e não somente por períodos curtos (NORTH, 1977; SCHWARTZMAN, 1973).

Os planos governamentais oferecem oportunidades para as regiões desenvolverem novos mercados e, como forma de incentivo, atrair investimentos externos e locais, proporcionar novas atividades, utilizar os recursos produtivos da economia e assim deflagrar os efeitos dos fluxos de mercadorias, de trabalho e de capital (SCHWARTZMAN, 1973).

Em termos federais, as políticas voltadas para culturas oleaginosas de potencial energético surgiram não diretamente como política de promoção de desenvolvimento, mas primeiramente como forma de enfrentar as sucessivas altas nas cotações do petróleo nos anos 70 (GRASSI; PEREIRA, 2019; PINHO; SUAREZ, 2017).

Ainda que o Pró-Óleo tenha sido abandonado quando da normalização dos preços internacionais do petróleo, o programa gerou expertise para os programas subsequentes como o PNPB e o RENOVABIO.

Tendo em vista seus benefícios potenciais, a cultura da macaúba é beneficiada por programas governamentais de incentivo e por programas de desenvolvimento de agentes financiadores.

Os frutos da Macaúba fazem parte da Política de Garantia de Preços Mínimos para os Produtos da Sociobiodiversidade – PGPM-Bio que é articulada pela Companhia Nacional

de Abastecimento - CONAB, que garante preços mínimos a produtos de extrativismo relacionados à preservação de biomas relevantes em território nacional (CONAB, [s.d.]).

A cultura da Macaúba pode ainda usufruir de programas de fomento a Agricultura como o Plano Agricultura de Baixo Carbono – ABC. Este programa objetiva promover sistemas diversificados e o uso sustentável da biodiversidade e dos recursos hídricos por meio de linhas de financiamento promovida pelo Banco Nacional de Desenvolvimento - BNDES. O programa de fomento propicia taxas de juros²⁸, carência²⁹ e prazos³⁰ adequados para composição de florestas comerciais e recuperação de áreas degradadas (BNDES, 2019).

A quase totalidade dos municípios do Vale do Jequitinhonha fazem parte da Área Mineira da SUDENE. Desta forma, gozam de linhas de crédito do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste-FNE, operado pelo Banco do Nordeste. Estas linhas de crédito são voltadas para o financiamento ao setor produtivo e conta com linhas específicas para atividades agrícolas e florestais sustentáveis.

No âmbito do estado de Minas Gerais, foi instituída a Lei nº 19.485, de 13 de janeiro de 2011, apelidada de Pró-Macaúba, que objetiva incentivar o cultivo, a extração, a comercialização e o consumo do coco macaúba e de outras palmeiras oleaginosas (MG, 2011).

O contexto de incentivos governamentais torna coerente a busca por um modelo de negócio que deva estar em consonância com as obrigações derivadas da legislação ambiental, e, ao mesmo tempo, deve possibilitar ao proprietário de terras, mesmo que pequeno, fornecer para os mercados externos e regionais, produtos que possam impulsionar o desenvolvimento econômico. O modelo deve oferecer condições sustentáveis de produzir estes artigos de exportação altamente desejáveis.

Assim, entendemos que as condições socioeconômicas da região do Vale do Jequitinhonha podem sofrer impactos significativos do uso das propriedades, quando ligadas diretamente ao mercado externo e regional.

Mais ainda, é necessário que a região em questão, por meio do seu sistema produtivo, tenha capacidade de se manter em ritmo intenso e em condições eficientes, assegurando, assim, o seu próprio crescimento sustentável, apoiado no aumento das demandas interna e externa (LEONEL, 2016).

²⁸ De 5,25%a.a. a 6,0%a.a. a depender do projeto

<<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/programa-abc>>.

²⁹ Até 8 anos para projetos de florestas comerciais ou recuperação de áreas degradadas. Idem.

³⁰ Até 12 anos para projetos de florestas comerciais ou recuperação de áreas degradadas. Idem.

Para que isso se confirme, é imperativo estudar a cultura da Palmeira Macaúba em sistemas agroflorestais. Deve-se debruçar sobre tema para que se possam fornecer subsídios para o desenvolvimento de sistemas sustentáveis de cultivo visando a cadeia produtiva de biocombustíveis.

O fornecimento de insumos para esse sistema produtivo pode constituir uma base de exportação de bens regionais capaz de aproveitar aumento da demanda de óleo vegetal para fabricação de biodiesel. Assim é possível promover o desenvolvimento regional em termos econômicos, sociais e ambientais.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DO TERRITÓRIO DO VALE DO JEQUITINHONHA/MG

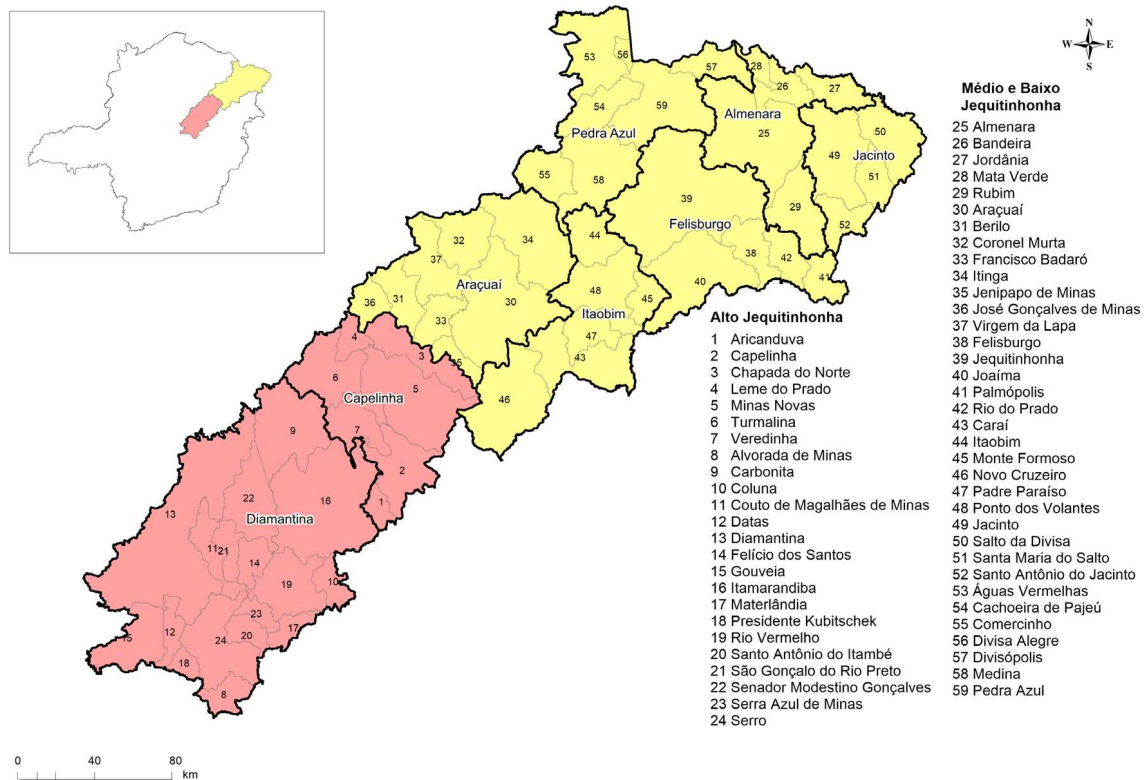
Para este trabalho, será adotado o conceito de Vale do Jequitinhonha como conjunto do Alto Jequitinhonha e Médio/Baixo Jequitinhonha nos termos adotados pelo Governo do Estado de Minas Gerais que, em 2015, subdividiu o território em 17 territórios de desenvolvimento econômico e social para elaboração e direcionamento de políticas públicas e para criação de Fóruns Regionais. O trabalho destas instâncias culminam na elaboração do Plano Mineiro de Desenvolvimento Integrado-2016-2027³¹ e do Plano Plurianual de Ação Governamental-2018-2019³².

Os territórios do Alto e do Médio/Baixo Jequitinhonha estão localizados na porção nordeste do estado de Minas Gerais (Figura 1). São constituídos por 59 municípios e possuem uma população de aproximadamente 770 mil pessoas.

³¹ Disponível em <<http://www.governo.mg.gov.br/Institucional/ProgramasAcoes?id=6>> Acesso em 02/08/2019.

³² Disponível em <<https://www.mg.gov.br/conteudo/transicao/ppag/ppag-2016-2019-revisao-2019>> Acesso em 02/08/2019.

Figura 1: Localização e Divisão Política do Vale do Jequitinhonha



Fonte: FJP, 2017

Esse montante populacional equivale a 3,9% da população mas corresponde por apenas 1,3% do PIB estadual. O PIB per capita é de R\$9.001,00 no Alto Jequitinhonha³³ e de R\$ 6.959,00 no Médio/Baixo Jequitinhonha³⁴ (FJP, 2010, 2017).

Segundo a Fundação João Pinheiro, 38% da população de todo o Vale do Jequitinhonha vive no meio rural. A região é marcada pela migração sazonal e pela alta Taxa de Dependência - TD³⁵ da população, sendo observados no Médio/Baixo Jequitinhonha a maior TD-jovem³⁶ e também a maior TD-idosos³⁷ do estado de Minas Gerais (FJP, 2017).

A estrutura fundiária dos Vales do Jequitinhonha é caracterizada por elevada concentração de terras, sobretudo no Médio/Baixo Jequitinhonha. Nessa parte do Vale

³³ Corresponde a 38,00% do PIB per capita médio estadual (FJP, 2017).

³⁴ Corresponde a 29,04% do PIB per capita médio estadual (FJP, 2017).

³⁵ A Taxa de Dependência de uma população é a proporção entre população economicamente dependente e a população economicamente ativa.

³⁶ Taxa de 43,4 pessoas entre 0 a 14 anos de idade para cada 100 indivíduos entre 15 e 64 anos (FJP, 2017).

³⁷ Taxa de 14,9 pessoas com 65 anos ou mais para cada 100 indivíduos entre 15 e 64 anos (FJP, 2017).

63,87% das terras estão concentradas em apenas 6,79% das propriedades³⁸. Do total, 88,14% das propriedades são menores de 100 ha e envolvem apenas 23,94% das terras³⁹. A estrutura fundiária no Alto Jequitinhonha é pouco diferente, onde 94,06% das propriedades são menores que 100ha e respondem por apenas 44,84% da extensão de territorial total atribuída a propriedades rurais (IBGE, 2017).

A bacia do rio Jequitinhonha possui características climáticas do clima semiárido ao úmido. O Alto Jequitinhonha, por estar situado na Serra do Espinhaço, tem altitudes mais elevadas e a pluviosidade média anual pode chegar a 1.400mm (IBGE, 1997).

A porção leste do Médio/Baixo Jequitinhonha está mais próxima do litoral e a precipitação média anual varia de 950 mm a 1.200 mm. Já a porção oeste do Médio/Baixo Jequitinhonha, mais distante do litoral e sem grandes altitudes, tem precipitação média anual entre 800 mm e 950 mm. O período chuvoso estende-se de outubro a março, sendo o trimestre dezembro/fevereiro responsável por mais de 50% da precipitação total (FJP, 2017; IBGE, 1997).

A temperatura média anual acusa pouca variação, situando-se na faixa de 21 a 24°C. O mês mais quente é fevereiro e o mais frio é junho. A evapotranspiração potencial situa-se na faixa dos 800 mm a mais de 1.200 mm. A umidade relativa do ar varia entre 60 e 80% de média anual. Por conta da evapotranspiração potencial alta e da pluviometria baixa, a bacia tende a apresentar níveis elevados de deficiência hídrica de até 600 mm anuais (IBGE, 1997).

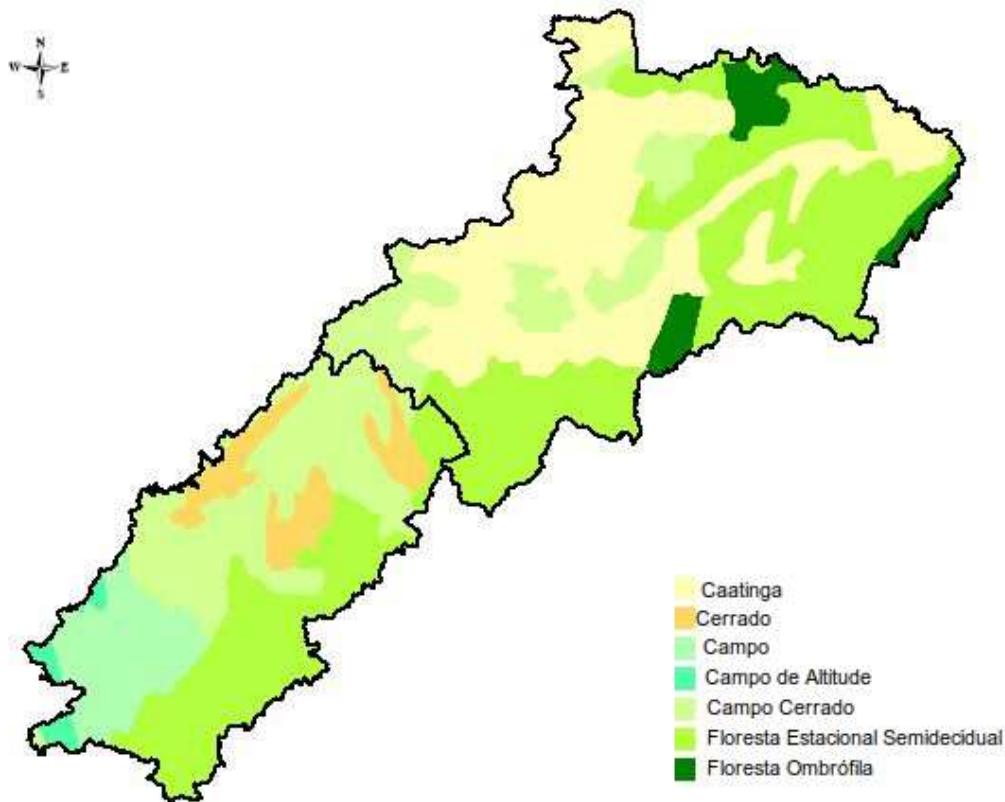
A variação da distribuição de chuva ao longo dos territórios Alto e Médio/Baixo Jequitinhonha e a diversidade do relevo na região, possibilitam diferentes condições climáticas e de solo que, conseqüentemente, justificam as variadas formações vegetais existentes (FJP, 2017).

A vegetação é diversificada e de características únicas por ser zona de transição entre três distintos e complexos biomas representados pelos domínios de Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga (Figura 2).

³⁸ Resultados preliminares do Senso Agropecuário IBGE, 2017.

³⁹ Resultados preliminares do Senso Agropecuário IBGE, 2017.

Figura 2: Cobertura Vegetal do Vale do Jequitinhonha



Fonte: Fundação João Pinheiro (2017)

Na porção ocidental, próxima à Serra do Espinhaço, as terras são mais altas, havendo predominância das chapadas cuja vegetação natural é o cerrado. As chapadas são entrecortadas por córregos e pequenos rios que, numa porção mais baixa, acabam formando grotas. Na porção oriental, as terras são mais baixas e predomina a vegetação do tipo savana que ocupa quase que totalmente o lugar da extinta Mata Atlântica. Nesta região, encontram-se extensas faixas de pastagens (FJP, 2017; GUERRERO, 2009).

A vulnerabilidade da região se manifesta nas baixas taxas de escolarização, no baixo dinamismo do mercado de trabalho e elevado consumo de drogas ilícitas e de álcool. É também relevante a questão da exploração sexual de menores, de desestruturação familiar, de gravidez na adolescência, de trabalho infantil e de violência contra idosos (FJP, 2017).

Segundo a Fundação João Pinheiro (2017), a cobertura de abastecimento de água e esgotamento sanitário é baixa, sendo que no Médio/Baixo Jequitinhonha apenas 45,6% da população reside em domicílios ligados à rede de esgoto ou pluvial ou fossa séptica. Apenas

40,0% da população residente em domicílios particulares permanentes nesses territórios possuíam serviço de coleta de resíduos domésticos.

O deficit habitacional urbano está concentrado nas famílias de baixa renda (até 3 salários-mínimos). Outro problema está na proliferação de construções de moradias em áreas periféricas. As construções nessas áreas são em sua maioria desprovidas de infraestrutura, o que dificulta o acesso a serviços públicos básicos e a oportunidades de emprego. A taxa de analfabetismo é elevada nos dois territórios⁴⁰ e bem maior do que a média estadual⁴¹. (FJP, 2017).

As cidades que exercem maior polarização encontram-se fora dos territórios. A rede de transportes viária é precária e falha em apoiar os diversos setores econômicos além de prejudicar as atividades de saúde, educação, cultura e turismo. Não existe transporte ferroviário na região e o aeroviário é restrito (FJP, 2017).

De acordo com o estudo de Região de Influência das Cidades sobre redes urbanas se destacam as cidades de Diamantina, Capelinha, Coluna, Serro e Turmalina, no Alto Jequitinhonha, e as cidades de Almenara, Araçuaí, Joáima e Pedra Azul no Médio e Baixo Jequitinhonha, sendo, portanto, as cidades que possivelmente poderiam iniciar o processo de indução de políticas públicas ou mesmo de direcionamento de atividades com foco em crescimento econômico (IBGE, 2007).

Todas essas cidades são consideradas centros de zona e apresentam rede urbana pouco hierarquizada, sendo a sua influência regional direcionada às áreas imediatas e exercendo funções elementares em termos de atendimento à população.

Nesse cenário, os maiores eixos de direcionamento econômico e de desenvolvimento são orientados à regiões externas ao território. Para o Alto Jequitinhonha são referência a capital Belo Horizonte e o município de Guanhães. Já para o Médio/Baixo Jequitinhonha os fluxos se direcionam para as cidades de Montes Claros, Teófilo Otoni em Minas Gerais, além de Salvador, Vitória da Conquista, Ilhéus, Itabuna e Eunápolis na Bahia (FJP, 2017; IBGE, 2007).

Programas como o Luz para Todos, do Governo Federal e o de Eletrificação Rural, do Governo Estadual contribuíram para ampliar o acesso à energia, sobretudo nas zonas rurais. No entanto, permanecem desafios quanto à qualidade da energia, ao custo da mesma e às condições de acesso por parte de algumas comunidades rurais. A capacidade de

⁴⁰De 17,5% para o Alto e 23,9% para o Médio/Baixo Jequitinhonha (FJP, 2017).

⁴¹De 8,2% (FJP, 2017).

fornecimento é considerada insuficiente para a demanda industrial e as fontes de energia alternativa como eólica e fotovoltaica são pouco aproveitadas (FJP, 2017).

A economia é nitidamente dependente do setor de serviços e da administração pública que juntos representam 75% e 80,4% do Valor Adicionado Bruto nas regiões do Alto e Médio/Baixo Jequitinhonha, respectivamente (FJP, 2018a). A participação da indústria é muito pequena nos dois territórios, já que sofre com o relativo isolamento da região. Há lacunas de infraestrutura e de falta de mão de obra qualificada (FJP, 2017).

O Índice de Desenvolvimento Humano Médio-IDHM⁴² da Região explicita a urgência de modelos de desenvolvimento capazes de promover os indicadores regionais. No Alto Jequitinhonha, a média do IDHM é de 0,6228⁴³ enquanto que é de 0,6047⁴⁴ no Baixo/Médio o que é bem abaixo da média estadual de 0,6678⁴⁵.

Segundo os indicadores de Pobreza, a população do Alto Vale do Jequitinhonha é composta por 32,85% de pobres⁴⁶ e 14,48% de extremamente pobres⁴⁷. No Médio/Baixo, são 34,57% de pobres e 15,49% de extremamente pobres. As médias estaduais são de 17,63% e 6,30% de pobres e extremamente pobres respectivamente.

Para que se promova o desenvolvimento de uma região, é fundamental que se conheçam os mecanismos mobilizadores da economia e, por isso, se faz necessário conhecê-los para que, ao se propor uma ferramenta, esta seja suficiente para disseminar seus benefícios em base sustentável e perene para toda a sociedade e não apenas reverter os indicadores de desenvolvimento humano.

2.5 ESTUDOS DE VIABILIDADE

Este trabalho pode ser dividido em seis eixos: (i) levantar informações técnicas e tecnológicas relacionadas com a Macaúba; (ii) identificar e validar tecnologias necessárias

⁴²O IDHM É CLASSIFICADO EM TRES DIMENSÕES: – saúde, educação e renda (PNUD, 2013).

⁴³Dados de 2010. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD; IPEA; FJP, 2013).

⁴⁴Dados de 2010. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD; IPEA; FJP, 2013).

⁴⁵Dados de 2010. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD; IPEA; FJP, 2013).

⁴⁶Proporção dos indivíduos com renda domiciliar per capita igual ou inferior a R\$ 140,00 mensais, em reais de agosto de 2010. O universo de indivíduos é limitado àqueles que vivem em domicílios particulares permanentes (PNUD; IPEA; FJP, 2013).

⁴⁷Proporção dos indivíduos com renda domiciliar per capita igual ou inferior a R\$ 70,00 mensais, em reais de agosto de 2010. O universo de indivíduos é limitado àqueles que vivem em domicílios particulares permanentes (PNUD; IPEA; FJP, 2013).

para o cultivo em áreas degradadas; (iii) definir elementos para a proposição de modelos de negócio sustentáveis associados à cadeia de valor da Macaúba e à região do Vale do Jequitinhonha; (iv) desenvolver o estudo de viabilidade técnica, econômica e comercial e de impacto ambiental e social – EVTECIAS abordando a produção e beneficiamento dos frutos da Macaúba por pequenos produtores; (v) propor modelos de negócio sustentáveis associados à cadeia de valor da Macaúba; e (vi) produzir material de divulgação científica e tecnológica.

Os eixos (i) e (iii) são trabalhados a partir da coleta de dados secundários, considerando como recorte territorial a mesorregião do Vale do Jequitinhonha e tendo como objetivo embasar os dados socioeconômicos a partir das informações disponibilizadas na literatura.

O eixo (ii) tem como perspectiva o reconhecimento de tecnologias de processamento e obtenção de óleo e coprodutos relacionados ao fruto da Macaúba por técnicas tradicionais, descritas por Knothe e colaboradores (2006) e por Silva e Andrade (2014) a partir de experiências na região norte do Estado de Minas Gerais.

Após a modelagem inicial e identificação de variáveis e condicionantes, serão desenvolvidos os eixos (iv) e (v) que preveem o Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Comercial e do Impacto Ambiental e Social – EVTECIAS, como ferramenta de análise de conteúdo. Esse eixo será desenvolvido com base em Faria (2014), que teve como foco original avaliar quantitativamente os fatores analisados em estudos de viabilidade de empresas nascentes de base tecnológica – ENBT.

Este método sugere um modelo no qual são trabalhadas uma grande quantidade de informações acerca da tecnologia e suas aplicações além de aspectos diversos que interferem na viabilidade técnica e comercial (FARIA, 2014). O eixo (vi) é a divulgação científica e tecnológica desenvolvidos a partir dos resultados deste trabalho.

A metodologia proposta por Faria (2014) pode ser resumida em três principais etapas: (1) Elaboração do EVTECIAS; (2) Definição dos fatores de análise e atribuição de pesos e pontos; (3) Elaboração do relatório. O resultado da utilização da metodologia é um conjunto de pontos dentro de uma escala comparativa, que mensura o grau de viabilidade do projeto. Os principais resultados da aplicação do modelo proposto subsidiam processos de seleção de projetos, gestão de portfólio, valoração de tecnologias e modelagem de negócios. A ferramenta permite a identificação dos pontos fracos e fortes dos projetos, reduzindo a subjetividade no julgamento.

2.5.1 VIABILIDADE TÉCNICA

O estudo da viabilidade técnica está relacionado com a descrição do estado da arte da tecnologia que será empregada e objetiva fornecer conhecimento sobre os recursos e competências necessárias, além de identificar as atuais restrições técnicas que precisam ser enfrentados prioritariamente. Os aspectos necessários à avaliação da viabilidade técnica que serão obtidos por meio de pesquisa bibliográfica, além de levantamento de dados secundários, são apresentados na Tabela 2 (FARIA 2014).

Tabela 2: Critérios de Viabilidade Técnica

Aspecto	Fatores analisados
Estágio de desenvolvimento da tecnologia	Investimento, tempo e recursos necessários para conclusão; dificuldades técnicas e incertezas tecnológicas.
Competências técnicas	Características dos pesquisadores (formação, experiência, olhar no mercado, etc.), atendimento aos conhecimentos exigidos e fatores relacionados ao ambiente organizacional/propensão a inovação.
Plataforma	Estágio de desenvolvimento da aplicação, competência para desenvolver a aplicação e variação de performance.
Scale up	Investimento, maquinário e mão-de-obra necessários para realizar o scale up; possibilidade de perda de qualidade e dificuldades técnicas no aumento e flexibilidade de produção.
Complexidade	Grau de novidade da tecnologia, tempo médio de desenvolvimento de tecnologias na indústria, interação com outras tecnologias e envolvimento da saúde humana ou animal.
Outros	Dificuldade de obtenção de matéria-prima e parceiros de desenvolvimento.

Fonte: FARIA; FERNANDES; RODRIGUES, 2014. Adaptado.

2.5.2 VIABILIDADE COMERCIAL

A principal utilidade da análise da viabilidade comercial consiste em estimar o tamanho potencial da demanda de mercado para aplicação da tecnologia e de descrever a logística de escoamento dos produtos e derivados para que se possa ponderar o retorno

econômico do projeto. Uma contribuição do estudo de viabilidade comercial é a ampliação do conhecimento dos públicos de interesse da aplicação tecnológica, o que vai impactar diretamente a determinação das características do produto a ser disponibilizado.

Os aspectos da viabilidade comercial serão obtidos primordialmente através de pesquisa de campo e, por meio de dados secundários, que fornecerão subsídios para abordar os seguintes temas: demanda, concorrentes, mercados da tecnologia, vantagens da tecnologia, necessidade dos clientes, características dos clientes, produtos substitutos, produtos complementares, poder de negociação dos clientes, poder de negociação dos fornecedores, impacto ambiental, impacto social e outros. Os principais fatores avaliados na viabilidade comercial são apresentados na Tabela 2 (FARIA 2014).

Tabela 3: Critérios de Viabilidade Comercial

Aspecto	Fatores analisados
Demanda	Demanda existente, expectativa de crescimento e estabilidade do mercado.
Concorrentes	Anos no mercado, imagem, fidelidade, nível de satisfação e barreiras à entrada de novos entrantes.
Mercados da tecnologia	Quantidade de informações e entendimento das necessidades e comportamento dos clientes.
Vantagens da tecnologia	Benefícios únicos oferecidos pela tecnologia, problemas em tecnologias concorrentes solucionados e justificativa para o mercado mudar para a nova tecnologia.
Necessidades dos clientes	Atendimento aos atributos de qualidade obrigatórios.
Características dos clientes	Percepção dos benefícios, tendências e acompanhamento de mudanças e dificuldade para convencer a testar novos produtos.
Produtos substitutos	Força do substituto, custo de mudança e ritmo de substituição.
Produtos complementares	Demanda, expectativa de crescimento e quantidade atual do produto complementar.
Poder de negociação dos clientes	Quantidade de clientes, importância da tecnologia para os clientes e dificuldade de migrar de fornecedor.
Poder de negociação dos fornecedores	Quantidade de fornecedores, importância da tecnologia para os fornecedores e existência de insumos substitutos.
Impacto ambiental	Consumo de energia, água, gás carbônico e outros materiais, reaproveitamento de matéria-prima, utilização de materiais escassos e perigosos e a substituição desses insumos.
Impacto social	Impacto na qualidade de vida, abrangência e impacto do desenvolvimento e substituição de importações.
Outros	Canais de distribuição, parceiros comerciais e outras ameaças. Localização dos mercados consumidores.

Fonte: FARIA; FERNANDES; RODRIGUES, 2014. Adaptado.

2.5.3 VIABILIDADE ECONÔMICO FINANCEIRA

A viabilidade econômica de um projeto está relacionada às possibilidades de que este projeto traga retornos positivos ao longo do tempo, e isso é fundamental para que se

possam avaliar as chances de sucesso ou fracasso do empreendimento. Isso é especialmente importante em projetos agroflorestais, já que estes costumam iniciar a recuperação de capital em prazos superiores a cinco anos.

O longo prazo aumenta o risco, e o empreendedor rural deve ser capaz de analisar os retornos previstos em função dos investimentos necessários para implementação da cultura, o horizonte temporal em que esses retornos vão acontecer, simulando cenários alternativos que sejam pessimistas, realistas e otimistas (BARBOSA-EVARISTO et al., 2018; CARDOSO et al., 2017; CÉSAR et al., 2015; SIMIONI; HOEFLICH, 2006).

A literatura de Engenharia Econômica fornece vasto ferramental de avaliação de projetos de investimento, os quais invariavelmente vão se concentrar nas relações entre risco e retorno. Estas são variáveis que estão diretamente relacionadas e devem ser levadas em consideração nas etapas iniciais do processo de decisão para que a sua relação seja vantajosa para o produtor (LIMA et al., 2015; MARTINELLI et al., 2019).

A aplicação simultânea de ferramentas tradicionais permite construir cenários para a tomada de decisão, explorando as potencialidades e evitando as fragilidades de cada ferramenta quando analisadas em separado (BENTES-GAMA; LOCATELLI, 2005; BRUNI, 2013; MARTINELLI et al., 2019).

Para a construção das análises é necessário construir o orçamento do projeto em que constem as entradas e saídas, com o fluxo de caixa e custos ao longo do horizonte previsto. Esta ferramenta fornece dados para a elaboração de indicadores e análises como o Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, Pay-back Descontado, além de Análise de Sensibilidade e Risco.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Propor um modelo de negócio para implantação de cultivo sustentável de Macaúba com foco na cadeia de Biocombustíveis.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1 Identificar, caracterizar e descrever o arcabouço tecnológico que está associado à produção dos frutos da Macaúba.
- 2 Selecionar tecnologias de baixa complexidade e alto impacto para agregar valor à produção e beneficiamento dos frutos da Macaúba, principalmente por pequenos produtores.
- 3 Caracterizar tipicidade das propriedades rurais em termos de dimensões adotadas para composição de módulos fiscais predominantes no Vale do Jequitinhonha.
- 4 Identificar os elementos constituintes e as possíveis etapas que caracterizam um processo de auxílio à tomada de decisão para a definição de modelos de negócio sustentáveis associados à cadeia de valor da Macaúba.
- 5 Estruturar critérios e desenvolver um estudo de viabilidade técnica, econômica e comercial abordando a produção dos frutos da Macaúba em Áreas de Reserva Legal.
- 6 Propor modelos de negócio sustentáveis associados à cadeia de valor da Macaúba com vistas ao desenvolvimento regional, à geração de emprego e renda no campo.

4 METODOLOGIA

4.1 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS E PRESSUPOSTOS DO MODELO

A metodologia baseia-se em pesquisa exploratória com a finalidade de conhecer a quantidade de área disponível em estabelecimentos agrícolas para composição de reserva legal em sistemas sustentáveis. A pesquisa é também bibliográfica e documental com base na legislação federal e estadual, no Censo Agropecuário IBGE/2017, e leva em consideração parâmetros de produção obtidos a partir da literatura científica.

O PIB Regional foi fornecido por levantamento estatístico da Fundação João Pinheiro para a Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão de Minas Gerais.

Primeiramente, os municípios do Vale do Jequitinhonha, o quantitativo de propriedades rurais e suas respectivas áreas são identificados através dos dados do Censo Agropecuário IBGE/2017. Com o uso de planilhas de cálculo e tendo como base o Código Florestal Brasileiro, pode-se estimar a área total que deve ser reservada como Áreas de Reserva Legal.

Para a construção do modelo, adotam-se pressupostos que balizam a construção do estudo e que servem de referência para análises complementares que possam vir no futuro.

Este modelo é idealizado no modelo de implantação para recomposição de Áreas de Reserva Legal em atendimento ao Código Florestal. Assume-se, portanto, que a aplicação deste modelo pressupõe que os empreendedores rurais já possuem a posse da terra e que precisam se adequar à legislação.

Assume-se ainda que as atividades mecanizadas e manuais serão contratadas externamente e que as propriedades não manterão funcionários contratados por prazo indeterminado para as atividades relativas à cultura da Macaúba. Todos os equipamentos e maquinários utilizados são obtidos externamente por contrato temporário.

O espaçamento utilizado como referência é o de 4 m por 8 m que, segundo Montoya (2016), oferece boas condições de passagem de luz solar para o fomento a culturas subjacentes tendo sido testado em associação com capim braquiária para utilização como pastagem.

É pressuposto que o cultivo da Macaúba em Áreas de Reserva Legal compõe inicialmente uma opção para a recuperação de áreas degradadas e também em atendimento ao exigido pelo Código Florestal, no que tange à recuperação de áreas de reserva legal. Isto significa implantar a cultura sem comprometer a atividade econômica principal da propriedade.

A possibilidade da exploração financeira dos PFNM é, portanto, um complemento à atividade econômica principal da propriedade e serve inicialmente como incentivo ao atendimento da legislação ambiental sob supervisão de mecanismos oficiais de fiscalização e controle.

É admitido que, no caso de sucesso, a cultura possa ser implantada em áreas adicionais, não coincidentes com a de Reserva Legal, adotando um modelo mais adensado de 5 m por 5 m, o que pode levar a uma readequação de modelo produtivo da propriedade e até do perfil regional, levando ao que Douglas North chama de Base de Exportação (NORTH, 1977).

Os Coeficientes Técnicos utilizados para a construção destes cenários são provenientes de plantios experimentais (PIMENTEL et al., 2011) e os indicadores de produtividade são baseados em cultivos experimentais ou em plantas selvagens, sem domesticação consolidada.

A literatura forneceu modelos de adensamento para implantação da cultura e permitiu estimar a produtividade em frutos e o rendimento esperado em óleo (MONTROYA, 2016; PIMENTEL et al., 2011).

Espera-se que a produção de frutos irá se iniciar por volta do quinto ano e que será crescente do quinto ao décimo ano, quando esta se estabilizará em torno do que pode ser a plena produtividade da cultura.

Esta simulação aborda o provável período de retorno financeiro e, por isso, é limitada a 15 anos de atividade. Foi observado em indivíduos selvagens que a produção permanece elevada por períodos de tempo ainda não definidos na literatura (CÉSAR et al., 2015; COLOMBO et al., 2018; PLATH et al., 2016).

Diante da inexistência de levantamento oficial de preços praticados para os frutos *in natura* da macaúba, será adotada a referência por Pimentel (2011) que propôs tomar como referência os modelos de contratos entre indústrias processadoras de óleo de palma e produtores do Pará. Estes mercados estabelecem como preço da tonelada de frutos o

equivalente a 10% a 12% da cotação da tonelada de óleo bruto. Nesta pesquisa será adotado como referência para o fruto da macaúba o equivalente a 12% da cotação do óleo de palma⁴⁸ bruto.

O óleo de palma é uma *commodity* e pode-se adotar como preço de referência o praticado em contratos futuros em bolsas de mercadorias e futuros como a *Chicago Mercantile Exchange (CME)*⁴⁹⁵⁰. O portal de dados globais *Index Mundi*⁵¹ utiliza dados dos contratos futuros negociados na CME, e fornece o valor de referência mensal por tonelada com conversão para as principais moedas internacionais⁵².

Para este trabalho, está sendo adotado tanto para o valor de venda, quanto para o levantamento dos itens de custos, valores de maio de 2021. Essa referência é arbitrária e visa limitar as oscilações de mercado.

Foi considerado, a exemplo de Pimentel *et al* (2011), que o modelo de custos adotado seria o de custo operacional do empreendimento. Isso se baseia no pressuposto de que o empreendedor rural implementará a cultura com recursos próprios e sem recorrer a empréstimos. Pressupõe-se também o uso de equipamentos agrícolas em regime de aluguel, uma vez que se objetiva verificar a viabilidade inclusive para projetos pequenos onde a aquisição de equipamentos pesados não se justifica. Essa conjectura direciona as simulações ao eliminar variáveis relacionadas a cálculo de vida útil, depreciação e até juros de financiamento de equipamentos.

É considerado o plantio manual com transporte e distribuição mecanizado das mudas em plantios por unidade de 1 hectare em sistema agroflorestal, visando recomposição de áreas degradadas, ou áreas de reserva legal, com espaçamento de 8 m por 4 m. Também foi esturado o plantio comercial com espaçamento de 5 m por 5 m.

Os coeficientes técnicos da cultura (plantio e manutenção) foram apresentados por Pimentel (2011) em trabalho desenvolvido em plantio comercial experimental com a Entaban Ecoenergéticas do Brasil Ltda e são classificados em Operações Mecanizadas (Tabela 4), Operações Manuais (Tabela 5), Insumos (Tabela 6) e Custos Administrativos (Tabela 7).

⁴⁸Como não existem cotações de óleo de macaúba, utiliza-se o óleo de palma como referência.

⁴⁹Site: <<https://www.cmegroup.com/pt/>>. Acesso em 25/08/2021.

⁵⁰Contratos de Óleo de Palma: <<https://www.cmegroup.com/markets/agriculture/oilseeds/usd-malaysian-crude-palm-oil-calendar.html>>. Acesso em 25/08/2021.

⁵¹Site: <<https://www.indexmundi.com/about.html>>. Acesso em 25/08/2021.

⁵²Site: <<https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=palm-oil&months=120¤cy=brl>>. Acesso em 25/08/2021.

Tabela 4: Coeficientes Técnicos - Operações Mecanizadas

<i>A- Operações Mecanizadas</i>	Unidade	Ano 0	Anos 1 a 4	Ano 5 a 9	Ano 10 em diante
A1- Tratos Culturais					
Adubação (2x)	h/m Tp75cv+car	1,0	1,0	1,0	1,0
A2- Colheita					
Transporte	h/m Tp75cv+car	0,0	0,0	3,0	4,0
A3- Abertura de Estradas					
Estradas	h/m Te110cv	2,0	1,0	1,0	1,0

Fonte: Pimentel (2011)

Tabela 5: Coeficientes Técnicos - Operações Manuais

<i>B- Operações Manuais</i>	Unidade	Ano 0	Anos 1 a 4	Ano 5 a 9	Ano 10 em diante
B1- Preparo do Solo					
Aplicação de herbicida na linha	d/H	1,5	-	-	-
Marcação de linhas/covas	d/H	2,0	-	-	-
Coroamento	d/H	1,5	-	-	-
Distribuição de Mudas	d/H	2,0	-	-	-
Coveamento+adubação	d/H	4,0	-	-	-
Plantio	d/H	3,0	-	-	-
B2-Tratos Culturais					
Coroamento com Herbicidas (2x)	d/H	2,0	2,0	2,0	2,0
Poda de Folhas	d/H	0,0	-	1,0	1,0
Adubação (2x)	d/H	2,0	2,0	3,0	4,0
B3- Colheita					
Colheita	d/H	0,0		8,2	12,3

Fonte: Pimentel (2011).

Tabela 6: Coeficientes Técnicos - Insumos

C- Insumos	Unidade	Ano 0	Anos 1 a 4	Ano 5 a 9	Ano 10 em diante
C1- Fertilizantes					
Calcário	R\$/t	0,2	0,2	0,2	0,2
http://fnp.agribusiness.ihsmarkit.com/insumos/8 P: (fosfato solúvel)	R\$/t	0,2	0,1	0,4	0,6
N: (uréia)	R\$/t	0,1	0,1	0,2	0,3
K: (Kcl)	R\$/t	0,1	0,1	0,3	0,5
Micronutrientes FTE	R\$/Kg	10,0	10,0	20,0	30,0
C2- Fitossanitários					
Fungicida (1L/ha de triazol)	R\$/Litro	0,0	-	1,0	1,0
Inseticida (4 g/ha de fipronil)	R\$/Litro	0,0	-	1,0	1,0
Formicida (sulfluramida 03% 10g/m2 de terra solta)	R\$/Kg	4,0	2,0		
C3- Herbicidas					
Pós emergente (3 L/ha de glifosato e 0,8 L/ha de 2,4D)	R\$/Litro	2,0	2,0	2,0	2,0
C4- Mudas					
Mudas (1 ano)	R\$/unidade	313 un (no caso de implantação de 4 m x 8 m) 400 un (no caso de implantação de 5 m x 5 m)			

Fonte: Pimentel (2011)

Tabela 7: Coeficientes Técnicos - Administrativos e de Comercialização

D- Adm./Comercialização	Ano 0	Anos 1 a 4	Ano 5 a 9	Ano 10 em diante
Projeto	2,00%	-	-	-
Custos Administrativos	234,70	234,70	234,70	234,70
Impostos	-	-	1,70%	1,70%
Subtotal D	-	234,70	234,72	234,72

Fonte: Pimentel (2011)

Na falta de estimativas atualizadas, os valores individuais considerados para os coeficientes técnicos de Operações Mecanizadas (Tabela 8) e Operações Manuais (Tabela 9) e os Custos Administrativos (Tabela 11) foram atualizados por índice inflacionário⁵³ utilizando

⁵³Foi escolhido o IGP-M já que tem como um dos principais fatores de ponderação o Índice de Preços ao Produtor Amplo (IPA-M) que está relacionado à medidas do setor produtivo e o Índice de Preços ao Consumidor (IPC-M).

a calculadora do Banco Central do Brasil⁵⁴ tomando maio de 2021 como referência. Já os itens de Insumos (Tabela 10) são objeto de levantamento mensal conduzido pela CONAB e os valores considerados para cada item são a média de janeiro a junho de 2021 dos preços praticados no estado de Minas Gerais.

Tabela 8: Valores Unitários - Operações Mecanizadas

<i>A- Operações Mecanizadas</i>	Unidade	Valor Unitário (R\$)
A1- Tratos Culturais		
Adubação (2x)	h/m Tp75cv+car	93,36
A2- Colheita		
Transporte	h/m Tp75cv+car	93,36
A3- Abertura de Estradas		
Estradas	h/m Te110cv	186,73

Nota: Valor unitário calculado por Pimentel (2011) atualizado pelo IGP-M para Maio de 2021.

Tabela 9: Valores Unitários - Operações Manuais

<i>B- Operações Manuais</i>	Unidade	Valor Unitário (R\$)
B1- Preparo do Solo		
Aplicação de herbicida na linha	d/H	88,93
Marcação de linhas/covas	d/H	88,93
Coroamento	d/H	88,93
Distribuição de Mudas	d/H	88,93
Coveamento+adubação	d/H	88,93
Plantio	d/H	88,93
B2-Tratos Culturais		
Coroamento com Herbicidas (2x)	d/H	88,93
Poda de Folhas	d/H	88,93
Adubação (2x)	d/H	88,93
B3- Colheita		
Colheita	d/H	88,93

Nota: Valor unitário calculado por Pimentel (2011) atualizado pelo IGP-M para Maio de 2021.

⁵⁴Site: <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPUBLICO/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores>>. Acesso em 27/08/2021.

Tabela 10: Valores Unitários - Insumos

C- Insumos	Unidade	Valor Unitário (R\$)
C1- Fertilizantes		
Calcário	R\$/t	83,67
P: (fosfato solúvel)	R\$/t	1.507,83
N: (uréia)	R\$/t	2.628,67
K: (Kcl)	R\$/t	1.950,00
Micronutrientes FTE	R\$/Kg	2,00
C2- Fitossanitários		
Fungicida (1L/ha de triazol)	R\$/Litro	65,33
Inseticida (4 g/ha de fipronil)	R\$/Litro	460,50
Formicida (sulfluramida 03% 10g/m2 de terra solta)	R\$/Kg	15,00
C3- Herbicidas		
Pós emergente (3 L/ha de glifosato e 0,8 L/ha de 2,4D)	R\$/Litro	19,00
C4- Mudas		
Mudas (1 ano)	R\$/unidade	8,1

Fonte: Pesquisa CONAB de Custos de Produção. Valores médios de janeiro a junho de 2021 para o estado de Minas Gerais.

Tabela 11: Valor Unitário - Custos Administrativos e de Comercialização

D- Adm./Comercialização	Unidade	Valor Unitário (R\$)
Projeto (em % sobre faturamento)		2,00%
Custos Administrativos (em R\$)		234,70
Impostos (em % sobre faturamento)		2,30%

Nota: Valor do Projeto é calculado sobre os investimentos do ano 0 e incide apenas nesse período. Custos Administrativos levantados por Pimentel (2011) e atualizados pelo IGP-M para maio de 2021 incidem sobre todos os períodos do estudo. Percentual de impostos levantados por Pimentel (2011) e calculados sobre faturamento incidem nos períodos em que há comercialização de frutos.

4.2 MODELOS DE REFERÊNCIA PARA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE E FERRAMENTAS DE ANÁLISE

Para a construção da Análise de Sensibilidade, foram arbitrariamente criados três cenários diferentes, de forma a compreender a interação entre as variáveis e seu efeito sobre o resultado final do projeto. Os elementos considerados são a Taxa de Inflação Incidente sobre os Custos (TIIC) e a Taxa de Correção dos Preços de Venda (TCPV).

A perspectiva central que serve como referência é o Cenário Realista, que é elaborado considerando que tanto a TIIC quanto a TCPV⁵⁵ são corrigidas linearmente pela média de dez anos do IGP-M⁵⁶ (Tabela 12 e Tabela 13).

Tabela 12: Índices para Taxa de Inflação Incidente sobre os Custos (TIIC)

Período	Acumulado Anual
2020	23,19%
2019	7,30%
2018	7,54%
2017	-0,52%
2016	7,17%
2015	10,54%
2014	2,66%
2013	5,53%
2012	7,81%
2011	5,10%
2010	11,32%
Média Simples	7,97%

Fonte: FGV.

⁵⁵Idealizou-se inicialmente corrigir a TCPV pela taxa de evolução das cotações do óleo de palma mas o ano de 2020 foi marcado por eventos adversos e a cotação de Óleo de Palma em moeda brasileira teve alta de 64,41% acompanhando a evolução de outras commodities e sob influência da desvalorização do Real frente ao Dólar. Ainda que seja viável considerar a cotação deste óleo como referência para os preços atuais, não parece ser razoável considerar que esses valores continuarão a ser atualizados a uma taxa muito elevada pelos próximos 15 ou 30 anos. Optou-se portanto por considerar o período 2010 a 2019 e desconsiderar o ano de 2020.

⁵⁶O IGPM foi escolhido por refletir melhor a atualização inflacionária dos custos do setor produtivo (FGV, 2016).

Tabela 13: Índices para a Taxa de Correção dos Preços de Venda (TCPV)

Período	Acumulado Anual
2019	52,44%
2018	-6,92%
2017	-18,12%
2016	16,11%
2015	24,02%
2014	-8,89%
2013	18,31%
2012	-14,42%
2011	-1,98%
2010	45,95%
Média Simples	10,65%

Fonte: Chicago Mercantile Exchange (CME)/Index Mundi

Para compreender o comportamento do resultado final em função das variáveis, foi estabelecido que a TIIC (que incide sobre os custos) seria 20% menor no Cenário Otimista e 20% maior no Cenário Pessimista (Tabela 14). Por outro lado, a TCPV (que corrige os preços de venda dos frutos) seria 20% mais vantajosa no Cenário Otimista e 20% pior no Cenário Pessimista (Tabela 15).

Tabela 14: Índices para Taxa de Inflação Incidente sobre os Custos – TIIC para cada Cenário

	Especificação	Taxa (a.a.)
Otimista	20% abaixo do Cenário Realista	6,37%
Realista	Taxa Média Anual – IGP-M – 2010-2019, FGV	7,97%
Pessimista	20% acima do Cenário Realista	9,56%

Elaboração própria.

Tabela 15: Índices para a Taxa de Correção dos Preços de Venda – TCPV para cada Cenário

Especificação	Taxa (a.a.)
---------------	-------------

Otimista	20% acima do Cenário Realista	12,77%
Realista	Taxa Média de Evolução das Cotações em Moeda Nacional – 2010-2019, Index Mundi/CME	10,65%
Pessimista	20% abaixo do Cenário Realista	8,51%

Elaboração própria.

Para cada Cenário foram calculados o Valor Presente Líquido – VPL, a Taxa Interna de Retorno – TIR, e o *Payback* Descontado – PD. O cálculo do VPL e do *Payback* supõe que seja estabelecida uma Taxa Mínima de Atratividade – TMA, que pode ser um investimento alternativo.

O VPL é uma forma bastante tradicional de avaliação que indica a viabilidade de um projeto, deduzindo o valor presente do investimento do valor presente dos fluxos de caixa futuros, considerando uma taxa mínima de atratividade. No caso do VPL, resultados maiores que zero indicam a viabilidade econômica do projeto. Para este indicador, quanto maior o resultado, melhor é a situação (BRUNI, 2013; SAMANEZ, 2007).

Importante ressaltar que este indicador leva em consideração todas as entradas futuras do fluxo de caixa do projeto. Optou-se, no entanto, por englobar apenas os primeiros 15 anos (chamados aqui de Ano 0 e seguindo até o Ano 14).

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t}$$

Onde:

FC_t = Fluxo de caixa em cada período

I= investimento inicial

K= taxa de desconto representada por uma Taxa Mínima de Atratividade

Neste caso, utiliza-se a estratégia de criar sete taxas diferentes, sendo a central a Taxa Selic prevista pelo relatório FOCUS⁵⁷ para dezembro de 2021. A partir desta TMA central, são criadas três faixas acima acrescentando 20% a cada degrau. São utilizadas também três níveis abaixo, subtraindo 20% a cada nível.

⁵⁷Foi utilizada como referência o relatório de agosto de 2021.

Tabela 16: Taxas Mínimas de Atratividade (TMA) para Cálculo de VPL e de Payback

	Taxa	Descrição	Fonte
TMA1	3,00%	20% abaixo de TMA2	do projeto
TMA2	4,50%	20% abaixo de TMA3	do projeto
TMA3	6,00%	20% abaixo de TMA4	do projeto
TMA4 - Central	7,50%	Previsão para Dezembro de 2021	Fonte: Relatório Focus de 27/08/2021
TMA5	9,00%	20% acima de TMA4	do projeto
TMA6	10,50%	20% acima de TMA5	do projeto
TMA7	12,00%	20% acima de TMA6	do projeto

É bastante utilizado em associação ao VPL a medição da Taxa Interna de Retorno – TIR. Este indicador não tem objetivo de apontar o resultado absoluto de viabilidade, mas de indicar sua taxa de retorno intrínseca.

Neste caso o empreendedor deve comparar essa taxa com outras alternativas de investimento com níveis de risco semelhante, e, também com alternativas de maior e também de menor risco.

Do ponto de vista matemático, é a taxa que faz com que o Valor Presente Líquido iguale o Investimento Inicial, ou em outras palavras, é a taxa que faz com que o VPL seja igual a zero. Desta forma, obtêm-se a taxa de retorno do projeto, que deve ser maior do que a Taxa Mínima de Atratividade para que este seja considerado viável (BRUNI, 2013; MARTINELLI et al., 2019).

$$TIR = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} = 0$$

Onde:

i = taxa de retorno do projeto.

FC_t = Fluxo de caixa em cada período

I = investimento inicial

Uma forma de se utilizar esse indicador para a tomada de decisão financeira é por meio da comparação direta da taxa de retorno calculada para o projeto e a taxa de retorno de uma alternativa de investimento de risco comparável, ou então a uma alternativa de risco reduzido.

Por sua vez, o método do Payback Descontado indica o tempo de recuperação do investimento, ou seja, indica o tempo em anos em que o valor presente dos fluxos de caixa previstos se iguala ao investimento inicial do projeto. Neste caso, quanto menor o prazo de retorno, mais vantajoso é o projeto (BRUNI, 2013; MARTINELLI et al., 2019; SAMANEZ, 2007).

$$I = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t}$$

Onde:

FC_t = Fluxo de caixa em cada período

I= investimento inicial

K= taxa de desconto representada por uma Taxa Mínima de Atratividade - TMA

Para estudar as realidades alternativas, deve-se levar em conta que, com base em extenso levantamento bibliográfico e reflexão, propõe que a metodologia de construção de cenários levante três principais tipos de Elementos Condicionantes: os Elementos Constantes, as Mudanças Pré determinadas e as Mudanças incertas (BUARQUE, 2003).

Os dois primeiros elementos são relativamente previsíveis e são comuns aos cenários enquanto que o terceiro é imprevisível e somente antecipado por meio de hipóteses concorrentes alternativas.

São considerados Elementos Constantes e Mudanças Pré determinadas, a crescente demanda por energia e as crescentes pressões para que essa energia seja de origem sustentável. Nesta mesma categoria também estão incluídos os referenciais da legislação no que diz respeito às normas ambientais e mistura de biodiesel ao combustível fóssil.

Por sua vez, em um ambiente dinâmico, o evento estudado pode sofrer a influência de variáveis desconexas e difíceis de se prever que, ainda assim, impactam a

realidade econômica. Essas variáveis podem ser categorizadas como fontes de Mudanças Incertas.

Ainda que hoje a economia nacional esteja num patamar de relativa estabilidade, não se pode ignorar o fato de que fatores imprevisíveis locais ou internacionais podem afetar essa linearidade e ocasionar aumento ou diminuição das cotações internacionais do preço de óleo vegetal o que por sua vez afeta também as condições de oferta dos óleos vegetais nacionais.

Instabilidades econômicas podem ainda levar a situações inflacionárias que afetam o preço dos produtos, a demanda, e também afetam as taxas para cálculo de empréstimos e financiamentos. É outro fator de incerteza que deve ser levado em consideração para esta análise.

Com esse referencial, é importante construir diferentes cenários alternativos para as simulações, que podem ainda ser confrontados a diferentes taxas de referência da economia de forma a possibilitar uma visão mais ampla de prováveis condicionantes.

Neste sentido, a análise de cenário deve simular condições pessimista, realista e otimista de forma a cobrir diferentes desenvolvimentos possíveis para o projeto e conferindo ferramentas para o empreendedor tomar a decisão mais viável dados os parâmetros e condicionantes levantados (BENTES-GAMA; LOCATELLI, 2005; SIMIONI; HOEFLICH, 2006).

Esta análise possibilita o estudo de alterações hipotéticas em variáveis significativas do projeto e seus impactos nos resultados e indicadores de viabilidade econômica e financeira. Deve-se simular interações entre elementos ou parâmetros diversos do processo como receitas, lucros, custos, VPL ou TIR (BENTES-GAMA; LOCATELLI, 2005; BRUNI, 2013; MARTINELLI et al., 2019).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 MACAÚBA E SEUS PRODUTOS COMO VETORES DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL

O presente estudo apresenta um modelo de negócio rural em torno da cadeia produtiva da Macaúba, oferecendo subsídios à tomada de decisão em instâncias públicas e privadas. Este modelo pode ser implantado para a recuperação de áreas degradadas ou como plantio solteiro.

Isso possibilita o desenvolvimento de políticas públicas e a atração de investimentos privados para promover de forma sustentável o desenvolvimento regional em termos econômicos, sociais e ambientais.

Os modelos criados podem ser otimizados e replicados em outras regiões de forma a potencializar o alcance desta pesquisa contribuindo para o cumprimento da missão da UFVJM e para o desenvolvimento sustentável da região com foco no desenvolvimento da cadeia de valor da Macaúba, estrategicamente importante para o desenvolvimento do setor de biocombustíveis no Estado de Minas Gerais.

As contribuições iniciais para aplicação do modelo tomaram como base a região do Vale do Jequitinhonha para o levantamento de informações técnicas, gerenciais e de viabilidade.

Verificou-se que comercialização destes produtos ocorrem *in natura*, ou beneficiados, para obtenção de produtos de maior valor adicionado, pode levar a um incremento do PIB regional com base em produtos de exportação.

Isso ocasiona uma vultuosa injeção de recursos que pode beneficiar pequenos a grandes produtores e comunidades do entorno e além de comunidades extrativistas. A tendência é a de que em caso de sucesso, os indicadores de qualidade de vida como o IDH sofram impactos sucessivamente positivos ao longo dos anos.

Estes modelos de desenvolvimento, baseados na elaboração de estudos de viabilidade e na criação de modelos ou planos de negócios, fornecem subsídios e apontam caminhos para conciliar o desenvolvimento em suas dimensões econômicas, sociais e ambientais.

5.2 PROPOSTA DE VALOR E ESTIMATIVA DE IMPACTOS ECONÔMICOS COM BASE NO MODELO DE BASE DE EXPORTAÇÃO

Uma tecnologia de baixa complexidade como a prensagem a frio consegue obter 19,62% da massa em óleo de polpa e 3,43% da massa em óleo de castanha (DEL RÍO *et al.*, 2016; EVARISTO *et al.*, 2016).

No que diz respeito à implantação do cultivo, Montoya (2016) evidencia que o sistema agroflorestal com macaúba e capim braquiária é uma prática agrícola viável desde que o adensamento de plantas de macaúba por hectare não supere as 357 plantas a cada hectare⁵⁸, já que, a partir deste ponto, o sombreamento pode afetar as espécies vegetais de menor porte.

Segundo o Censo Agropecuário (IBGE, 2017), existem 56.190 estabelecimentos rurais no Vale do Jequitinhonha totalizando aproximadamente 2,75 milhões de hectares.

Se metade deste espaço reunir as condições adequadas⁵⁹, pode-se inferir que uma área equivalente a 225.000 hectares estejam disponíveis para implantação de sistemas florestais com espécies nativas cujos PFNM podem ser explorados.

No caso da adoção de uma política pública de incentivo à adoção da macaúba para recuperação de áreas degradadas pode-se admitir que o Alto e o Médio/Baixo Jequitinhonha seriam capazes de produzir anualmente em estimativa conservadora⁶⁰ aproximadamente 6,5 milhões de toneladas de frutos, que podem ser comercializados ao mercado, sem beneficiamento, com garantia de preços pelo programa de Preços Mínimos ao Produtor/CONAB na cotação de R\$ 400,00 por tonelada⁶¹.

A entrega desses produtos a valor de mercado, ocasionariam a injeção de R\$ 2,2 bilhões anualmente ou 28,7% do PIB regional⁶².

⁵⁸Esse quantitativo de 357 árvores é obtido com espaçamento de 7 m x 4 m. O modelo aqui proposto sugere o espaçamento de 8 m x 4 m que resulta em 313 plantas.ha⁻¹.

⁵⁹Além das condições edafoclimáticas, é necessário que a Área de Reserva Legal não esteja sobreposta a uma Área de Preservação Permanente – APP.

⁶⁰Vilela (2014) identificou o volume médio de 75,4kg de cocos por planta no cerrado do Norte Mineiro em indivíduos selvagens enquanto este projeto está usando como referência o trabalho de Pimentel (2011).

⁶¹Cotação de R\$0,34/kg de Maio/2021. Fonte:

<<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/precos-minimos/precos-minimos-dashboard>>. Acesso em 01/11/2019.

⁶²PIB de 2015 (FJP, 2017).

Os resultados deste novo mercado podem levar a encadeamentos produtivos para beneficiamento local da produção de forma a obter produtos de maior valor agregado como óleos da polpa e amêndoa.

Caso os frutos fossem localmente processados, poderiam ser obtidos nas proporções descritas por Del Río (2017): 1,25 milhão de toneladas de óleo de polpa, 222 mil toneladas de óleo de amêndoa e 1,85 milhão de toneladas de torta de polpa e amêndoa para ração animal, além de 1,35 milhão de toneladas de endocarpo para produção de carvão.

No caso do beneficiamento para obtenção de óleo de polpa, poderiam ser obtidos aproximadamente R\$4,1 bilhões anuais com este produto. Já o óleo da amêndoa pode levar à obtenção de R\$1,35 bilhão anuais. A somatória de ambos poderia levar a injeção de montante equivalente a 71,0% do atual PIB da região.

Neste montante não estão sendo levados em consideração os potenciais resultados econômicos das tortas de polpa e amêndoa, e também do endocarpo.

Ao se direcionar o óleo de macaúba como insumo para o mercado de biocombustíveis, existe ainda o benefício adicional da comercialização de Créditos de Descarbonização - CBIO's no âmbito do RENOVABIO. O sistema agroflorestal baseado na palmeira Macaúba tem potencial para estocar anualmente o equivalente a 29 milhões de toneladas de CO₂ atmosférico⁶³.

5.3 ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA, COMERCIAL, ECONÔMICA E FINANCEIRA PARA UNIDADES DE PRODUÇÃO E BENEFICIAMENTO PRIMÁRIO DE MACAÚBA EM PROPRIEDADES RURAIS

5.3.1 VIABILIDADE TÉCNICA

A viabilidade técnica é atestada por diversos estudos (COLOMBO et al., 2017; LOPES et al., 2013; PIMENTEL et al., 2011; PLATH et al., 2016), mas é a pesquisa de Montoya (2016) que mais chama atenção por associar a Macaúba a uma segunda cultura,

⁶³Dados de Montoya (2016) que quantificou o CO₂ sequestrado em sistemas de Palmeira Macaúba com capim braquiária.

objetivando verificar as condições de viabilidade do consórcio. No caso, as palmeiras foram cultivadas com Capim Braquiária (*Brachiaria decumbens*) visando maximizar a produtividade de ambas.

Neste estudo, ficou evidente que os parâmetros fisiológicos e de crescimento da forrageira podem ser impactados por conta das condições de baixa luminosidade e baixa temperatura nos sistemas em que as palmáceas foram implantadas com espaçamento de 4,5 m x 4,5 m, 5 m x 4 m, e 6 m x 4 m. Ainda, segundo o estudo, os sistemas com espaçamento 7 m x 4 m ou 8 m x 4 m⁶⁴ são os que produzem melhores resultados para desenvolvimento de pastagens visando o desenvolvimento de sistemas agroflorestais.

Montoya (2016) evidencia que o sistema silvipastoril com macaúba e capim braquiária é uma prática agrícola viável tanto do ponto de vista agrícola quanto pecuário, desde que o adensamento de plantas de macaúba por hectare não supere as 357 plantas.ha⁻¹⁶⁵.

Apesar de não serem indicados para composição de sistemas agroflorestais, os plantios com espaçamento de 5 m x 4 m ou 4,5 m x 4,5 m são os que resultam em melhor rendimento para sequestro de carbono atmosférico e com maior acúmulo de biomassa, sendo a melhor opção em caso de grandes propriedades (MONTROYA, 2016).

O Projeto Macaúba desenvolvido pela INOCAS⁶⁶ em parceria com o Ministério de Minas e Energia, é um exemplo de aplicação cujo objetivo é o plantio experimental de 2000 ha de Macaúba em sistema silvipastoril, em parceria com agricultores familiares do cerrado mineiro.

Este projeto tem o objetivo de estruturar a cadeia produtiva de macaúba em cultivos isentos de desmatamento. Para isso, a implantação é feita com adensamento de 300 plantas.ha⁻¹ em terras usadas como pastagens. A estimativa para este projeto é de que os 2.000 hectares plantados sejam capazes de entregar 45.000 toneladas de cocos em complemento à atividade pecuária preexistente.

Existem também iniciativas consolidadas na região Norte de Minas Gerais para o beneficiamento cooperativista (COOPER-RIACHÃO) de cocos Macaúba provenientes de

⁶⁴Em espaçamentos de 4,5 m x 4,5 m, 5 m x 4 m, e 6 m x 4 m, foi considerado inadequado para o capim braquiária por conta do excesso de sombreamento, mas foi também onde o sistema apresentou melhores resultados para sequestro de carbono atmosférico (MONTROYA, 2016)

⁶⁵Esse quantitativo de árvores é obtido com espaçamento de 7 m x 4 m (MONTROYA, 2016).

⁶⁶Site: <www.inocas.com>. Acesso em 13/09/2019.

extrativismo de maciços naturais que entregam 450 toneladas de óleo anuais, beneficiando mais de 400 famílias⁶⁷.

5.3.2 VIABILIDADE COMERCIAL

Em se tratando de plantios iniciais e sendo executada a princípio por pequenos produtores, supõe-se mais viável que os produtos sejam comercializados *in natura* para cooperativas ou associações de produtores que possam viabilizar o processamento. Neste caso, os produtores rurais podem ser elegíveis ao programa Política de Garantia de Preços Mínimos para os Produtos da Sociobiodiversidade (PGPM-Bio) por meio da CONAB.

Por outro lado, com o avanço da curva de experiência e com a dinâmica da formação de encadeamentos econômicos, ou *clusters*, é possível antever a crescente viabilidade da adição de valor ao produto por meio do processamento dos cocos *in loco* para a extração dos óleos.

O fruto da macaúba é estratégico devido à sua produtividade e por ser uma espécie nativa. Entretanto, apresenta aspectos de comercialização ainda não consolidados, sendo possível seu aproveitamento em diferentes indústrias, como cosmética, alimentícia, mas principalmente na cadeia produtiva de biocombustíveis.

Com esse direcionamento específico, cabe ressaltar que os óleos extraídos dos cocos são produtos de interesse como potenciais insumos para a produção de Biodiesel ou de Bioquerosene de Aviação (BioQAV).

O município de Montes Claros-MG destaca-se como principal destino para frutos de macaúba no estado de Minas Gerais (Figura 3). Nesta localidade, a Cooperativa de Agricultores Familiares e Agroextrativista Ambiental do Vale do Riachão é habilitada para venda à Petrobras Biocombustível que dispõe de uma unidade de processamento de Biodiesel no mesmo município.

A cooperativa beneficia os frutos da macaúba de origem extrativista da região e de outras regiões (como do Centro-oeste mineiro e também de outras unidades da federação).

⁶⁷Site: <<https://www.centraldocerrado.org.br/post/cooperativa-dos-trabalhadores-rurais-de-riacho-d-anta-e-adjac%C3%A2ncias-cooperriach%C3%A3o>>. Acesso em 28/07/2021.

Atualmente, processa óleos prensados a frio, carvão, polpas, sementes, sabões, sabonetes, cosméticos e ração para alimentação animal^{68 69}.

A produção da Macaúba tem outro destino potencial que é a usina de processamento da Soleá/Acrotech Industrial no município de João Pinheiro-MG (Figura 3) cujo início de operação estava previsto para 2021⁷⁰. Apesar de o foco ser a indústria do Biodiesel, inicialmente esta unidade trabalhará com fornecimento para o setor alimentício, de cosméticos e indústria química⁷¹.

Um mercado futuro com potencial para escoamento da produção de frutos de macaúba está relacionado à implantação da cadeia para a produção de Bioquerosene de Aviação (BioQAV), que é objeto de estudos em andamento por iniciativa da Plataforma de Bioquerosene e Renováveis da Zona da Mata, no município de Juiz de Fora-MG (Figura 3) que é apoiada por empresas do setor aeronáutico para desenvolvimento do mercado daquela região⁷²⁷³.

⁶⁸Fonte: < <https://www.centraldocerrado.org.br/post/cooperativa-dos-trabalhadores-rurais-de-riacho-d-anta-e-adjac%C3%A2ncias-cooperriach%C3%A3o> >. Acesso em 27/07/2021.

⁶⁹Cooper-Riachão: < <https://www.facebook.com/valney.soarescosta.7> >. Acesso em 27/07/2021.

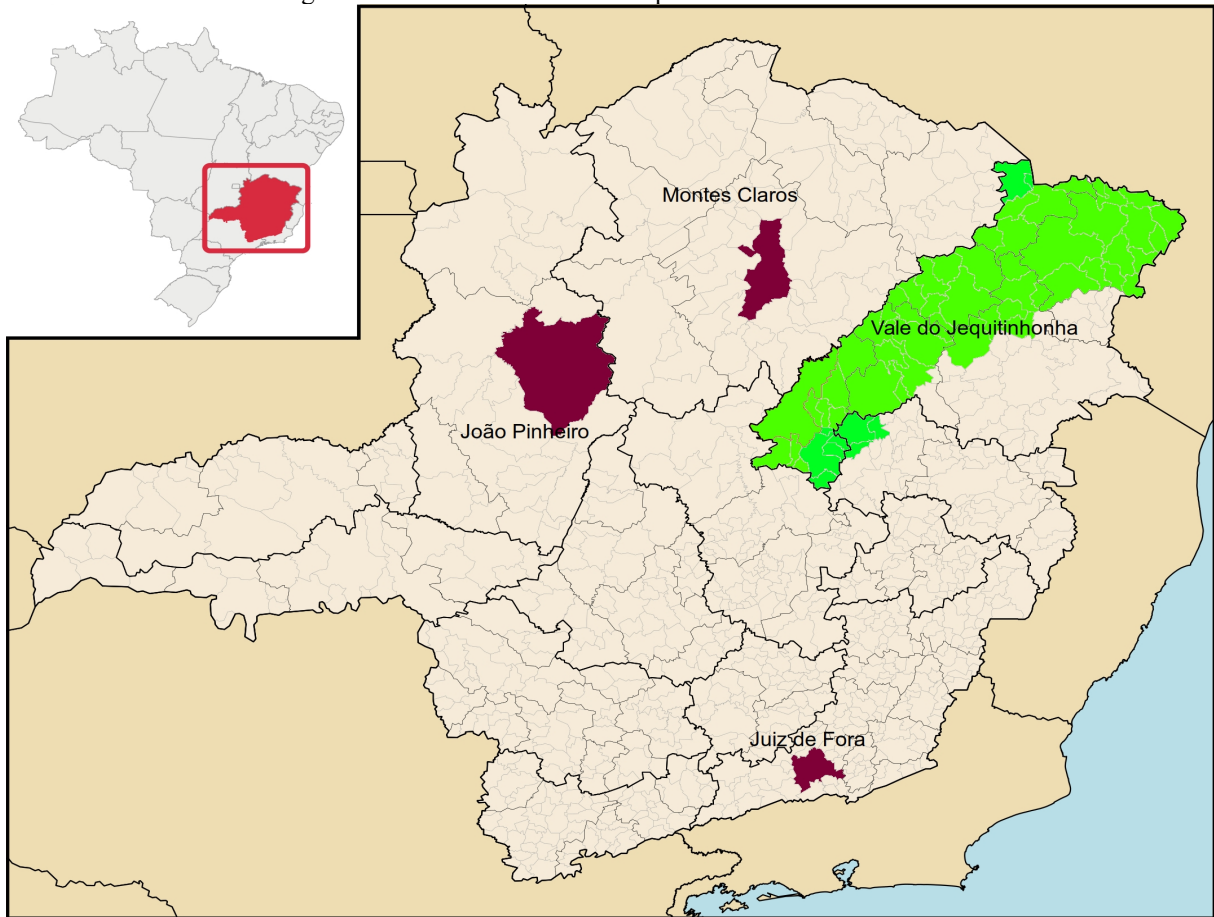
⁷⁰Fonte: < <https://www.moneytimes.com.br/no-aguardo-para-entrar-no-biodiesel-oleo-de-macauba-vai-para-o-mercado-de-especialidades/> >. Acesso em 29/07/2021.

⁷¹*idem*

⁷²Fonte: < <https://epbr.com.br/bioeconomia-e-aposta-de-municipios-mineiros-para-saida-da-crise/> >. Acesso em 27/07/2021.

⁷³Fonte: < <http://www.portalmacauba.com.br/2021/06/boeing-quer-brasil-na-producao-de.html> >. Acesso em 27/07/2021.

Figura 3: Mercados Consumidores para os Frutos da Macaúba



Adaptado de Wikipedia

Existe uma evidente defasagem de capacidade autorizada para produção de Biodiesel⁷⁴ na região Sudeste. Em 2020, estando em vigor o B11, a região tinha capacidade autorizada de produção de apenas 0,8 Mm³ frente a um consumo obrigatório de 2,4 Mm³ do composto (Tabela 18). Esta demanda é suprida com a produção excedente proveniente de unidades da federação que são superavitárias na produção deste combustível.

As regiões com maior excedente de produção são a Centro-Oeste e Sul (Tabela 17) que, por serem notáveis produtoras de soja (Figura 4), são a primeira opção de localização para a instalação de usinas. De fato, estas regiões concentram 80,04% da capacidade nacional de produção de Biodiesel, mas apenas 36,49% da demanda. É, portanto, de se supor que existe um potencial importante para produtos que pudessem ser processados na região sudeste por conta de vantagens em custos logísticos.

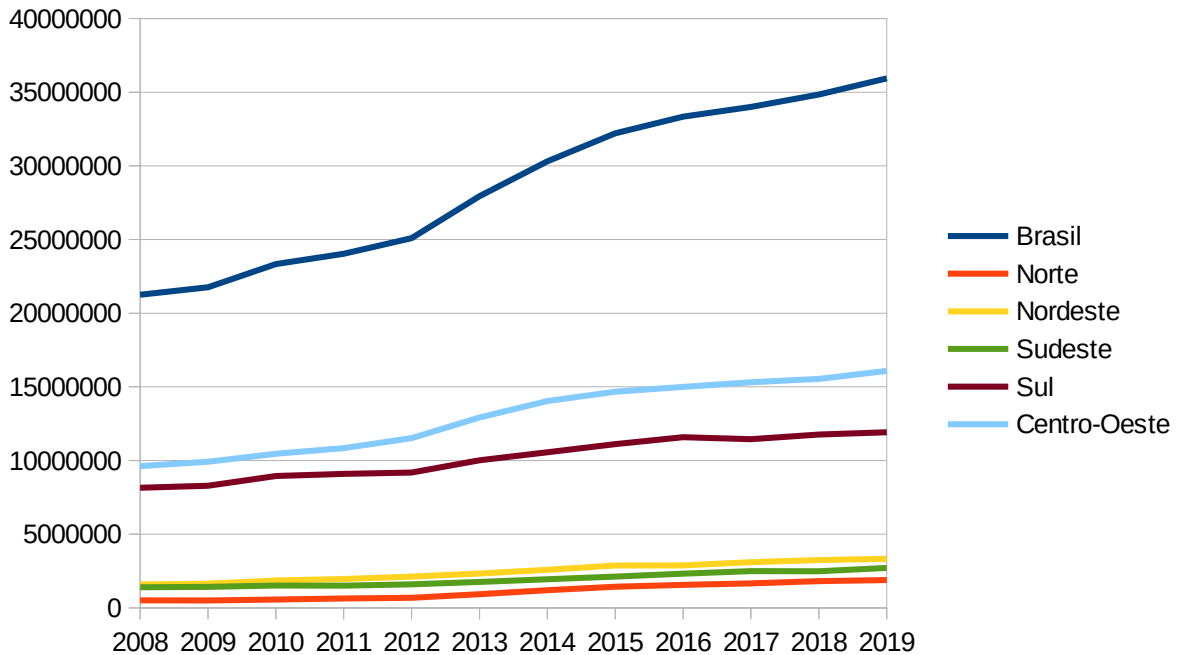
⁷⁴Capacidade produtiva disponível em usinas autorizadas a produzir Biodiesel.

Tabela 17: Balanço de Capacidade Instalada e Consumo Obrigatório por Região (2020)

Região	Capacidade Instalada (Mm ³ /ano)	Consumo Obrigatório (Mm ³ /ano)	Balanço (Mm ³ /ano)
Norte	0,35	0,78	(0,43)
Nordeste	0,70	0,92	(0,22)
Sul	3,90	1,31	2,59
Sudeste	0,87	2,40	(1,53)
Centro-Oeste	3,98	1,04	2,94
Brasil	9,79	6,44	3,35

Fonte: (BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2021; EPE, 2020)

Figura 4: Área plantada de Soja por Região e Somatória Nacional (em ha)



Fonte: (BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2021; EPE, 2020)

Também a crescente demanda por recursos energéticos de fontes renováveis para o PNPB/RENOVABIO é indicativo da viabilidade comercial, já que o programa prevê a implantação do B15 até 2024⁷⁵ (Tabela 18). Essa elevação na mistura exigirá um aumento na produção anual de Biodiesel dos atuais 6,44 Mm³ para 9,6 Mm³ em 2025, quando a atual capacidade de produção instalada estaria em situação de pleno uso.

Para que se cumpra a programação estabelecida pela Resolução CNPE 16 de 2018 e também para acompanhar o crescimento da demanda, a adição obrigatória deve chegar a 11,4 Mm³ anuais em 2030⁷⁶, o que vai exigir expansão da capacidade produtiva de óleo vegetal e também a implantação de usinas para sua conversão para Biodiesel.

⁷⁵A Lei Nº 13.263, de 23 de março de 2016 altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, e dispõe sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional estabelecendo os prazos para a implementação do B8, B9 e B10. A partir deste momento fica o Conselho Nacional de Política Energética - CNPE autorizado a programar o aumento até B15.

⁷⁶Considerando manutenção do ritmo de aumento da atividade econômica sem considerar novos aumentos da mistura de Biodiesel ao Diesel para este período.

Tabela 18: Demanda Estimada de Biodiesel (2021-2030)

	Mistura	(em Mm3)
2021	B13	7,2
2022	B14	8
2023	B15	8,9
2024	B15	9,4
2025	B15	9,6
2026	B15	9,9
2027	B15	10,3
2028	B15	10,7
2029	B15	11
2030	B15	11,4

Fonte: (BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2021; EPE, 2020)

Além dos benefícios ambientais, existe margem para que o biodiesel localmente produzido possa atender, ao menos em parte, à demanda por importação de diesel fóssil para consumo interno, que nos últimos cinco anos representou 18,43% do volume comercializado no Brasil (Tabela 19). Isso geraria impactos econômicos e sociais relevantes, a despeito da desvantagem de preço pago por unidade de combustível.

Tabela 19: Produção e Importação de Diesel e Biodiesel Adicionado

	Produção de diesel	Importação Líquida de diesel	Produção de biodiesel
2008	41,13	4,27	1,17
2009	42,90	1,51	1,61
2010	41,43	7,46	2,39
2011	43,39	8,22	2,67
2012	45,50	7,18	2,72
2013	49,54	9,25	2,92
2014	49,68	10,34	3,42
2015	49,46	6,17	3,94
2016	45,37	7,09	3,80
2017	40,58	12,27	4,29
2018	41,88	10,22	5,35
2019	40,91	12,41	5,92
2020	42,22	11,68	6,43

Fonte: (BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2021; EPE, 2020)

Faz sentido que ao longo das fases iniciais dos programas estatais de inclusão do biodiesel na matriz energética nacional fossem utilizados insumos provenientes das cadeias fornecedoras disponíveis naquele momento. Desde os anos 2000 até os dias atuais, a cadeia da soja mantêm-se como principal fonte de material, com pouco mais de 70% do volume. Isso se deve em grande parte pela expertise nacional na produção da soja e pelo apoio de redes de fomento e de pesquisa científica. Os benefícios da cadeia produtiva do Biodiesel para a cadeia produtiva da soja são inegáveis.

Ocorre, no entanto, que o PNPB previa originalmente a diversificação de matérias-primas com o objetivo de minimizar os efeitos das oscilações de preços e como ferramenta de distribuição de renda, favorecendo a minimização de desigualdades regionais. Os benefícios econômicos e sociais do mercado de energia podem ser utilizados como ferramentas de diminuição das desigualdades regionais.

A elevada demanda internacional da soja⁷⁷ e, em parte, a paridade da moeda nacional frente ao dólar, levaram a oscilações no equilíbrio de mercado da soja e isso acaba influenciando os índices dos preços do Diesel vendido ao consumidor.

Isso levou o Conselho Nacional de Política Energética - CNPE a suspender temporariamente os efeitos da programação em vigor (Tabela 20) e a regredir a proporção da mistura de B13 a B10 para o Leilão L79/2021⁷⁸. Essa proporção foi mantida no Leilão L80/2021⁷⁹, e alterada para B12 no Leilão L81/2021⁸⁰.

Ainda na seara econômica, outro possível inconveniente da dependência do óleo de soja é o efeito sobre a balança de exportações nacionais. Ao longo do período que compreende de 2008 a 2020, a produção deste óleo vegetal aumentou 53,18%, sendo que todo o aumento foi absorvido pela demanda da cadeia de Biocombustíveis, que teve um incremento 431% maior no mesmo período. Neste mesmo período, as exportações deste óleo diminuíram 51% passando de 2,2 Mt para 1,1 Mt (Tabela 20, Figura 5) enquanto que isso impacta diretamente os benefícios do Efeito Multiplicador das Exportações.

⁷⁷ Segundo Nota de Imprensa Conjunta MME/MAPA disponível em <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/79o-leilao-de-biodiesel-l-79>>. Acesso em 23 de julho de 2021.

⁷⁸ Resolução CNPE N° 04/2021.

⁷⁹ Resolução CNPE N° 10/2021.

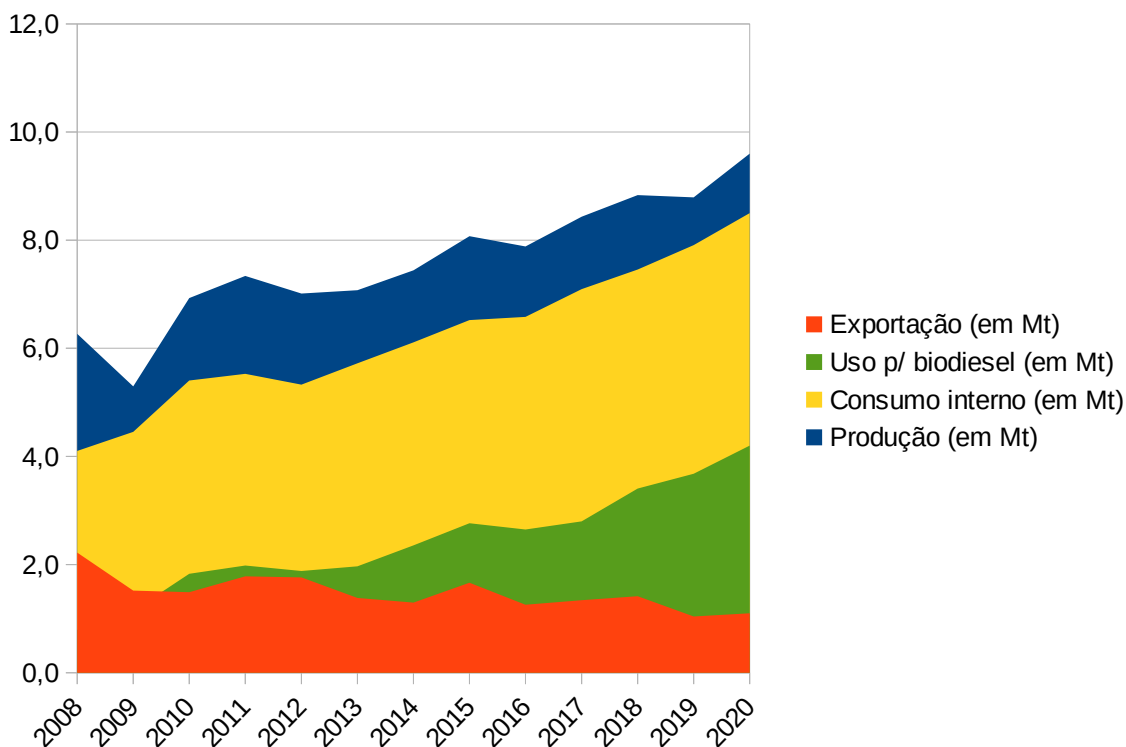
⁸⁰ Resolução CNPE N° 11/2021.

Tabela 20: Mercado de Óleo de Soja - Produção, Exportação, Consumo Interno e Direcionado para Produção de Biodiesel

	Produção (em Mt)	Exportação (em Mt)	Consumo interno (em Mt)	Uso p/ biodiesel (em Mt)
2008	6,3	2,2	4,1	0,8
2009	5,3	1,5	4,5	1,1
2010	6,9	1,5	5,4	1,8
2011	7,3	1,8	5,5	2,0
2012	7,0	1,8	5,3	1,9
2013	7,1	1,4	5,7	2,0
2014	7,4	1,3	6,1	2,4
2015	8,1	1,7	6,5	2,8
2016	7,9	1,3	6,6	2,6
2017	8,4	1,3	7,1	2,8
2018	8,8	1,4	7,5	3,4
2019	8,8	1,0	7,9	3,7
2020	9,6	1,1	8,5	4,2

Fonte: (BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2021; EPE, 2020)

Figura 5: Evolução da Produção, Consumo, Exportação e conversão para Biodiesel de Óleo de Soja



Fonte: (BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2021; EPE, 2020)

Outro aspecto indesejável relacionado à dependência da cadeia da soja é o elevado comprometimento de superfície terrestre agriculturável. No período de 2009 a 2019 a área plantada de soja cresceu 65,10% quando atingiu de 35,93 Mha (Tabela 21). Em 2009, a cultura da soja representava 36,62% da área nacional plantada e em 2019, esta cultura já representava 47,36% de todo o território destinado à agricultura temporária.

Tabela 21: Área Total da Soja em Comparação à Área Total Plantada (Culturas Temporárias)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Área Total (em Mha)	59,43	59,06	61,84	63,01	66,41	70,40	71,03	71,43	73,64	73,26	75,87
Cultura da Soja em (em Mha)	21,76	23,34	24,03	25,09	27,95	30,31	32,21	33,34	34,00	34,84	35,93
Proporção	36,62%	39,52%	38,86%	39,82%	42,09%	43,05%	45,34%	46,67%	46,17%	47,55%	47,36%

Fonte: SIDRA/IBGE

Neste contexto, a utilização de uma cultura com rendimento superior de óleo por hectare não é apenas matematicamente viável, mas pode também levar a vantagens ecológicas e sociais uma vez que vai diminuir a pressão pelo desmatamento de novas áreas ao mesmo tempo em que oferece um insumo vegetal para a cadeia do biodiesel. Também pode diminuir os potenciais atritos entre o uso de terra agriculturável para fins alimentícios.

É possível que a cadeia do Biodiesel seja a principal propulsora da cadeia da Macaúba, mas não a única. O óleo da polpa da coco tem ainda uso na indústria alimentícia, enquanto que o óleo da amêndoa tem aplicações na indústria cosmética. A torta da polpa e da amêndoa podem constituir aditivos para a ração animal, ou como fonte de material lignocelulósico para a produção de etanol de segunda geração. O endocarpo é especialmente rico em lignina e pode ser destinado à produção de carvão ou na geração de energia por meio de sua combustão (COLOMBO et al., 2017; EVARISTO et al., 2016; PLATH et al., 2016).

A expectativa é que as vantagens da macaúba para a cadeia produtiva de diesel vegetal sejam suficientes para o impulso inicial. Os usos alternativos para os óleos diminuem o risco para o empreendedor agrícola e reforçam a viabilidade. Os possíveis direcionamentos para a torta e endocarpo fornecem renda complementar e dão destino para materiais que de outra maneira seriam descartados. Dentro do que se pode prever, o ciclo parece estar completo.

5.3.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA DO MODELO DO PROJETO

5.3.3.1 EXPECTATIVA DE PRODUÇÃO EM ÁREAS DE RESERVA LEGAL

É esperado que a produção tenha início no ano 4⁸¹ e que seja crescente até o ano 10, quando então é provável que se estabilize em torno do que será conhecido como a capacidade plena. Para o espaçamento proposto de 8 m x 4 m, cada hectare será capaz de produzir inicialmente uma média anual de 5,0 toneladas (Tabela 22) podendo chegar a próximo de 19 toneladas anuais por volta do décimo ano. O volume produzido aumenta proporcionalmente no modelo de implementação comercial de 400 plantas.ha⁻¹ iniciando com 6,4 e progredindo até quase 25 toneladas a cada hectare.

Tabela 22: Referência de Expectativa de Produtividade

Fator de Produção	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10 em diante
Quantidade de Cachos/Planta (em un)	2,0	2,5	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5
Quantidade de frutos/cacho (em un)	200	250	280	300	320	350	350
Massa do Fruto (em g)	40	45	48	49	50	50	50
Massa do Cacho (em kg)	8	11,25	13,44	14,7	16	17,5	17,5
Prod. por Planta (em kg)	16,00	28,13	40,32	44,10	56,00	61,25	61,25
Prod. por ha Esp 8 m por 4 m (em ton.ha ⁻¹)	5,01	8,80	12,62	13,80	17,53	19,17	19,17
Prod. por ha Esp 5 m por 5 m (em ton.ha ⁻¹)	6,40	11,25	16,13	17,64	22,40	24,50	24,50

Fonte: Adaptado de Pimentel (2011). Dados do projeto.

⁸¹Nota: Adota-se como período inicial o ano 0, sendo assim, o ano 4 equivale ao quinto ano da implementação da cultura. Logo o ano 9 equivale ao décimo ano do início do projeto.

5.3.3.2 LEVANTAMENTO DE CUSTOS ANUAIS

Para o cálculo dos custos anuais de Operações Mecanizadas (Tabela 23), Operações Manuais (Tabela 24) e Insumos (Tabela 25), são utilizados os coeficientes técnicos relativos a uma implementação no espaçamento 5 m x 5 m, com exceção do quantitativo de Mudas⁸². É provável, portanto, que esses valores possam ser ligeiramente mais vantajosos quando da implementação em áreas de Reserva Legal, já que a concentração de plantas é menor⁸³.

A descrição dos custos, as fontes dos dados e o fator de atualização monetária foram descritos no capítulo 4.

Ao menos com a tecnologia atual, as operações mecanizadas no trato cultural da macaúba estão essencialmente relacionados à infraestrutura de movimentação e escoamento, ou ainda ao transporte de materiais diversos e produtos. Desta forma, os custos tendem a ser maiores na implantação (Ano 0), e no período de colheita (Ano 4 em diante, aumentando progressivamente).

Tabela 23: Custos de Operações Mecanizadas (em R\$)

A- Operações Mecanizadas	Unidades	Ano 0	Anos 1 a 3	Ano 4 a 9	Ano 10 em diante
A1- Tratos Culturais					
Adubação (2x)	h/m Tp75cv+car	93,36	93,36	93,36	93,36
A2- Colheita					
Transporte	h/m Tp75cv+car	0	0	280,08	373,44
A3- Abertura de Estradas					
Estradas	h/m Te110cv	373,46	186,73	186,73	186,73
Subtotal A		466,82	280,09	560,17	653,53

Adaptado de Pimentel (2011). Dados do projeto.

⁸²São 400 mudas no modelo 5 m x 5 m e 313 mudas no modelo 8 m x 4 m.

⁸³Optou-se por uma visão mais rigorosa ao considerar custos provavelmente maiores.

Semelhante ao que acontece nas operações mecanizadas, as tarefas manuais demandam grande aporte de capital no período de implantação, diminuindo consideravelmente no período de desenvolvimento e retomando apenas no período de colheita, quando atinge o seu pico por volta do ano 10.

Tabela 24: Custos de Operações Manuais (em R\$)

B- Operações Manuais	Unidades	Ano 0	Anos 1 a 3	Ano 4 a 9	Ano 10 em diante
B1- Preparo do Solo					
Aplicação de herbicida na linha	d/H	133,40	0	0	0
Marcação de linhas/covas	d/H	177,86	0	0	0
Coroamento	d/H	133,40	0	0	0
Distribuição de Mudanças	d/H	177,86	0	0	0
Coveamento+adubação	d/H	355,72	0	0	0
Plantio	d/H	266,79	0	0	0
B2-Tratos Culturais					
Coroamento com Herbicidas (2x)	d/H	177,86	177,86	177,86	177,86
Poda de Folhas	d/H	0	0	88,93	88,93
Adubação (2x)	d/H	177,86	177,86	266,79	355,72
B3- Colheita					
Colheita	R\$/t	0,00	0,00	728,34	1093,84
Subtotal B		1.600,74	355,72	1.261,92	1.716,35

Adaptado de Pimentel (2011). Dados do projeto.

Já no caso do custo dos insumos, o maior desequilíbrio é no período de implantação, e isso está diretamente relacionado às despesas com a aquisição das mudas. O fato de que os frutos da macaúba tem baixo índice e elevado tempo de germinação contribui para esse custo.

Além do período de implantação gastos com insumos voltam a aumentar com o início da produção, quando as práticas de nutrição vegetal devem ser intensificadas.

Tabela 25: Custos de Insumos (em R\$)

C- Insumos	Unidades	Ano 0	Anos 1 a 3	Ano 4 a 9	Ano 10 em diante
C1- Fertilizantes					
Calcário	R\$/t	16,73	16,73	13,39	20,08
P: (fosfato solúvel)	R\$/t	301,57	180,94	603,13	904,70
N: (uréia)	R\$/t	157,72	131,43	446,87	683,45
K: (Kcl)	R\$/t	97,50	117,00	585,00	877,50
Micronutrientes FTE	R\$/Kg	20,00	20,00	40,00	60,00
C2- Fitossanitários					
Fungicida (1L/ha de triazol)	R\$/Litro	0,00	0,00	65,33	65,33
Inseticida (4 g/ha de fipronil)	R\$/Litro	0,00	0,00	460,50	460,50
Formicida (sulfluramida 03% 10g/m2 de terra solta)	R\$/Kg	60,00	30,00	0,00	0,00
C3- Herbicidas					
Pós emergente (3 L/ha de glifosato e 0,8 L/ha de 2,4D)	R\$/Litro	38,00	38,00	38,00	38,00
C4- Mudas					
Mudas (1 ano)	8 m x 4 m – 313 plantas	2.527,20			
	5 m x 5 m – 400 plantas	3.240,00			
Subtotal C1	8 m x 4 m – 313 plantas	3.218,72	534,11	2.252,23	3.109,56
Subtotal C2	5 m x 5 m – 400 plantas	3.931,52	534,11	2.252,23	3.109,56

Adaptado de Pimentel (2011). Dados do projeto.

Os custos Administrativos não se comportam diferentemente dos demais, mas é mais impactante como início da colheita e venda dos frutos. No geral está relacionado ao expediente burocrático e de recolhimentos de impostos como os de venda.

Tabela 26: Custos Administrativos (em R\$)

D- Adm./Comercialização	Ano 0	Anos 1 a 3	Ano 4 a 9	Ano 10 em diante
Projeto	105,73	0	0	0
Custos Administrativos	234,70	234,70	234,70	234,70
Impostos	0	0	84,55	323,65
Subtotal D	340,43	234,70	319,25	558,35

Adaptado de Pimentel (2011). Dados do projeto.

Por fim, uma síntese do comportamento dos custos ao longo do projeto dão conta que os custos intensos que são gerados no período de implantação só se repetem dez anos depois com o aumento da produção. A atenção do empreendedor deve, portanto, se voltar para os custos deste período inicial e até o início da colheita, já que o projeto demanda investimentos que demorarão a retornar.

Tabela 27: Custos Totais por Período - Modelo para Área de Reserva Legal - 8 m x 4 m - 313 plantas (em R\$)

	Ano 0	Anos 1 a 3	Ano 4 a 9	Ano 10 em diante
A- Operações Mecanizadas	466,82	280,09	560,17	653,53
B- Operações Manuais	1.600,74	355,72	1.261,92	1.716,35
C1- Insumos 8x4 – 313 plantas	3.218,72	534,11	2.252,23	3.109,56
D- Adm./Comercialização	340,43	234,70	319,25	558,35
Custo Total Anual por Ha (A+B+C1+D)	5.626,70	1.404,62	4.393,56	6.037,79

Adaptado de Pimentel (2011). Valores brutos, sem correção por índice inflacionário. Dados do projeto.

Tabela 28: Custos Totais por Período - Modelo para Plantio Comercial - 5 m x 5 m - 400 plantas (em R\$)

	Ano 0	Anos 1 a 3	Ano 4 a 9	Ano 10 em diante
A- Operações Mecanizadas	466,82	280,09	560,17	653,53
B- Operações Manuais	1.600,74	355,72	1.261,92	1.716,35
C2- Insumos 5x5 – 400 plantas	3931,52	534,11	2.252,23	3.109,56
D- Adm./Comercialização	340,43	234,70	319,25	558,35
Custo Total Anual por Ha (A+B+C1+D)	6.339,50	1.404,62	4.393,56	6.037,79

Adaptado de Pimentel (2011). Valores brutos, sem correção por índice inflacionário. Dados do projeto.

Após descrever a expectativa de produção (seção 5.3.3.1), os custos (seção 5.3.3.2) e os fatores de atualização monetária (seção 4.2), é possível construir um fluxo de caixa para cada modelo seja ele Otimista, Realista ou Pessimista, além de simular a implementação em ARL (8 m x 4 m, com 313 plantas.ha⁻¹) ou Comercial (5 m x 5 m, com 400 plantas.ha⁻¹), o que será apresentado a seguir.

5.3.4 DETALHAMENTO DOS FLUXOS DE CAIXA - REALISTA

5.3.4.1 FLUXO DE CAIXA DO MODELO Realista COM IMPLANTAÇÃO EM ARL (8 M POR 4 M)

Tabela 29: Fluxo de Caixa do Modelo Realista com Implantação em ARL (8 m por 4 m)

Ano	Custo Total (R\$)	Produção (t.ha-1)	Receita (R\$)	Lucro/Prejuízo (R\$)	Saldo Líquido (R\$)	
Implantação	0	5.627	0	0	(5.627)	(5.627)
Formação	1	1.517	0	0	(1.517)	(7.143)
	2	1.637	0	0	(1.637)	(8.781)
	3	1.768	0	0	(1.768)	(10.548)
Prod. Crescente	4	5.970	5,01	5.508	(462)	(11.010)
	5	6.540	8,80	10.713	4.173	(6.838)
	6	7.163	12,62	16.992	9.829	2.991
	7	7.768	13,80	20.562	12.794	15.785
	8	8.503	17,53	28.889	20.386	36.171
	9	9.235	19,17	34.959	25.723	61.894
Prod. Estável	10	12.996	19,17	38.678	25.683	87.577
	11	14.031	19,17	42.794	28.763	116.340
	12	15.149	19,17	47.347	32.198	148.538
	13	16.356	19,17	52.385	36.029	184.566
	14	17.659	19,17	57.958	40.299	224.866
	15	19.066	19,17	64.125	45.059	269.925

Nota: Os custos e as receitas estão atualizados como descrito no item 4.2. Dados do projeto.

Tabela 30: VPL e TIR do Modelo Realista com Implantação em ARL (8 m por 4 m) para cada TMA

TMA	VPL – 15 períodos (R\$)	TIR – 15 períodos
3,00%	161.019	41,21%
4,50%	136.766	
6,00%	116.417	
7,50%	99.285	
9,00%	84.811	
10,50%	72.543	
12,00%	62.111	

Dados do projeto.

Tabela 31: Payback do Modelo Realista com Implantação em ARL (8 m por 4 m) para cada TMA (em R\$)

	TMA						
	3,00%	4,50%	6,00%	7,50%	9,00%	10,50%	12,00%
0	(5.627)	(5.627)	(5.627)	(5.627)	(5.627)	(5.627)	(5.627)
1	(7.099)	(7.078)	(7.057)	(7.037)	(7.018)	(6.999)	(6.981)
2	(8.642)	(8.577)	(8.515)	(8.454)	(8.396)	(8.340)	(8.286)
3	(10.260)	(10.126)	(9.999)	(9.877)	(9.761)	(9.650)	(9.544)
4	(10.671)	(10.514)	(10.365)	(10.223)	(10.088)	(9.960)	(9.838)
Período 5	(7.071)	(7.165)	(7.247)	(7.317)	(7.376)	(7.427)	(7.470)
6	1.160	382	(318)	(948)	(1.516)	(2.028)	(2.491)
7	11.563	9.784	8.191	6.764	5.483	4.332	3.297
8	27.656	24.119	20.981	18.194	15.714	13.503	11.530
9	47.371	41.428	36.207	31.611	27.558	23.976	20.806
10	66.481	57.966	50.548	44.072	38.406	33.439	29.075

Dados do projeto.

5.3.4.2 FLUXO DE CAIXA DO MODELO REALISTA EM IMPLANTAÇÃO COMERCIAL (5 M POR 5 M)

Tabela 32: Fluxo de Caixa do Modelo Realista em Implantação Comercial (5 m por 5 m)

Ano	Custo Total (R\$)	Produção (t.ha-1)	Receita (R\$)	Lucro/Prejuízo (R\$)	Saldo Líquido (R\$)
Implantação	0	6.340	0	0	(6.340)
Formação	1	1.517	0	0	(7.856)
	2	1.637	0	0	(9.493)
	3	1.768	0	0	(11.261)
Prod. Crescente	4	5.970	6	7.039	1.069
	5	6.540	11	13.690	7.150
	6	7.163	16	21.714	14.552
	7	7.768	18	26.277	18.509
	8	8.503	22	36.918	28.416
	9	9.235	25	44.676	35.440
Prod. Estável	10	12.996	25	49.429	36.434
	11	14.031	25	54.688	40.657
	12	15.149	25	60.507	45.358
	13	16.356	25	66.945	50.589
	14	17.659	25	74.068	56.409
	15	19.066	25	81.949	62.883

Nota: Os custos e as receitas estão atualizados como descrito no item 4.2. Dados do projeto.

Tabela 33: VPL e TIR do Modelo Realista em Implantação Comercial (5 m por 5 m) para cada TMA

TMA	VPL – 15 períodos (R\$)	TIR – 15 períodos
3,00%	233.012	47,19%
4,50%	198.665	
6,00%	169.824	
7,50%	145.519	
9,00%	124.965	
10,50%	107.525	
12,00%	92.679	

Dados do projeto.

Tabela 34: Payback Modelo Realista em Implantação Comercial (5 m por 5 m) para cada TMA (em R\$)

		TMA						
		3,00%	4,50%	6,00%	7,50%	9,00%	10,50%	12,00%
Período	0	(6.340)	(6.340)	(6.340)	(6.340)	(6.340)	(6.340)	(6.340)
	1	(7.812)	(7.791)	(7.770)	(7.750)	(7.731)	(7.712)	(7.694)
	2	(9.355)	(9.290)	(9.227)	(9.167)	(9.109)	(9.053)	(8.999)
	3	(10.973)	(10.839)	(10.712)	(10.590)	(10.474)	(10.363)	(10.257)
	4	(10.023)	(9.943)	(9.865)	(9.790)	(9.717)	(9.646)	(9.578)
	5	(3.855)	(4.205)	(4.522)	(4.809)	(5.069)	(5.306)	(5.520)
	6	8.332	6.969	5.737	4.620	3.607	2.688	1.852
	7	23.381	20.570	18.046	15.777	13.733	11.889	10.225
	8	45.813	40.552	35.875	31.709	27.993	24.673	21.701
	9	72.975	64.400	56.852	50.194	44.311	39.102	34.481
	10	100.085	87.860	77.196	67.872	59.701	52.526	46.212

Dados do projeto.

5.4 SÍNTESE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Valor Presente Líquido é calculado em comparação a uma Taxa Mínima de Atratividade, e para que o projeto seja considerado viável, este valor deve ser maior do que zero.

Esta análise compara diferentes modelos de atualização de custos, e de preços de venda dos frutos, representados pelos Modelos Otimista, Realista e Pessimista, e utiliza a

expectativa da Taxa SELIC para dezembro de 2021⁸⁴ como TMA Central, com duas faixas adicionais acima e duas abaixo.

O resultado identificado é que, independente da Implantação ser em ARL, ou Comercial, e independente do modelo de atualização de custos e preços, o projeto pode ser considerado viável por ampla margem quando comparado a qualquer TMA (Tabela 35) simulada neste momento.

Tabela 35: VPL por Modelo a cada TMA (em R\$.ha⁻¹)

		3,00%	4,50%	6,00%	7,50%	9,00%	10,50%	12,00%
Implantação em ARL (8 m x 4 m)	Modelo Otimista	231.095	196.504	167.528	143.170	122.622	105.231	90.463
	Modelo Realista	161.019	136.766	116.417	99.285	84.811	72.543	62.111
	Modelo Pessimista	99.228	84.021	71.230	60.434	51.292	43.525	36.907
Implantação Comercial (5 m x 5 m)	Modelo Otimista	319.126	272.057	232.600	199.405	171.380	147.639	127.461
	Modelo Realista	233.012	198.665	169.824	145.519	124.965	107.525	92.679
	Modelo Pessimista	158.018	134.660	114.999	98.390	84.312	72.340	62.124

Planilhas dos Modelos Otimista e Pessimista estão no APÊNDICE A. Dados do projeto.

De fato, a Taxa Interna de Retorno calculada para cada tipo de implantação e para cada modelo de correção, indica que o retorno financeiro nestas condições é de 34,14% a.a. na pior das hipóteses (Tabela 36) que é seguramente maior que investimentos de baixo risco, e parece condizente com empreendimentos agrícolas florestais.

⁸⁴Ver Tabela 16, na página 57.

Tabela 36: Taxa Interna de Retorno (TIR) para cada Implantação e cada Modelo (em % a.a.)

Implantação em ARL (8 m x 4 m)	Modelo Otimista	47,05%
	Modelo Realista	41,21%
	Modelo Pessimista	34,14%
Implantação Comercial (5 m x 5 m)	Modelo Otimista	52,46%
	Modelo Realista	47,19%
	Modelo Pessimista	41,13%

Planilhas dos Modelos Otimista e Pessimista estão no APÊNDICE A. Dados do projeto.

Uma constatação importante é do capital necessário para manutenção do investimento antes do início do retorno do investimento. Esse montante é calculado a cada hectare de implantação, e na pior das hipóteses chega a quase R\$12.000,00 por unidade de área (Tabela 37). Essa máxima exigência de capital se dá no ano 3⁸⁵, antes do início da produção de frutos e esse prazo deve ser levado em consideração no caso de contratação de financiamentos, sobretudo no que diz respeito ao prazo de carência.

Tabela 37: Maior Saldo Negativo (em R\$.ha-1)

Implantação em ARL (8 m x 4 m)	Modelo Otimista	(10.401)
	Modelo Realista	(11.010)
	Modelo Pessimista	(11.933)
Implantação Comercial (5 m x 5 m)	Modelo Otimista	(11.114)
	Modelo Realista	(11.261)
	Modelo Pessimista	(11.229)

Planilhas dos Modelos Otimista e Pessimista estão no APÊNDICE A. Dados do projeto.

Foi identificado que nos dois modelos de implantação, os custos mais relevantes e que merecem maior atenção são os custos de Insumos (Tabela 38 e Tabela 39), seguidos pelos

⁸⁵Nota: ao se considerar o ano de implantação como ano 0, tem-se que o ano 3 equivale ao quarto ano do projeto.

custos de Operações Manuais, o que difere em parte dos resultados de Pimentel (2011) que identificou os custos de Mão de Obra como de maior relevância⁸⁶.

Tabela 38: Análise Vertical dos Custos por Categorias para Implantação em ARL - 8 m por 4 m (em %)

	Ano 0		Anos 1 a 3		Anos 4 a 9		Ano 10 em diante	
	Custo (R\$.ha ⁻¹)	AV(%)	Custo (R\$.ha ⁻¹)	AV(%)	Custo (R\$.ha ⁻¹)	AV(%)	Custo (R\$.ha ⁻¹)	AV(%)
A- Operações Mecanizadas	466,82	8,30%	280,09	19,94%	560,17	12,75%	653,53	10,82%
B- Operações Manuais	1.600,74	28,45%	355,72	25,33%	1.261,92	28,72%	1.716,35	28,43%
C1- Insumos 8x4 – 313 plantas	3.218,72	57,20%	534,11	38,03%	2.252,23	51,26%	3.109,56	51,50%
D-Adm/Comerc.	340,43	6,05%	234,70	16,71%	319,25	7,27%	558,35	9,25%
Custo Total Anual por Ha (A+B+C1+D)	5.626,70	100,00%	1.404,62	100,00%	4.393,56	100,00%	6.037,79	100,00%

Tabela 39: Análise Vertical dos Custos por Categorias para Implantação Comercial - 5 m por 5 m (em %)

	Ano 0		Anos 1 a 3		Anos 4 a 9		Ano 10 em diante	
	Custo (R\$.ha ⁻¹)	AV(%)	Custo (R\$.ha ⁻¹)	AV(%)	Custo (R\$.ha ⁻¹)	AV(%)	Custo (R\$.ha ⁻¹)	AV(%)
A- Operações Mecanizadas	466,82	7,36%	280,09	19,94%	560,17	12,75%	653,53	10,82%
B- Operações Manuais	1.600,74	25,25%	355,72	25,33%	1.261,92	28,72%	1.716,35	28,43%
C2- Insumos 5x5 – 400 plantas	3.931,52	62,02%	534,11	38,03%	2.252,23	51,26%	3.109,56	51,50%
D-Adm./Comercialização	340,43	5,37%	234,70	16,71%	319,25	7,27%	558,35	9,25%
Custo Total Anual por Ha (A+B+C2+D)	6.339,50	100,00%	1.404,62	100,00%	4.393,56	100,00%	6.037,79	100,00%

⁸⁶Nota: é possível investigar em trabalho futuro se essa discrepância com o trabalho de Pimentel (2011) está de alguma forma relacionada a eventos decorrentes da Pandemia de SARS-COV-2, ou da influência das flutuações cambiais recentes nos custos agrícolas.

Por fim, outro dado muito relevante para a tomada de decisão do empreendedor rural é o Prazo de Retorno do Investimento, que aqui é calculado em função de diferentes TMA's para se considerar o custo do capital no tempo em diferentes patamares.

Em comparação às TMA's de 3,00% a 9,00% o retorno se dá entre nos anos 6 e 7⁸⁷ refletindo o tempo de desenvolvimento típico de uma cultura florestal. Importante notar que caso o investimento alternativo alcance taxas de 10,50% ou 12%, o tempo de retorno, considerando o valor do dinheiro em função do tempo, passa a ser maior em alguns cenários.

Tabela 40: Payback por TMA (em anos)

		3,00%	4,50%	6,00%	7,50%	9,00%	10,50%	12,00%
Implantação em ARL (8 m x 4 m)	Modelo Otimista	6	6	6	6	6	6	6
	Modelo Realista	6	6	7	7	7	7	7
	Modelo Pessimista	7	7	7	7	7	8	8
Implantação Comercial (5 m x 5 m)	Modelo Otimista	6	6	6	6	6	6	6
	Modelo Realista	6	6	6	6	6	6	6
	Modelo Pessimista	6	6	6	6	7	7	7

Planilhas dos Modelos Otimista e Pessimista estão no APÊNDICE A. Dados do projeto.

O estudo dos dados levantados sugere a viabilidade do empreendimento caso mantidas as condições descritas e isso fica demonstrado de forma inequívoca por todas as ferramentas utilizadas. Os principais alertas que devem ser considerados são a necessidade de investimento com recursos próprios nos primeiros anos do empreendimento e o prazo de retorno do capital investido. Ainda que esses pontos sejam típicos de projetos florestais, podem ser constituir empecilhos para produtores modestos.

⁸⁷Respectivamente sétimo e oitavo ano do projeto.

CONCLUSÃO

A valorização de uma cultura sustentável da macaúba justifica-se de formas diversas e complementares, fazendo surgir modelos de negócio que podem levar renda adicional ao campo e promover encadeamentos produtivos com efeitos econômicos e sociais diversos e alinhados à crescente demanda por recursos energéticos renováveis, incluindo os biocombustíveis.

Outro ponto fundamental é a recuperação de paisagens utilizadas e degradadas ao longo de décadas de exploração rudimentar, com ampliação da disponibilidade do coco macaúba, fonte de óleo vegetal. Esse aspecto tratado neste estudo aponta a utilização de uma espécie nativa da flora brasileira como solução e modelo que, além de promover a restauração ambiental, é capaz de gerar renda com impactos positivos e mensuráveis, dentre eles o aumento efetivo da recomposição de espécies nativas em área de reserva legal e em recuperação de áreas degradadas.

Mais que os benefícios ecológicos, a mobilização de uma cadeia produtiva em torno de uma cultura sustentável, tem a ampliação da produção do coco macaúba como um insumo estratégico, capaz de constituir no Vale do Jequitinhonha uma base sustentável de exportação. Esse diferencial produtivo concorda com políticas públicas de desenvolvimento regional, como a política de preço mínimo aplicada pelo CONAB.

Isso viabiliza a maior disponibilidade de insumos que podem ser aproveitados por diferentes setores. Promove a fixação de cooperativas e empreendimentos relacionados à transformação do coco macaúba para a produção de diferentes tipos de óleo e outros produtos que, seja in natura, ou transformados, apresentam grande valor agregado e alta necessidade de disponibilidade, como é o caso do setor de energia, biodiesel.

Os frutos seriam produzidos localmente e inicialmente exportados para beneficiamento em outras regiões, sendo a fonte de capital novo. Pequenos empreendedores, que não podem abrir mão das suas atividades geradoras de renda poderiam encontrar um novo modelo econômico que se beneficia da manutenção da floresta saudável.

Simultaneamente, atende às obrigações legais, sendo possível três modelos como apresentado neste trabalho: (i) aplicação direta em áreas de reserva legal; (ii) aplicação direta na recuperação de áreas degradadas; e (iii) aplicação tanto em áreas de reserva legal quanto em recuperação de áreas degradadas.

A implantação da cultura da macaúba justifica-se de formas diversas e complementares, fazendo surgir potenciais modelos de negócio que podem levar renda adicional ao campo e promover encadeamentos produtivos com efeitos econômicos e sociais diversos.

A recuperação de paisagens utilizadas e degradadas ao longo de décadas de exploração rudimentar já seria justificativa suficiente para a aplicação de um modelo que, além da restauração ambiental, pode gerar renda com impactos mínimos, ou mesmo nulos.

Mais que os benefícios ecológicos, a mobilização de uma cadeia produtiva em torno de uma cultura sustentável e que constitui base de exportação, habilita esta ferramenta como possível política pública de desenvolvimento regional.

Nada impede a estes empreendedores fazer a experiência na implantação em reservas legais enquanto a cadeia logística se fortalece. Pode-se, num segundo momento, levar o modelo de implantação espaçado para a formação de consórcios com capim para a formação de pasto, como já é possível de se ver em fase operacional. Novos modelos de consórcio estão sendo estudados.

Após a experiência com a cultura sustentável em ARL, é ainda facultativo ao empreendedor permanecer com diferentes fontes de renda ou converter o restante da propriedade com a implantação do cultivo com espaçamento comercial onde o rendimento de frutos por hectare é maior.

Parece razoável que, em um primeiro momento, a produção de frutos in natura seja o modelo preponderante, mas a medida que um maior volume de produção seja alcançado é possível que se concretize a viabilidade para beneficiamento dos frutos para extração dos óleos de polpa e de castanha. Esse processamento resulta em aumento do valor agregado, além da obtenção de insumos para ração animal, energia, e outros usos.

Um outro aspecto muito importante é que, ao se estabelecer como opção de alto rendimento de óleo por hectare, a macaúba passa a ter benefícios adicionais sobre outras fontes para a cadeia produtiva de biocombustíveis, já que tem potencial para substituir, ao menos em parte, e com vantagens econômicas e ecológicas, a cadeia da soja.

A área que deixaria de ser utilizada poderia ser direcionada para a produção de alimentos. Seja como for, a implantação da cadeia da macaúba diminui a pressão pelo desmatamento para expansão das plantações de soja.

A busca por alternativas para a cadeia de suprimentos para o setor de biocombustíveis não é ocasional, mas fruto de uma tendência progressiva e acelerada de busca por fontes renováveis de energia, cuja demanda é crescente a nível mundial.

Essa busca por fontes sustentáveis de energia que possam ser utilizadas pelo mercado sem grandes alterações tecnológicas apresenta vantagens em relação às outras formas de energia renováveis. Não é possível prever em que momento a eletricidade será a tecnologia dominante para fins de transporte, nem se isso ocorrerá de fato. Pode-se apenas supor que este momento não parece próximo por conta de limitações tecnológicas.

Ainda que fosse tecnologicamente viável em um horizonte de prazo curto, não está claro se a capacidade atual de geração de eletricidade seria suficiente aos usos atuais e ao transporte de pessoas e mercadorias simultaneamente.

Não deixa de ser uma oportunidade a possibilidade de que esta cultura possa se beneficiar do mercado de Créditos de Descarbonização, também chamada popularmente de Créditos de Carbono. No Brasil, este instrumento é regulado no âmbito do RenovaBio e de portarias do MME.

Apesar de que um pressuposto deste estudo é a da utilização de recursos próprios para a implementação da cultura da macaúba, não se pode deixar de citar a existência de linhas de crédito como o FINEM (Financiamento a Empreendimentos), o PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar), e o Programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono) que dispõe de linhas para o financiamento florestal e são ofertados pelo governo federal. Além destes programas, existem os Fundos Constitucionais Regionais.

Como é típico de empreendimentos inovadores, as incertezas são bastante relevantes e tendem a afastar parte dos agricultores. O que se propõe aqui é um modelo de implantação que demanda espaço nas propriedades rurais e cujo retorno é de longo prazo. É possível que a implantação inicial em ARL ou em consórcio com outras culturas possa reduzir consideravelmente a resistência dos proprietários de terra, mas esta não deixa de ser uma preocupação.

A domesticação e a seleção de cultivares além da falta de resultados de plantios experimentais aumentam a incerteza. Estes trabalhos estão em andamento tanto no ambiente acadêmico quanto no privado, inclusive com a chegada de organizações e empreendimentos

internacionais. Há trabalhos significativos em andamento na UFV, UFVJM/UFU, UFMG, além de iniciativas privadas como a INOCAS, ACROTECH, SOLEÁ, entre outros.

Trata-se também de um importante desafio as dificuldades com o fluxo de caixa nos primeiros anos, onde o saldo negativo por hectare não chega a ser um problema para grandes propriedades, mas pode se constituir uma barreira considerável para a propriedades de agricultura familiar.

Por fim, um importante desafio é o aprimoramento de mecanismos para evitar que um modelo de negócios que se propõe a ser sustentável, nas suas dimensões econômica, ambiental e social, acabe por levar à supressão de composições vegetais nativas.

Quanto aos limitantes do estudo, primeiramente deve-se apontar que este trabalho foi desenvolvido fundamentalmente com dados secundários. Trata-se de uma particularidade já que não é viável implantar um plantio experimental dentro do prazo de desenvolvimento desta pesquisa de doutoramento. Por outro lado, esta implementação seria uma relevante adição ao Programa de Pós-graduação em Biocombustíveis da UFVJM/UFU e poderá vir a ser objeto de seguidos estudos.

Outro aspecto restritivo é a quantidade relativamente pequena de pesquisas recentes sobre implantação da macaúba e em especial quando se trata da integração desta com outras culturas produtivas ou com florestas.

Trata-se portanto de um campo de discussão com a possibilidade de importantes desenvolvimentos que pode transcender cadeia de biocombustíveis e chegar a indústrias diversas como a alimentícia, cosmética, e farmacêutica, entre outras. Os impactos desse debate surgem com apelo econômico mas alcançam facilmente as dimensões ambientais e sociais.

Não se pode deixar de citar as restrições impostas pela larga extensão do horizonte temporal que são típicas de projetos florestais. É certo que quanto mais longínqua é a projeção, maiores são as dúvidas sobre a acuidade dos modelos. Por isso, deve-se compreender que a incerteza é parte inerente às projeções de longo prazo e que os resultados destes instrumentos devem ser compreendidos de maneira relativa e não absoluta.

É importante notar que algumas possíveis soluções para os desafios de sua cadeia produtiva podem ser encontradas em culturas similares. Por isso é altamente desejável que um futuro trabalho lance um olhar traçando paralelos entre o sistema macaúba e cadeia produtiva do óleo de Palma. Esta já está estabelecida e é amplamente difundida sobretudo nos países

asiáticos. Pode ser portanto fonte de ideias e olhares que apontem soluções para os obstáculos atuais ou futuros.

Trabalhos futuros podem também se debruçar em estudos de viabilidade para beneficiamento do óleo de macaúba: é viável beneficiar o óleo nas propriedades? A partir de que volume de produção o beneficiamento é viável? A aquisição de equipamentos é mais viável por arrendamento, ou aquisição particular ou por meio de cooperativas? Perguntas semelhantes se lançariam sobre a logística de distribuição.

Um importante tema sobre a integração logística é comparar a estrutura de custos da cadeia da macaúba à de outras fontes de óleo vegetal e verificar matematicamente a viabilidade desse sistema de transporte. Talvez a distribuição dos frutos seja inviável em distâncias maiores, mas é possível que a adição de valor por processamento ou transformação possa resolver esse problema. Em quais condições isso pode acontecer e como enfrentar esse problema?

Também podem abrigar importantes pontos de partida para projetos futuros a compreensão da volatilidade do mercado de óleo de palma e verificar além da sua possível correlação com as variações de cotação de outros óleos vegetais como o de macaúba e de soja. Será que a oferta do óleo da macaúba é capaz de reduzir ao menos em parte as oscilações dos preços internacionais de outras oleaginosas?

Nessa mesma linha, pode-se buscar incluir cenários de flutuações cambiais na análise de sensibilidade. Alguns produtos têm seus insumos sensíveis a essas oscilações mas o mesmo pode não ocorrer seu preço de venda. Isso pode levar a desequilíbrios econômico-financeiros indesejáveis.

Após um necessário período de experiência, será importante se debruçar novamente sobre esta pesquisa para levar em consideração a influência do mercado de Créditos de Descarbonização – CBIO sobre a cadeia produtiva do Biodiesel.

Ocorre que esta é uma plataforma em implantação que em um primeiro momento, beneficia os vendedores de biocombustíveis. Os meios de partilha deste benefício aos agricultores ainda estão sendo discutidos, mas como a rastreabilidade e documentação da cultura implicam no rendimento em quantidade de CBIOs emitidos, espera-se que este instrumento alcance em breve os agricultores, sobretudo os que utilizam práticas sustentáveis.

Vale a pena refletir no futuro a possibilidade da articulação de parcerias do Programa de Pós-graduação em Biocombustíveis para viabilizar a instalação de plantio em

áreas disponíveis nas Fazendas Experimentais da UFVJM. Neste caso, poderia ser dada prioridade à implantação de unidades com espaçamento 8 m x 4 m em consórcio com vegetação nativa. Outro experimento fundamental é o consórcio com animais diversos. Na eventualidade dessa implantação, podem ser gerados dados para a validação definitiva para o modelo de recuperação de Áreas de Reserva Legal e também para arranjos produtivos consorciados.

Por fim, é fundamental a geração de produtos que possam beneficiar diretamente o empreendedor rural. São projetos futuros as parcerias com o CITEC/UFVJM para a criação de materiais informativos, apostilas e planilhas de cálculos, e com o Departamento de Computação/FACET/UFVJM para desenvolvimento de estratégias de divulgação em redes sociais e criação de aplicativo para smartphones.

A cultura da macaúba tem potencial para redesenhar a cadeia produtiva de óleos vegetais com relevantes impactos na geração de renda no ambiente rural. Apoia-se na crescente demanda por recursos energéticos e é sustentável em termos econômicos, ambientais e sociais. Cabe aos sistemas de pesquisa aprimorar o conhecimento existente e fomentar a evolução para novas e melhores formas de se alcançar o bem comum.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, H. V. et al. **Scientific challenges of bioethanol production in Brazil**. Applied Microbiology and Biotechnology, v. 91, n. 5, p. 1267–1275, 2011.
- ANP. Anuário Estatístico 2018. **Anuário estatístico ANP**, p. 264, 2018.
- ANP, A. N. DO P. G. N. E B. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**: 2014. Anp/Mme, 2021.
- BARBIERI, J. C. **Inovação E Sustentabilidade. Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas**, v. 3, n. 1, p. 43, 2018.
- BNDES. **Apoio à agroindústria**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/programa-abc>>.
- BRASIL, G. F. **Programa Nacional De Produção E Uso De Biodiesel (Pnpb)**. 2004.
- BUARQUE, S. C. **Metodologia e técnicas de construção de cenários globais e regionais**. Texto para discussão Nº 939, p. 75, 2003.
- CARDOSO, A. et al. **Opportunities and challenges for sustainable production of *A. aculeata* through agroforestry systems**. Industrial Crops and Products, v. 107, n. April, p. 573–580, 2017.
- CARDOSO, R.; SANTOS, D. O. S. **Produção de etanol anidro**: p. 50, 2010.
- CASTANHEIRA, É. et al. **Environmental sustainability of biodiesel in Brazil**. Energy Policy, v. 65, p. 680–691, 2014.
- CÉSAR, A. D. S. et al. **The prospects of using *Acrocomia aculeata* (macaúba) a non-edible biodiesel feedstock in Brazil**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 49, p. 1213–1220, 2015.
- COLOMBO, C. A. et al. **Macauba: a promising tropical palm for the production of vegetable oil**. Ocl, v. 25, n. 1, 2017.
- CONAB. **Política de Garantia de Preços Mínimos**. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/precos-minimos>>. Acesso em: 11 dez. 2019.

- DE SOUZA, V. H. A. et al. **Análise do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB): Resultados e Críticas**. Revista de Administração Geral, v. 1, n. 1, p. 23–41, 2015.
- ELKINGTON, J. **Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business**. Environmental Quality Management, v. 8, n. 1, p. 37–51, 1998.
- ELKINGTON, J. **Enter the triple bottom line. In: The triple bottom line. The Triple Bottom Line - Does It All Add Up?**, v. 1, n. 1986, p. 23–38, 2004.
- ESCOBAR, J. C. et al. **Biofuels: Environment, technology and food security**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 13, n. 6–7, p. 1275–1287, 2009.
- EVARISTO, A. B. et al. **Actual and putative potentials of macauba palm as feedstock for solid biofuel production from residues**. Biomass and Bioenergy, v. 85, p. 18–24, 2016.
- FARIA, A. F. de; SILVA, T. P. da; RODRIGUES, M. F. **Método para Análise e Avaliação de Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Comercial e do Impacto Ambiental e Social (EVTECIAS)**. XXIV Seminário Nacional de Parques Tecnológicos e Incubadoras de Empresas. In: XXII Workshop Anprotec. Belém, PA. 2014
- FEROLDI, M.; CREMONEZ, P. A.; ESTEVAM, A. **Dendê: Do Cultivo Da Palma À Produção De Biodiesel**. Revista Monografias Ambientais, v. 13, n. 5, p. 3800–3808, 2014.
- FGV. **Índice Geral de Preços – Mercado 1Índice Geral de Preços – Mercado**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.portalibre.fgv.br>.
- FJP, F. J. P. **Produto interno bruto dos municípios de Minas Gerais 2009**. p. 1–26, 2010.
- FJP, F. J. P. **Plano de Desenvolvimento para o Vale do Jequitinhonha**. [s.l: s.n.]. v. 1–7
- FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE/USDA. **Oilseeds. World Market and Trade**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/tx31qh68h/7d2797406/cj82kp34g/oilseeds.pdf>.
- GRASSI, M. C. B.; PEREIRA, G. A. G. **Energy-cane and RenovaBio: Brazilian vectors to boost the development of Biofuels**. Industrial Crops and Products, v. 129, n. July 2018, p. 201–205, 2019.
- GUERRERO, P. **Vale do Jequitinhonha: a Região e seus Contrastes**. Revista Discente Expressões Geográficas, v. 5, p. 81–100, 2009.

- GUO, M.; SONG, W.; BUHAIN, J. **Bioenergy and biofuels: History, status, and perspective**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 42, p. 712–725, 2015.
- HIRSCHMAN, A. **The strategy of economic development**. New Haven: Yale Univ. Press, 1958.
- IBGE, I. B. DE G. E E. **Diagnóstico Ambiental Da Bacia Do Rio Jequitinhonha**. 1997.
- IBGE, I. B. DE G. E E. **Regiões de Influência das Cidades**. [s.l.: s.n.].
- IBGE, I. B. DE G. E E. **Censo agropecuário 2017**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística., v. 7, n. 01036157, p. 1–180, 2017.
- LA ROVERE, E. L.; PEREIRA, A. S.; SIMÕES, A. F. **Biofuels and Sustainable Energy Development in Brazil**. *World Development*, v. 39, n. 6, p. 1026–1036, 2011.
- LIMA, A. DA C.; SIMÕES, R. **Teorias do desenvolvimento regional e suas implicações de política econômica no pós-guerra: o caso do Brasil**. 2010.
- LIMA, E. C. DE et al. **Teoria da base de exportação e sua relação com o desempenho econômico: o caso do estado de Santa Catarina**. *Textos de Economia*, v. 16, n. 1, p. 95, 2014.
- LOPES, D. DE C. et al. **Economic feasibility of biodiesel production from Macauba in Brazil**. *Energy Economics*, v. 40, p. 819–824, 2013.
- LORENZI, G. M. A. C. **Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd. ex Mart. - Arecaceae: bases para o extrativismo sustentável**. Tese de Doutorado. p. 156, 2006.
- LUQUE, R. et al. **Biofuels: A technological perspective**. *Energy and Environmental Science*, v. 1, n. 5, p. 542–564, 2008.
- MARTINELLI, G. DO C. et al. **Decreasing uncertainties and reversing paradigms on the economic performance of agroforestry systems in Brazil**. *Land Use Policy*, v. 80, n. September 2018, p. 274–286, 2019.
- MG. **Lei 19.485 - Pró-Macaúba**. . 2011.
- MONTOYA, S. **ECOFISIOLOGIA E PRODUTIVIDADE DE *Brachiaria decumbens* EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM MACAÚBA**, 2016. Disponível em: <https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/MT_Globalization_Report_2018.pdf>0Ahttp://eprints.lse.ac.uk/

43447/1/India_globalisation%2C society and inequalities%28lsero%29.pdf%0Ahttps://www.quora.com/What-is-the>

NAIK, S. N. et al. **Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 14, n. 2, p. 578–597, 2010.

NORTH, D. C. **Teoria da localização e crescimento econômico regional**. *Economia regional e urbana: textos escolhidos.*, v. 1938, p. 333–343, 1977.

PIMENTEL, L. D. et al. **Estimativa de custo de produção e viabilidade econômica do cultivo da palmeira macaúba (*Acrocomia aculeata*) para a produção de óleo vegetal**. *Proceedings of 6° Brazilian Congress of oil plants, fats and biodiesel*, v. Montes Claros, p. 30–35, 2009.

PIMENTEL, L. D. et al. **EPAMIG - Informe Agropecuário - produção do cultivo da macaúba**. *Informe Agropecuário*, v. 32, n. nov./dez., p. 61–69, 2011.

PINHO, D.; SUAREZ, P. **From Peanut Oil to Biodiesel- History and Brazilian Policy for the Energetic Use of Fats and Oils**. *Revista Virtual de Química*, v. 9, n. 1, p. 39–51, 2017.

PLATH, M. et al. **A novel bioenergy feedstock in Latin America? Cultivation potential of *Acrocomia aculeata* under current and future climate conditions**. *Biomass and Bioenergy*, v. 91, p. 186–195, 2016.

SCHWARTZMAN, J. **O Desenvolvimento da Teoria da Base de Exportação como uma Teoria do Desenvolvimento Regional**. [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 1973.

UFVJM. **Plano de desenvolvimento institucional - PDI - UFMJM 2017-2021**. . 2017, p. 195.

VILELA, M. DE F. et al. **Maçios naturais de macaúba (*Acrocomia aculeata*): mapeamento e análise do potencial para produção de biodiesel**. 9° Congresso Internacional De Bioenergia São Paulo – Sp, 2014.

APÊNDICE A – Planilhas com Fluxo de Caixa dos Modelos Otimista e Pessimista

I. Fluxo de Caixa do Modelo Otimista com Implantação em ARL (8 m por 4 m)

Uma dessas particularidades é a de que como é de se esperar em projetos florestais, os primeiros anos são de desembolsos com pouca ou nenhuma oportunidade de retorno de capital neste período e totalizando o montante de R\$10.401,00 de injeção a cada hectare plantado ao longo do período inicial de cinco anos correspondentes às fases de implantação e formação florestal.

Tabela 41: Fluxo de Caixa do Modelo Otimista com Implantação em ARL (8 m por 4 m)

	Ano	Custo Total (R\$)	Produção (t.ha ⁻¹)	Receita (R\$)	Lucro/Prejuízo (R\$)	Saldo Líquido (R\$)
Implantação	0	5.627	0	0	(5.627)	(5.627)
Formação	1	1.494	0	0	(1.494)	(7.121)
	2	1.589	0	0	(1.589)	(8.710)
	3	1.691	0	0	(1.691)	(10.401)
Prod. Crescente	4	5.625	5,01	5.944	319	(10.082)
	5	6.071	8,80	11.783	5.712	(4.370)
	6	6.552	12,62	19.049	12.498	8.128
	7	7.000	13,80	23.495	16.495	24.623
	8	7.549	17,53	33.645	26.095	50.718
	9	8.079	19,17	41.497	33.419	84.137
Prod. Estável	10	11.200	19,17	46.796	35.595	119.732
	11	11.914	19,17	52.770	40.856	160.589
	12	12.673	19,17	59.508	46.835	207.423
	13	13.481	19,17	67.106	53.625	261.048
	14	14.341	19,17	75.674	61.334	322.382
	15	15.255	19,17	85.336	70.082	392.464

Nota: Os custos e as receitas estão atualizados por índice inflacionário como descrito no item 4.2. Dados do projeto. Omitidos ano 16 a 29. Planilha completa no APÊNDICE B.

Neste modelo de implantação e neste cenário, o VPL é favorável para todas as TMA's e a Taxa de Retorno é de 47,05%.

Tabela 42: VPL e TIR do Modelo Otimista com Implantação em ARL (8 m por 4 m) para cada TMA

TMA	VPL – 15 períodos (R\$)	TIR – 15 períodos
3,00%	231.095	47,05%
4,50%	196.504	
6,00%	167.528	
7,50%	143.170	
9,00%	122.622	
10,50%	105.231	
12,00%	90.463	

Dados do projeto.

Tabela 43: Payback do Modelo Otimista com Implantação em ARL (8 m por 4 m) para cada TMA (em R\$)

		TMA						
		3,00%	4,50%	6,00%	7,50%	9,00%	10,50%	12,00%
Período	0	(5.627)	(5.627)	(5.627)	(5.627)	(5.627)	(5.627)	(5.627)
	1	(7.077)	(7.057)	(7.036)	(7.017)	(6.997)	(6.979)	(6.961)
	2	(8.575)	(8.512)	(8.451)	(8.392)	(8.335)	(8.281)	(8.228)
	3	(10.123)	(9.993)	(9.870)	(9.753)	(9.641)	(9.534)	(9.431)
	4	(9.839)	(9.726)	(9.618)	(9.514)	(9.415)	(9.320)	(9.229)
	5	(4.912)	(5.143)	(5.349)	(5.535)	(5.702)	(5.853)	(5.987)
	6	5.554	4.454	3.461	2.563	1.749	1.013	344
	7	18.967	16.576	14.431	12.505	10.773	9.213	7.806
	8	39.567	34.925	30.804	27.137	23.869	20.953	18.345
	9	65.179	57.413	50.584	44.568	39.256	34.559	30.396
	10	91.665	80.334	70.460	61.838	54.292	47.674	41.857

Dados do projeto.

Com o início da produção de cocos, surge o fluxo de entrada de capital proveniente de sua comercialização. Este período coincide com um nível necessidade de capital para operação e manutenção relativamente baixos. Isso favorece o retorno do capital investido o que acontece entre os anos 12 e 14 a depender do cenário simulado e da taxa de juros de referência. (recolocar em outro local)

II. Fluxo de Caixa do Modelo Pessimista com Implantação em ARL (8 m por 4 m)

Tabela 44: Fluxo de Caixa do Modelo Pessimista com Implantação em ARL (8 m por 4 m)

Ano	Custo Total (R\$)	Produção (t.ha-1)	Receita (R\$)	Lucro/Prejuízo (R\$)	Saldo Líquido (R\$)	
Implantação	0	5.627	0	0	(5.627)	(5.627)
Formação	1	1.539	0	0	(1.539)	(7.166)
	2	1.686	0	0	(1.686)	(8.852)
	3	1.847	0	0	(1.847)	(10.699)
Prod. Crescente	4	6.330	5,01	5.096	(1.234)	(11.933)
	5	7.037	8,80	9.721	2.684	(9.248)
	6	7.821	12,62	15.123	7.302	(1.947)
	7	8.607	13,80	17.948	9.342	7.395
	8	9.560	17,53	24.732	15.171	22.566
	9	10.537	19,17	29.353	18.815	41.382
Prod. Estável	10	15.046	19,17	31.851	16.805	58.186
	11	16.485	19,17	34.562	18.078	76.264
	12	18.061	19,17	37.504	19.443	95.707
	13	19.788	19,17	40.697	20.909	116.616
	14	21.679	19,17	44.161	22.481	139.098
	15	23.752	19,17	47.920	24.167	163.265

Nota: Os custos e as receitas estão atualizados como descrito no item 4.2. Dados do projeto. Omitidos ano 16 a 29. Planilha completa no APÊNDICE B.

Tabela 45: VPL e TIR do Modelo Pessimista com Implantação em ARL (8 m por 4 m) para cada TMA

TMA	VPL – 15 períodos (R\$)	TIR – 15 períodos
3,00%	99.228	
4,50%	84.021	
6,00%	71.230	
7,50%	60.434	34,14%
9,00%	51.292	
10,50%	43.525	
12,00%	36.907	

Dados do projeto.

Tabela 46: Payback do Modelo Pessimista com Implantação em ARL (8 m por 4 m) para cada TMA (em R\$)

	TMA						
	3,00%	4,50%	6,00%	7,50%	9,00%	10,50%	12,00%
0	(5.627)	(5.627)	(5.627)	(5.627)	(5.627)	(5.627)	(5.627)
1	(7.121)	(7.099)	(7.079)	(7.058)	(7.039)	(7.019)	(7.001)
2	(8.710)	(8.643)	(8.579)	(8.517)	(8.458)	(8.400)	(8.345)
3	(10.401)	(10.262)	(10.130)	(10.004)	(9.884)	(9.769)	(9.660)
4	(11.497)	(11.297)	(11.107)	(10.928)	(10.758)	(10.597)	(10.444)
5	(9.181)	(9.143)	(9.102)	(9.058)	(9.014)	(8.968)	(8.921)
6	(3.066)	(3.536)	(3.954)	(4.327)	(4.660)	(4.957)	(5.221)
7	4.529	3.329	2.258	1.303	450	(313)	(996)
8	16.506	13.997	11.777	9.810	8.064	6.513	5.132
9	30.926	26.658	22.914	19.624	16.727	14.173	11.917
10	43.431	37.479	32.298	27.778	23.826	20.365	17.327

Dados do Projeto.

III. Fluxo de Caixa do Modelo Otimista em Implantação Comercial (5 m por 5 m)

Tabela 47: Fluxo de Caixa do Modelo Otimista em Implantação Comercial (5 m por 5 m)

Ano	Custo Total (R\$)	Produção (t.ha-1)	Receita (R\$)	Lucro/Prejuízo (R\$)	Saldo Líquido (R\$)
Implantação	0	6.340	0	0	(6.340)
Formação	1	1.494	0	0	(1.494)
	2	1.589	0	0	(1.589)
	3	1.691	0	0	(1.691)
Prod. Crescente	4	5.625	6	7.597	1.971
	5	6.071	11	15.058	8.987
	6	6.552	16	24.344	17.792
	7	7.000	18	30.026	23.026
	8	7.549	22	42.996	35.447
	9	8.079	25	53.032	44.953
Prod. Estável	10	11.200	25	59.803	48.603
	11	11.914	25	67.438	55.524
	12	12.673	25	76.049	63.375
	13	13.481	25	85.759	72.278
	14	14.341	25	96.708	82.368
	15	15.255	25	109.056	93.802

Nota: Os custos e as receitas estão atualizados como descrito no item 4.2. Dados do projeto. Omitidos ano 16 a 29. Planilha completa no APÊNDICE B.

Tabela 48: VPL e TIR do Modelo Otimista em Implantação Comercial (5 m por 5 m) para cada TMA (em R\$)

TMA	VPL – 15 períodos (R\$)	TIR – 15 períodos
3,00%	319.126	
4,50%	272.057	
6,00%	232.600	
7,50%	199.405	52,46%
9,00%	171.380	
10,50%	147.639	
12,00%	127.461	

Tabela 49: Payback Modelo Otimista em Implantação Comercial (5 m por 5 m) para cada TMA (em R\$)

	TMA						
	3,00%	4,50%	6,00%	7,50%	9,00%	10,50%	12,00%
0	(6.340)	(6.340)	(6.340)	(6.340)	(6.340)	(6.340)	(6.340)
1	(7.790)	(7.769)	(7.749)	(7.729)	(7.710)	(7.692)	(7.674)
2	(9.288)	(9.225)	(9.164)	(9.105)	(9.048)	(8.993)	(8.941)
3	(10.835)	(10.706)	(10.583)	(10.466)	(10.354)	(10.246)	(10.144)
4	(9.084)	(9.053)	(9.022)	(8.990)	(8.957)	(8.924)	(8.891)
5	(1.332)	(1.842)	(2.306)	(2.730)	(3.116)	(3.469)	(3.792)
6	13.569	11.821	10.237	8.799	7.493	6.305	5.222
7	32.291	28.741	25.550	22.678	20.089	17.751	15.638
8	60.274	53.667	47.790	42.553	37.879	33.699	29.955
9	94.726	83.916	74.398	66.000	58.576	52.000	46.165
10	130.891	115.213	101.537	89.582	79.106	69.908	61.814

IV. Fluxo de Caixa do Modelo Pessimista em Implantação Comercial (5 m por 5 m)

Tabela 50: Fluxo de Caixa do Modelo Pessimista em Implantação Comercial (5 m por 5 m)

Ano	Custo Total (R\$)	Produção (t.ha ⁻¹)	Receita (R\$)	Lucro/Prejuízo (R\$)	Saldo Líquido (R\$)
Implantação	0	6.340	0	0	(6.340)
Formação	1	1.539	0	0	(1.539)
	2	1.686	0	0	(1.686)
	3	1.847	0	0	(1.847)
Prod. Crescente	4	6.330	5,01	6.513	183
	5	7.037	8,80	12.423	5.386
	6	7.821	12,62	19.326	11.505
	7	8.607	13,80	22.937	14.330
	8	9.560	17,53	31.606	22.046
	9	10.537	19,17	37.511	26.974
Prod. Estável	10	15.046	19,17	40.704	25.658
	11	16.485	19,17	44.169	27.684
	12	18.061	19,17	47.929	29.868
	13	19.788	19,17	52.008	32.221
	14	21.679	19,17	56.435	34.756
	15	23.752	19,17	61.239	37.487

Nota: Os custos e as receitas estão atualizados como descrito no item 4.2. Dados do projeto.

Tabela 51: VPL e TIR do Modelo Pessimista em Implantação Comercial (5 m por 5 m) para cada TMA

TMA	VPL – 15 períodos (R\$)	TIR – 15 períodos
3,00%	158.018	
4,50%	134.660	
6,00%	114.999	
7,50%	98.390	41,13%
9,00%	84.312	
10,50%	72.340	
12,00%	62.124	

Dados do projeto.

**APÊNDICE B – ARTIGO PUBLICADO NA BRAZILIAN JOURNAL OF
DEVELOPMENT**

**Estudo do Impacto da Adoção de Sistemas Agroflorestais com Palmeira
Macaúba (*A. aculeata*) em Áreas de Reserva Legal no Vale do
Jequitinhonha-MG**

**Impact Study of the Adoption of Agroforestry Systems with Macaúba Palm
(*A. aculeata*) in Legal Reserve Areas in Jequitinhonha Valley-MG**

George Henrique Merino Rodolfo⁸⁸

Juan Pedro Bretas Roa⁸⁹

Marcelino Serretti Leonel⁹⁰

Alexandre Sylvio Vieira da Costa⁹¹

David Lee Nelson⁹²

Resumo:

Com o renovado interesse pela questão ambiental e pela diversificação da matriz energética, a política nacional de biocombustíveis tem recebido bastante atenção nos tempos recentes. Com a retomada das iniciativas para a produção de biodiesel, são estimuladas as buscas por fontes viáveis para o fornecimento de insumos para a cadeia. Este é um estudo exploratório que tem como objetivo estimar a quantidade de óleo vegetal e coprodutos que podem ser obtidos da Palmeira Macaúba (*A. aculeata*). Para obtenção das estimativas, foram considerados a implantação de sistemas agroflorestais com essa palmeira em Áreas de Reserva Legal-ARL no Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais e o possível impacto no PIB Regional decorrido o tempo de início de produção. A partir das informações do Censo Agropecuário, foi levantado

⁸⁸Doutorando em Biocombustíveis – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Programa de Pós Graduação em Biocombustíveis, Diamantina, Minas Gerais, Brasil. grodolfo@gmail.com.

⁸⁹Doutor em Química – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Programa de Pós Graduação em Biocombustíveis, Diamantina, Minas Gerais, Brasil. juan.roa@ict.ufvjm.edu.br.

⁹⁰Doutor em Economia – Instituto de Ciências e Tecnologia - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM. Diamantina, Minas Gerais, Brasil. mserretti@gmail.com.

⁹¹Doutor em Fitotecnia - Instituto de Ciências e Tecnologia - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM. Teófilo Otoni, Minas Gerais, Brasil. alexandre.costa@ufvjm.edu.br.

⁹²Doutor em Química - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Programa de Pós Graduação em Biocombustíveis, Diamantina, Minas Gerais, Brasil. dleenelson@gmail.com.

o quantitativo de áreas para composição de ARL's e, com base em referenciais da literatura, foi estimado o volume esperado de produção de cocos de Macaúba *in natura* e também na forma de óleo vegetal. Espera-se que, após o tempo de desenvolvimento e início da produção, sejam obtidos incrementos de R\$ 4,4 bilhões anuais caso os frutos sejam entregues para os programas de preços mínimos da Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB. Para o caso da extração dos óleos de polpa e amêndoa, poderá ser obtido anualmente o montante de R\$10,9 bilhões, o que equivale a 142% do PIB regional.

Palavras-chave: Biocombustíveis. Macaúba. Agrofloresta. Área de Reserva Legal.

Abstract:

The national biofuels policy has received much attention in recent times because of the renewed interest in the environmental issue and the diversification of the energy matrix. The search for viable sources to supply inputs for the production of biodiesel has been stimulated. The present exploratory study seeks to estimate the amount of vegetable oil and co-products that can be obtained from the macaúba palm (*A. aculeata*). The estimates considered the implementation of agroforestry systems with this palm in the Legal Reserve Area-ARL in the Jequitinhonha Valley of Minas Gerais and the possible impact on Regional GDP after the initiation of fruit production. On the basis of the information from the Agricultural Census, the number of areas for ARL composition was surveyed, and the expected volume of production of macaúba nuts *in natura* and in the form of vegetable oil was estimated on the basis of literature references. It is expected that an increase of R\$ 4.4 billion will be obtained annually with the beginning of fruit production if the fruits are delivered to the minimum price programs of the National Supply Company-CONAB. For the extraction of pulp and almond oils, R\$ 10.9 billion can be obtained annually, which is equivalent to 142% of the regional GDP.

Keywords: Biofuels. Macauba Palm. Agroforestry. Legal Reserve Area.

Introdução

Desde que o querosene passou a substituir o óleo de baleia na iluminação pública e que os motores a combustão interna passaram a ser a tecnologia de transporte terrestre dominante, a humanidade só tem aumentado a dependência dessas substâncias combustíveis.

Atualmente, os combustíveis obtidos de recursos fósseis não são considerados sustentáveis e são ainda questionáveis do ponto de vista econômico, ecológico e ambiental dado os impactos cumulativos decorrentes dos efeitos da emissão de gases de efeito estufa, além do declínio das reservas mundiais (GUO; SONG; BUHAIN, 2015; NAIK et al., 2010).

A partir da década de 1970, com as crises do petróleo e mais recentemente com a intensificação das preocupações ambientais, os gestores foram levados a vislumbrar a possibilidade da pesquisa e desenvolvimento de fontes alternativas que pudessem dirimir tais fragilidades (GUO; SONG; BUHAIN, 2015). Nesse sentido, foi retomado o interesse pelos combustíveis obtidos de fontes renováveis compatíveis com motores a combustão interna já amplamente utilizados.

Em decorrência direta da segunda crise do petróleo, surge no Brasil, na década de 1970, um conjunto de programas para o incentivo aos combustíveis obtidos a partir de culturas vegetais energéticas, e também, em parte, devido às crescentes altas nas cotações internacionais do petróleo em meados de 1973. Dentre os programas lançados, em 1975, o Proálcool, demonstrou a viabilidade técnica da produção em larga escala de Bioetanol com possibilidade de ser usado como combustível (CARDOSO et al., 2017; LA ROVERE; PEREIRA; SIMÕES, 2011).

Nesse mesmo período, foi criado no Brasil o programa Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Pró-Óleo). O objetivo era a adição de óleos vegetais e seus derivados ao óleo diesel em até 30% com a perspectiva de substituição total em caso de viabilidade (PINHO; SUAREZ, 2017). Com o recuo das cotações internacionais de petróleo, o interesse pelo Pró-Óleo foi se escasseando até que o programa foi abandonado.

Mais recentemente, em 2005, foi instituída pelo Governo Federal a Comissão Executiva Interministerial com representantes de quatorze ministérios que ficou encarregada de implantar ações direcionadas à produção e ao uso de óleo vegetal/biodiesel como fonte alternativa de energia e que, portando, ficou encarregada de executar o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel-PNPB (BRASIL, 2004).

O PNPB nasceu, portanto, como programa interministerial⁹³ que tinha por objetivo a implementação da cadeia de produção do biodiesel no Brasil. Como principais diretrizes, visava (i) à elaboração de um programa sustentável promovendo inclusão social através da geração de renda e emprego, (ii) à busca por garantir preços competitivos, qualidade e suprimento, e, (iii) ainda dentro das diretrizes, que a produção do biodiesel fosse a partir de diferentes fontes oleaginosas, fortalecendo as potencialidades regionais para a produção de matéria-prima (BRASIL, 2004)

Para além do benefício econômico, a produção de óleo vegetal a partir de culturas perenes é também sustentável. O termo sustentabilidade, quando usado em sua acepção mais abrangente, transcende a dimensão econômica e passa a englobar as dimensões sociais e ambientais (BARBIERI, 2018). A busca de objetivos ambientais, econômicos e sociais aponta para o conceito de Desenvolvimento Sustentável, que prioriza a satisfação das necessidades humanas, mas implica no respeito aos limites ambientais ou, em outras palavras, o desenvolvimento deve “garantir o atendimento às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades” (KEEBLE, 1988).

Esse conceito deriva de o fato da busca pelo desenvolvimento econômico, inclusive como forma de erradicação da pobreza, estar potencialmente relacionada a prejuízos ambientais diretos ou indiretos e deve levar em consideração estes efeitos colaterais (BARBIERI, 2018; LI; ZHANG; MA, 2015).

Mantendo a ótica de Desenvolvimento Sustentável e visando dar novo impulso ao setor de biocombustíveis, foi instituída por meio da Lei nº 13.576/2017 a Política Nacional de Biocombustíveis-RENOVABIO, que visa expandir a produção de biocombustíveis tendo como foco a previsibilidade, a sustentabilidade ambiental, econômica e social, além do reconhecimento de seu papel estratégico no cumprimento dos compromissos assumidos em relação ao Acordo de Paris e da Convenção das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (BRASIL, 2017).

Segundo dados da Agência Nacional de Petróleo-ANP (ANP, 2018), a matriz nacional das matérias-primas para o biodiesel é composta majoritariamente pela soja. Essa foi

⁹³Compõe a Comissão Executiva Interministerial a Casa Civil da Presidência da República, encarregada da coordenação, o Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, o Ministério da Fazenda, o Ministério dos Transportes, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o Ministério do Trabalho e Emprego, o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, o Ministério de Minas e Energia, o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, o Ministério da Ciência e Tecnologia, o Ministério do Meio Ambiente, o Ministério do Desenvolvimento Agrário, o Ministério da Integração Nacional, e, finalmente, o Ministério das Cidades.

a fonte de 70,0% do óleo ofertado para a produção de biodiesel em termos de média nacional no ano de 2017. Também como uma das matérias-primas, a gordura bovina ocupada a segunda posição de insumos, que corresponde em média a 13,3% do volume de óleo fornecido naquele ano. Os demais 9,7% se distribuíram em outros materiais graxos, com destaque para a gordura de aves (2,1%), gordura suína (1,7%) e óleo de palma/dendê (1,3%).

Ainda pouco exploradas no Brasil, existem como alternativas viáveis as palmeiras produtoras de óleo. O Dendezeiro (*Elaeis guineensis*) é uma opção que apresenta uma produtividade de óleo por hectare dez vezes superior à da soja e é a espécie vegetal que, em termos globais, é responsável por, aproximadamente, 40% do óleo vegetal produzido na safra 2016/2017, sendo a Indonésia e Malásia responsáveis por 86,5% deste montante (COLOMBO et al., 2018).

Do dendezeiro (*Elaeis guineensis*) é extraído um óleo amplamente utilizado pela indústria alimentícia e que já é empregado para na cadeia do biodiesel. Interessante destacar que essa palmeira é uma planta perene e, apesar de exógena, é domesticada⁹⁴. É, no entanto, uma planta bastante seletiva devido ao fato de sua elevada demanda de recursos hídricos e por não suportar secas prolongadas. A produção nacional desse tipo de óleo é bastante incipiente e responde por apenas 0,54% do volume mundial obtidos em plantios comerciais predominantemente na região norte (COLOMBO et al., 2018).

A seletividade do dendezeiro não é observada na macaúba (*Acrocomia aculeata*), outra palmeira oleífera com elevada produtividade de óleo.

O objetivo deste trabalho é o de verificar a viabilidade do cultivo da palmeira Macaúba considerando prioritariamente o cultivo sustentável em Áreas de Reserva Legal no Vale do Jequitinhonha. A hipótese é a de que a cadeia produtiva de uma palmeira nativa com alta produtividade de óleo por hectare possa ser ter impactos positivos nos fluxos geradores de renda da região ao se aproveitar da demanda gerada pelas políticas nacionais da cadeia de biocombustíveis.

A metodologia baseia-se em pesquisa exploratória com a finalidade de conhecer a quantidade de área disponível em estabelecimentos agrícolas para composição de reserva legal em sistemas sustentáveis. A pesquisa é também bibliográfica e documental com base na legislação federal e estadual, no Censo Agropecuário IBGE/2017, e leva em consideração parâmetros de produção obtidos a partir da literatura científica. O PIB Regional foi fornecido

⁹⁴ A domesticação de plantas é um processo co-evolucionário visando sua adaptação às necessidades humanas. As espécies domesticadas diferem morfológicamente genotipicamente dos parentes silvestres (MARTINS, 2014).

por levantamento estatístico da Fundação João Pinheiro para a Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão de Minas Gerais.

Primeiramente, foram identificados através dos dados do Censo Agropecuário IBGE/2017 os municípios do Vale do Jequitinhonha, o quantitativo de propriedades rurais e suas respectivas áreas. Com o uso de planilhas de cálculo e tendo como base o Código Florestal Brasileiro, foi possível estimar a área total que deve ser reservada como Áreas de Reserva Legal.

A literatura forneceu modelos de adensamento para a implantação da cultura e permitiu estimar a produtividade em frutos e o rendimento esperado em óleo. O sítio de internet da Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB forneceu os valores praticados para o coco macaúba *in natura*. Diante da inexistência de informações oficiais sobre os valores praticados para o óleo de macaúba e o óleo de amêndoa de macaúba, foram adotados os valores referentes ao óleo de palma (dendê) e óleo de babaçu respectivamente. Esses óleos possuem características semelhantes aos equivalentes da macaúba e são adotados como referência de preços no mercado.

A macaúba é nativa de regiões de mata tropical, cerrado e caatinga e tem ocorrência da América Central ao Paraguai. Contrário ao que acontece com o dendezeiro, os trabalhos de domesticação ainda estão em curso, e os primeiros plantios experimentais e comerciais ainda estão em implantação (COLOMBO et al., 2018; PLATH et al., 2016).

Essa palmeira é considerada o congênera de maior dispersão em território brasileiro com ocorrência em maciços naturais em quase todos os biomas nacionais. As maiores concentrações estão localizadas em Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, sendo amplamente espalhada pelas áreas de Cerrado. Habita áreas abertas e com alta incidência solar, adapta-se a solos arenosos e com baixo índice hídrico. Porém, desenvolve-se melhor em locais onde há solos férteis (COLOMBO et al., 2018; LORENZI, 2006; VIEIRA, 2017).

No Brasil, a macaúba é também conhecida por bocaiúva, chiclete-de-baiano, coco-baboso, coco-de-catarro, coco-de-espinho, macaíba, macaibeira, macajuba, macaúva, mucaia, mucaja e mucajaba. Trata-se de uma planta rústica, de porte arbóreo, frutífera, perene, nativa de regiões tropicais com temperaturas entre 15 e 35 °C, altitudes de 150 a 1000 m. Suporta precipitação abaixo de 1000 mm, mas prefere entre 1500 e 2000 mm. A espécie *A.*

aculeata é uma palmeira resistente a doenças, isenta de pragas conhecidas e suporta grandes variações climáticas (CÉSAR et al., 2015; COLOMBO et al., 2018; PLATH et al., 2016).

Suas características morfológicas são as seguintes: pode atingir 15 a 20 metros de altura, possui tronco com 20 a 30 centímetros de diâmetro e coberto por espinhos escuros com 10 centímetros de comprimento. Possui folhas longas e curtas, pinadas e cheias com comprimento de 4 a 5 metros, frutos esféricos com 2,5 a 5 cm de diâmetro. Uma única planta produz 2 a 8 cachos com 250 a 500 frutos cada, o que equivale a algo entre 25.000 e 40.000 kg de frutos.ha⁻¹.ano⁻¹ (CÉSAR et al., 2015; LORENZI, 2006).

Essa palmeira chama a atenção por ser espécie nativa e típica de regiões de clima adverso, incluindo o norte e nordeste mineiro, o que a torna elegível como espécie para reconstituição de Áreas de Reserva Legal-ARL⁹⁵ em sistemas agroflorestais que podem ser exploradas por meio de manejo sustentável⁹⁶. Isso inclui coproduzir óleo de polpa para a cadeia dos biocombustíveis, óleo da amêndoa para a indústria cosmética e farmacêutica, além de gerar subprodutos de interesse principalmente para a indústria de ração animal⁹⁷ e de carvão⁹⁸. Portanto, essa palmácea, sendo explorada por meio de práticas sustentáveis, pode gerar emprego e renda no campo, ocasionando impactos econômicos e sociais positivos.

Os altos teores de óleo vegetal contidos na polpa e na amêndoa dos frutos da macaúba e a alta produtividade de óleo por hectare mesmo nas condições pouco favoráveis de solo e clima que prevalecem no Vale do Jequitinhonha sugerem uma oportunidade a ser explorada por empreendimentos visando ao fornecimento de óleo para a cadeia produtiva de biocombustíveis.

Essa região está localizada no nordeste mineiro, é constituída por 59 municípios, tem área equivalente à do estado do Rio de Janeiro e foi escolhida para este estudo por ser pouco favorecida em termos edafoclimáticos e por ser carente, apresentando um dos piores indicadores de PIB do estado⁹⁹.

⁹⁵Área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural delimitada nos termos do art. 1 da LI Nn 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012).

⁹⁶Entende-se por manejo sustentável o exposto no Inciso VII de art. 12 da LeiEIn 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012).

⁹⁷Foiram testas com sesso o uso de torta de macaúba para alimentação de ruminantes e não-ruminantes além de estudos específicos com porcos, carneiros e gado bovino (COLOMBO, 2017).

⁹⁸O endocarpo pode constituir insumo para cadeia produtiva de aço, e paraa produção de carvão com baixo teor de cinzas (*idem*).

⁹⁹Com uma população residente que equivale a 3,9% do total estadual, foi responsável pela geração de apenas 1,3% do PIB estadual em 2013 (FJP, 2017).

Na região preponderam os biomas Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga, onde a macaúba ocorre nativamente (OLIVEIRA FILHO; SCOLFORO, 2008) e onde pode ser utilizada na recuperação de áreas degradadas e recomposição de reserva legal.

De acordo com o estudo de Região de Influência das Cidades (IBGE, 2007) sobre redes urbanas, se destacam as cidades de Diamantina, Capelinha, Coluna, Serro e Turmalina, no Alto Jequitinhonha e as cidades de Almenara, Araçuaí, Joáima e Pedra Azul no Médio e Baixo Jequitinhonha, sendo, portanto, as cidades que possivelmente poderiam iniciar o processo de indução de políticas públicas ou mesmo de direcionamento de atividades com foco em crescimento econômico.

Todas essas cidades são consideradas centros de zona de influência regional, mas, ainda assim, apresentam rede urbana pouco hierarquizada (FJP, 2017). Seu domínio é direcionado às áreas imediatas e exercem funções apenas elementares em termos de atendimento à população. Nesse cenário, os maiores eixos de direcionamento econômico e de desenvolvimento são orientados a regiões externas ao território. São referência para o Alto Jequitinhonha: a capital Belo Horizonte e o município de Guanhães. Para o Médio/Baixo Jequitinhonha são referência as cidades de Montes Claros, Teófilo Otoni em Minas Gerais, além de Salvador, Vitória da Conquista, Ilhéus, Itabuna e Eunápolis na Bahia (IBGE, 2007).

Investir na produção da macaúba para obtenção de óleo e de seus coprodutos pode gerar impactos econômicos favoráveis já que, com a exportação dos produtos, a região receberá valores monetários que invariavelmente movimentarão a economia regional promovendo reflexos positivos em setores diversos (educação, saúde, etc.). Esse fato remete ao que Douglas North chamou de base de exportação. Ou seja, é do produto obtido localmente que se obtém riqueza ao ser exportado para outras regiões gerando impactos positivos que, a depender do dinamismo econômico da região, pode levar ao crescimento e desenvolvimento econômicos de forma acelerada (NORTH, 1977).

Com esse viés, levanta-se a possibilidade de que é possível contribuir para que programas nacionais de biocombustíveis (PROALCOOL, PNPB e atualmente o RENOVABIO) possam alcançar resultados concretos ao favorecer a diversificação da matriz de insumos e a promoção de desenvolvimento e inclusão econômica e social através de produtos que compõem uma base de exportação.

Os benefícios da cultura da macaúba em regiões carentes como o Vale do Jequitinhonha, utilizando recomposição de áreas de reserva legal com uma espécie nativa e

perene e que tem elevada produtividade de compostos de interesse, é seguramente um caminho que vale a pena ser explorado.

Além de ser pouco exigente em termos edafoclimáticos, a produção do óleo de macaúba ocorre por meio da coleta e processamento de seus frutos. A produção, portanto, se dá a partir do que é chamado de Produtos Florestais Não Madeireiros-PFNM, que são bens de origem biológica (que não a madeira) derivados de florestas nativas, florestas plantadas ou de árvores isoladas. Esse conceito evoluiu do original cunhado por Beer e McDermott em 1989 e por vezes são utilizados outros termos com significado parecido¹⁰⁰ (SORRENTI, 2016).

Importante colocar que, por milênios, os PFNM têm sido para a humanidade a principal fonte de alimento, forragem, fibras, medicamentos e cosméticos e que grande parte das culturas alimentícias agrícolas é derivada de espécies originadas de estoques silvestres já que, destas, cerca de 300 espécies estão relacionadas a 90% da oferta mundial de alimentos (LORENZI, 2006; SORRENTI, 2016; SOARES, 2008).

Esses produtos promovem impactos positivos significativos em comunidades tradicionais as quais podem explorar recursos naturais que ocorrem na condição implícita da manutenção dos bens florestais. Constituem, portanto, uma alternativa valiosa para as populações rurais que dependem deles para sua subsistência, assim como para propósitos culturais e sociais (LORENZI, 2006; WAHLÉN, 2017).

Dessa forma, o extrativismo de PFNM é visto como um mecanismo para a manutenção dos serviços ambientais, para a conservação da biodiversidade, para o incremento da economia regional e segurança alimentar e, também, para o incremento da economia global (LORENZI, 2006; SHACKLETON; PANDEY, 2014; WAHLÉN, 2017).

Desenvolver cadeias de valor com base em produtos florestais é um desafio importante de ser superado, especialmente até que as florestas atinjam a maturidade, quando passarão a produzir bens exploráveis não-madeireiros. Uma forma de enfrentar esse desafio é através do desenvolvimento de modelos de negócios inovadores que tenham viabilidade técnica, econômica e ambiental (CARDOSO et al., 2017).

O cultivo da palmeira macaúba tem o comportamento típico de outros empreendimentos florestais, com longo tempo de espera até a produção, seja em sistemas solteiros, adensados, ou em regime de consórcio com outras espécies vegetais e animais. Para a adoção de plantios adensados, é preciso considerar fontes adicionais de recursos para

¹⁰⁰Bens e benefícios não madeireiros, co-produtos florestais, produtos florestais complementares, recursos florestais alternativos, produtos florestais secundários entre outros (SORRENTI, 2017).

conferir sustentabilidade econômico-financeira. Essa situação é um grande obstáculo aos pequenos empreendimentos rurais, mas é minimizado para grandes proprietários de terra (CARDOSO et al., 2017).

A macaúba apresenta grande porte e copa pequena que permite a passagem da luz solar desde que a densidade de plantas por hectare não seja maior do que a obtida no espaçamento de 7 x 4 m. Dessa forma, esse cultivo aceita grande variedade de arranjos produtivos: pode ser plantada em associação com outras espécies florestais e ou agrícolas, em consórcio com pastagens, mas também em cultivo solteiro (CARDOSO et al., 2017; CARVALHO; SOUZA; MACHADO, 2011; MONTOYA, 2016; VIEIRA, 2017).

Uma alternativa para os pequenos produtores é a adoção de sistemas agroflorestais já que a adoção do consórcio de florestas com culturas de ciclo curto constituem alternativas economicamente promissoras que amenizam as dificuldades financeiras com o fluxo de caixa dos primeiros anos de implantação (CARDOSO et al., 2017; CÉSAR et al., 2015; MARTINELLI et al., 2019).

As Áreas de Reserva Legal-ARL são áreas regidas pelo Código Florestal Brasileiro¹⁰¹ que estabelece normas sobre a proteção da vegetação nativa, além de regras para conservação e para a exploração dos recursos florestais. O Código Florestal define, em seu Art. 3º, Inciso III, reserva legal como sendo

área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção da fauna silvestre e da flora nativa (BRASIL, 2012).

Fora da região da Amazônia Legal, a Área de Reserva Legal-ARL é composta por área de vegetação nativa equivalente a 20% da propriedade rural (BRASIL, 2012). O proprietário ou possuidor de imóvel rural com mais de quatro Módulos Fiscais que, em 22 de julho de 2008, possuía área de Reserva Legal menor que 20% da sua área total, mesmo que tenha adquirido o imóvel depois dessa data, tem de recompor a ARL.

As ARL podem ser recompostas a partir da regeneração natural, do plantio de espécies nativas, ou ainda da inserção de espécies nativas intercaladas com espécies exóticas, desde que de espécies lenhosas, perenes ou de ciclo longo, e desde que se respeite a proporção de 50% entre espécies nativas e exóticas (BRASIL, 2012).

¹⁰¹Lei Federal 12.651, de 25/05/2012, Art 14 e seguintes.

Por ser espécie nativa e perene, e já que dela são explorados PFNM de grande interesse e com grande potencial econômico, o proposto é que a palmeira macaúba seja utilizada como espécie predominante para recuperar paisagens degradadas ou mesmo, quando for o caso, para recompor ARL's.

Estimativa de produção e de impactos econômicos

Os frutos da macaúba são compostos por 27,10% em casca, 27,16% em polpa, e 20,59% em caroço. Do processamento dos frutos por prensagem hidráulica a frio, são obtidos 19,62% da massa em óleo de polpa e 3,43% da massa em óleo de castanha (DEL RÍO et al., 2016; EVARISTO et al., 2016).

No que diz respeito à implantação dos palmares, Montoya (2016) evidencia que o sistema agroflorestal com macaúba e capim braquiária é uma prática agrícola viável desde que o adensamento de plantas de macaúba por hectare não supere as 357 plantas/ha¹⁰² já que, a partir deste ponto, o sombreamento pode afetar as espécies vegetais de menor porte.

Segundo o Censo Agropecuário (IBGE, 2017), existem no Vale do Jequitinhonha 56.190 estabelecimentos rurais, totalizando aproximadamente 2,75 milhões de hectares. Ao se adotar a reserva de 20% do espaço para composição de Áreas de Reserva Legal, pode-se inferir que uma área equivalente a 550.000 ha estão disponíveis para implantação de sistemas florestais com espécies nativas cujos PFNM podem ser explorados.

Assumindo que todo o montante de ARL disponível no Vale do Jequitinhonha fosse convertido em sistemas agroflorestais no espaçamento de 8 x 4 m¹⁰³ (MONTROYA, 2016), tem-se que, após o período de seis anos de implantação do sistema (COLOMBO et al., 2017), o Alto e o Médio/Baixo Jequitinhonha sejam capazes de produzir anualmente em estimativa conservadora¹⁰⁴ aproximadamente 13 milhões de toneladas de coco de macaúba, que podem ser comercializados sem beneficiamento para fins diversos com preços garantidos po programa de Preços Mínimos ao Produtor/CONAB na cotação de R\$ 400,00/ton¹⁰⁵. A

¹⁰²Esse quantitativo de árvores pode ser obtido com adensamento de 7 m x 4 m.

¹⁰³ Equivalente a 312 plantas por hectare.

¹⁰⁴ Vilela (2014) identificou o volume médio de 75,4 kg de cocos por planta no cerrado do Norte Mineiro em indivíduos selvagens.

¹⁰⁵ Cotação de R\$ 0,40/kg de nov/2021. Fonte: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/precos-minimos.html>>. Acesso em 25/11/2021.

entrega desses produtos a valor de mercado ocasionariam a injeção de R\$ 4,4 bilhões anualmente, ou 57,4% do PIB regional¹⁰⁶.

Os resultados deste novo mercado podem levar, então, a encadeamentos produtivos para beneficiamento local da produção de forma a obter produtos de maior valor agregado como óleos da polpa e amêndoa.

Caso os frutos fossem localmente processados, poderiam ser obtidos nas proporções descritas por Del Rio (2017), ou seja, 2,5 milhões de toneladas de óleo de polpa, 444 mil toneladas de óleo de amêndoa e 3,7 milhões de toneladas de torta de polpa e amêndoa para ração animal, além de 2,7 milhões de toneladas de endocarpo para produção de carvão.

No caso do beneficiamento para obtenção de óleo de polpa, poderiam ser obtidos aproximadamente R\$ 8,2 bilhões anuais com esse produto. Já o óleo da amêndoa pode levar à obtenção de R\$ 2,7 bilhões anuais. A somatória de ambos poderia levar à injeção de montante equivalente a 142,0% do atual PIB da região. Nesse montante, não estão sendo levados em consideração os potenciais resultados econômicos das tortas de polpa e amêndoa e também do epicarpo. Ao se direcionar o óleo de macaúba como insumo para o mercado de biocombustíveis, existe ainda o benefício adicional da comercialização de Créditos de Descarbonização-CBIO's no âmbito do RENOVABIO. O sistema agroflorestal baseado na palmeira macaúba tem potencial para estocar anualmente o equivalente a 29 milhões de toneladas de CO₂ atmosférico¹⁰⁷.

Considerações Finais

Ao concatenar essas iniciativas e promover a implantação da cultura da macaúba em sistemas agroflorestais sustentáveis em Áreas de Reserva Legal, ou na sua recomposição, percebe-se que uma região das dimensões do Vale do Jequitinhonha é capaz de produzir 13 milhões de toneladas de cocos apenas considerando-se esse modelo de cultivo e manejo.

A comercialização desses produtos, que podem ser vendidos *in natura* ou beneficiados para obtenção de produtos de maior valor adicionado, pode levar a um incremento do PIB regional com base em produtos de exportação. Isso ocasiona uma vultosa injeção de recursos que pode beneficiar de pequenos a grandes produtores, comunidades do entorno, além de comunidades

¹⁰⁶ PIB de 2015 (FJP, 2017).

¹⁰⁷ Dados de Montoya (2016) que quantificou o CO₂ sequestrado em sistemas de Palmeira Macaúba com capim braquiária.

extrativistas. A tendência é a de que, em caso de sucesso, os indicadores de qualidade de vida, como o IDH, sofrerão impactos positivos sucessivos ao longo dos anos, podendo modificar significativamente a economia local.

Nesse contexto, faz sentido debruçar sobre o tema para que sejam fornecidos elementos técnicos de planejamento para a implementação de empreendimentos privados que possam levar adiante a valorização e o desenvolvimento do sistema produtivo de óleos vegetais e coprodutos a partir do coco macaúba cultivado em sistemas agroflorestais visando, principalmente, à cadeia produtiva de biocombustíveis.

Esse tema é também valioso para os gestores do setor público que podem se valer destes estudos como fundamentos para a criação de políticas de desenvolvimento local e diminuição das desigualdades regionais ao mesmo tempo em que atraem investimentos e promovem benefícios ambientais.

Estes modelos de desenvolvimento, baseados na elaboração de estudos de viabilidade e na criação de modelos ou planos de negócios, fornecem subsídios e apontam caminhos para os setores públicos e privados para conciliar o desenvolvimento econômico, social e ambiental.

Referências

ANP. MME. Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário Estatístico**, 2018.

BARBIERI, J. C. **Inovação e Sustentabilidade**. Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas, v. 3, n. 1, p. 43, 2018.

BRASIL, G. F. LEI N° 11.097. Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB). 2004.

_____. LEI N° 12.651. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa (Código Florestal). 2012.

_____. LEI N° 13.576. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio). 2017.

CARDOSO, A. et al. **Opportunities and challenges for sustainable production of A. aculeata through agroforestry systems**. Industrial Crops and Products, v. 107, n. April, p. 573–580, 2017.

CARVALHO, K. J. DE; SOUZA, A. L. DE; MACHADO, C. C. **Ecologia, Manejo, Silvicultura e Tecnologia da Macaúba**. Centro de Inteligência em Florestas, p. 01–38, 2011.

- CÉSAR, A. D. S. et al. **The prospects of using *Acrocomia aculeata* (macaúba) a non-edible biodiesel feedstock in Brazil.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 49, p. 1213–1220, 2015a.
- CÉSAR, A. D. S. et al. **The prospects of using *Acrocomia aculeata* (macaúba) a non-edible biodiesel feedstock in Brazil.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 49, p. 1213–1220, 2015b.
- COLOMBO, C. A. et al. **Macauba: A promising tropical palm for the production of vegetable oil.** *OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, v. 25, n. 1, 2018.
- DEL RÍO, J. C. et al. **Chemical composition and thermal behavior of the pulp and kernel oils from macauba palm (*Acrocomia aculeata*) fruit.** *Industrial Crops and Products*, v. 84, p. 294–304, 2016.
- EVARISTO, A. B. et al. **Harvest and post-harvest conditions influencing macauba (*Acrocomia aculeata*) oil quality attributes.** *Industrial Crops and Products*, v. 85, p. 63–73, 2016.
- FJP. **Plano de Desenvolvimento para o Vale do Jequitinhonha.**v. 1: Estratégias e ações. 2017.
- GUO, M.; SONG, W.; BUHAIN, J. **Bioenergy and biofuels: History, status, and perspective.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 42, p. 712–725, 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário.** 2017.
_____. **Regiões de Influência das Cidades.** 2007.
- KEEBLE, B. R. **The Brundtland Report: “Our Common Future.** *Medicine and War*, v. 4, n. 1, p. 17–25, 1988.
- LA ROVERE, E. L.; PEREIRA, A. S.; SIMÕES, A. F. **Biofuels and Sustainable Energy Development in Brazil.** *World Development*, v. 39, n. 6, p. 1026–1036, 2011.
- LI, S.; ZHANG, J.; MA, Y. **Financial development, environmental quality and economic growth.** *Sustainability (Switzerland)*, v. 7, n. 7, p. 9395–9416, 2015.
- LORENZI, G. M. A. C. ***Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. - Arecaceae: bases para o extrativismo sustentável.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná-UFPR. p. 156, 2006.
- MARTINELLI, G. DO C. et al. **Decreasing uncertainties and reversing paradigms on the economic performance of agroforestry systems in Brazil.** *Land Use Policy*, v. 80, September 2018, p. 274–286, 2019.
- MONTOYA, S. G. **Ecofisiologia e Produtividade de *Brachiaria Decumbens* em Sistema Silvopastoril com Macaúba.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa - UFV, 2016.
- NAIK, S. N. et al. **Production of first and second generation biofuels: A comprehensive review.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 14, n. 2, p. 578–597, 2010.
- NORTH, D. C. **Teoria da localização e crescimento econômico regional.** *Economia regional e urbana: textos escolhidos*, v. 1938, p. 333–343, 1977.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R. S. **Inventário Florestal de Minas Gerais: Espécies Arbóreas da Flora Nativa**. Capítulo VI, 619p, 2008.

PINHO, D. M. M.; SUAREZ, P. A. Z. **From peanut oil to biodiesel-History and brazilian policy for the energetic use of fats and oils**. *Revista Virtual de Química*, v. 9, n. 1, p. 39–51, 2017.

PLATH, M. et al. **A novel bioenergy feedstock in Latin America? Cultivation potential of *Acrocomia aculeata* under current and future climate conditions**. *Biomass and Bioenergy*, v. 91, p. 186–195, 2016.

SHACKLETON, C. M.; PANDEY, A. K. **Positioning non-timber forest products on the development agenda**. *Forest Policy and Economics*, v. 38, p. 1–7, 2014.

SORRENTI, S. **Non-wood forest products in international statistical systems**. FAO, 2017.

SOARES, T. S. et al. **Produtos Florestais Não Madeireiros**. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, v. 1, n. 11, p. 1–7, 2008.

VIEIRA, F. C. **Diversidade Genética em Progenitores de Macaúba**. Tese de Doutorado. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, 2017.

WAHLÉN, C. B. **Opportunities for making the invisible visible: Towards an improved understanding of the economic contributions of NTFPs**. *Forest Policy and Economics*, v. 84, n. April, p. 11–19, 2017.

**APÊNDICE C – ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA BRASILEIRA DE
DESENVOLVIMENTO REGIONAL (SUBMETIDO)**

MODELO SUSTENTÁVEL DE IMPLANTAÇÃO DA MACAÚBA COMO ALTERNATIVA ECONOMICAMENTE VIÁVEL PARA PRODUTORES RURAIS NO CERRADO BRASILEIRO.

SUSTAINABLE MODEL FOR IMPLEMENTING MACAÚBA AS A ECONOMICALLY VIABLE ALTERNATIVE FOR RURAL PRODUCERS IN THE BRAZILIAN CERRADO.

Resumo:

O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel-PNPB foi criado em 2005 com o objetivo de implementar a cadeia de produção do biodiesel no Brasil e tinha entre suas diretrizes a busca pela sustentabilidade, estabilidade de preços e demanda além da busca pela mitigação de desigualdades regionais. A Macaúba (*A. aculeata*) é uma planta nativa brasileira com elevado rendimento de óleo por hectare e que pode ser utilizada em recomposição de Áreas de Reserva Legal desde que seja com manejo sustentável. Este trabalho objetiva verificar a viabilidade econômica deste tipo de cultivo. A metodologia é a de análise com ferramentas da engenharia econômica como Taxa Interna de Retorno, Payback Descontado e Valor Presente Líquido-VPL. Este modelo de implantação apresenta Taxa de Retorno de 41,21%. O VPL apresentou resultados favoráveis mesmo quando confrontado a Taxa de Atratividade de 12,0% a.a.. O retorno do investimento ocorreu no sétimo ano para Taxas de Atratividade inferiores a 4,5% a.a. e no oitavo ano para taxas inferiores a 12,0% a.a.. Conclui-se que políticas de incentivo à cadeia da Macaúba tem potencial para protagonizar enfim o alcance das diretrizes de sustentabilidade da cadeia de biocombustíveis com ótimos indicadores de viabilidade financeira.

Palavras Chave: Macaúba, viabilidade, sustentabilidade, biocombustíveis

Abstract:

The National Program for the Production and Use of Biodiesel-PNPB was created in 2005 with the objective of implementing the biodiesel production chain in Brazil and had among its guidelines the search for sustainability, price stability and demand, in addition to the attempt to mitigate regional inequalities. Macaúba (*A. aculeata*) is a native Brazilian plant with a high oil yield per hectare and which can be used in the restoration of Legal Reserve Areas as long as it is managed sustainably. This work sought to verify the economic viability of this type of crop. The methodology involves the analysis with economic engineering tools such as Internal Rate of Return, Discounted Payback and Net Present Value-NPV. This deployment model has a Return Rate of 41.21%. The NPV presented favorable results even when compared to the Attractiveness Rate of 12.0% p.a.. The return on investment occurred in the seventh year for Attractiveness Rates lower than 4.5% p.a. and in the eighth year for rates lower than 12.0% p.a.. The potential to take the lead in achieving the sustainability guidelines for the biofuels

chain with excellent indicators of financial viability was demonstrated by the incentive policies for the Macaúba chain.

Keywords: Macaúba, viability, sustainability, biofuels

Introdução

Em decorrência direta da segunda crise do petróleo, surge no Brasil, na década de 1970, um conjunto de programas para o incentivo aos combustíveis obtidos a partir de culturas vegetais energéticas. Dentre os programas lançados, o Proálcool, demonstrou a viabilidade técnica da produção em larga escala de Bioetanol com possibilidade de ser usado como combustível para automóveis (CARDOSO et al., 2017; LA ROVERE; PEREIRA; SIMÕES, 2011).

Nesse mesmo período, foi criado no Brasil o programa Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Pró-Óleo). O objetivo era a adição de óleos de origem vegetal ao óleo diesel em diferentes proporções, visando até mesmo a substituição total em caso de viabilidade (PINHO; SUAREZ, 2017).

Com a diminuição da volatilidade internacional das cotações de petróleo, o interesse pelo Pró-Óleo foi se escasseando até que o programa foi suspenso até ser retomado em 2005, quando o Governo Federal criou uma comissão com representantes de quatorze ministérios que ficou encarregada de implantar ações direcionadas à produção e ao uso de óleo vegetal/biodiesel como fonte alternativa de energia.

Desta iniciativa surgiu o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel-PNPB (BRASIL, 2004) que tem como objetivo a implementação da cadeia de produção do biodiesel no Brasil.

Estão apontadas como suas diretrizes, (i) a elaboração de um programa sustentável promovendo inclusão social através da geração de renda e emprego, (ii) a busca por garantir preços competitivos, qualidade e suprimento, e, (iii) que a produção do biodiesel fosse a partir de diferentes fontes oleaginosas, fortalecendo as potencialidades regionais para a produção de matéria-prima (BRASIL, 2004).

Destes três pontos, ao menos os dois últimos não foram alcançados durante o período de implantação e não há indícios de que serão alcançados com a urgência necessária.

Segundo dados da Agência Nacional de Petróleo-ANP (ANP, 2018), a matriz nacional das matérias-primas para o biodiesel é composta majoritariamente pela soja. Essa foi

a fonte de 70,0% do óleo ofertado para a produção de biodiesel em termos de média nacional no ano de 2017. Também como uma das matérias-primas, a gordura bovina ocupa a segunda posição de insumos, que corresponde em média a 13,3% do volume de óleo fornecido naquele ano. Os demais 9,7% se distribuíram em outros materiais graxos, com destaque para a gordura de aves (2,1%), gordura suína (1,7%) e óleo de palma/dendê (1,3%).

A soja é uma commodity negociada internacionalmente e, por isso, acaba tendo seus preços internos influenciados pelas cotações em mercados globais além de ser consequentemente influenciada pela equivalência entre os valores praticados por moeda. Essa relação levou a cotação do óleo de soja a registrar alta de 51,52% de setembro de 2020 a setembro de 2021¹⁰⁸ o que pode ter contribuído para que o Conselho Nacional de Política Energética-CNPE reduzisse a proporção de Biodiesel adicionado ao Diesel Fóssil de 13% para 10% desde maio de 2021¹⁰⁹.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade econômico-financeira da implantação da cultura da macaúba na recomposição de paisagens degradadas e mesmo em Áreas de Reserva Legal para a produção de frutos objetivando inicialmente fornecer insumos para cadeia produtiva de biocombustíveis.

A contribuição deste trabalho está em verificar a viabilidade desta implantação e fornecer subsídios para a construção de políticas públicas que objetivem a promoção de desenvolvimento regional referenciado em uma cadeia sustentável e no modelo de base de exportação de Douglas North.

Além desta introdução este artigo apresenta o referencial teórico com referências ao modelo de base de exportação e sustentabilidade de recuperação de paisagens degradadas para exploração de Produtos Florestais Não Madeireiros-PFNM's. Em seguida são apresentados os procedimentos metodológicos, resultados e discussões e, por fim, as considerações finais.

Referencial Teórico

¹⁰⁸ Fonte: Index Mundi <<https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=soybean-oil&months=12¤cy=brl>>. Acesso em 28/10/2021.

¹⁰⁹ Fonte: Resoluções CNPE 04, 10, 11 e 16 de 2021 <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/resolucoes-2021>> Acesso em 28/10/2021.

Mantendo a ótica de Desenvolvimento Sustentável e visando dar novo impulso ao setor de biocombustíveis, foi instituída a Política Nacional de Biocombustíveis-RENOVABIO, que visa expandir a produção de biocombustíveis tendo como foco a previsibilidade, a sustentabilidade ambiental, econômica e social, além do reconhecimento de seu papel estratégico no cumprimento dos compromissos assumidos em relação ao Acordo de Paris e da Convenção das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (BRASIL, 2018; GRASSI; PEREIRA, 2019)

A busca desses objetivos aponta para o conceito de Desenvolvimento Sustentável, que prioriza a satisfação das necessidades humanas, mas implica no respeito aos limites ambientais ou, em outras palavras, o desenvolvimento deve “garantir o atendimento às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades” (KEEBLE, 1988).

O termo sustentabilidade, quando usado em sua acepção mais abrangente, engloba as dimensões econômicas, sociais e ambientais e essa aponta que a busca pelo desenvolvimento econômico, inclusive como instrumento de erradicação da pobreza, está potencialmente relacionada a prejuízos ambientais diretos ou indiretos e deve levar em consideração estes efeitos colaterais (BARBIERI, 2018; LI; ZHANG; MA, 2015).

De fato a capacidade de obter ou produzir mercadorias de interesse que possam ser exportadas regionalmente contribui de sobremaneira para induzir o desenvolvimento de uma região.

Para compreender essa dinâmica, se recorre à teoria da Base de Exportação de Douglas North, a qual se vislumbra a aplicabilidade no caso da cadeia produtiva da Macaúba e seus produtos como base de exportação para que se possa promover ou acelerar o desenvolvimento da região.

Entende-se por desenvolvimento econômico o conceito que Schwartzman (1973) descreveu como sendo o processo pelo qual a renda nacional real de uma economia cresce por um longo período de tempo, medidos preferencialmente em décadas, e respeitando a alguns qualificadores: (i) que estivesse ocorrendo aumento da renda per capita, (ii) que estivesse havendo melhoria na distribuição da renda ou que, pelo menos não piorasse, (iii) que o número absoluto de pessoas abaixo de um determinado nível de renda estivesse diminuindo e (iv) que as divergências regionais de renda per capita em relação à média nacional não estejam se acentuando (SCHWARTZMAN, 1973).

Uma das mais notórias abordagens para o desenvolvimento regional é oriunda da observação e estudo do processo de desenvolvimento regional em certas localidades dos

Estados Unidos do início do século 18 que pareciam não se adequar ao modelo de crescimento regional vigente sob ótica das explicações dos economistas clássicos.

North (1977) constatou que neste caso especificamente, o desenvolvimento regional não obedecia à sequência de estágios lineares¹¹⁰ mas que pareciam por vezes saltar ou encurtar essas etapas. Ele então passou a defender que o desenvolvimento atípico das localidades estudadas estava vinculada à sua capacidade de produzir artigos exportáveis promovendo o desenvolvimento acelerado da região¹¹¹ (NORTH, 1977)

A constatação realizada por North nas áreas observadas apontou que o desenvolvimento ocorreu por meio da produção e exportação de produtos em regiões que estavam em estágios iniciais de desenvolvimento econômico, sem estrutura produtiva complexa, sem processo significativo de desenvolvimento, mas com população ainda reduzida e de baixa renda. Segundo o autor haviam nessas regiões instituições capitalistas buscando maximização de lucros e elementos de produção com mobilidade econômica que puderam ser realocados.

O que se espera, é que os coprodutos da cadeia produtiva da macaúba impulsionados pela demanda crescente de insumos para o setor de biocombustíveis possam constituir uma base de produtos de exportação. Neste sentido, pode-se aproveitar as condições edafoclimáticas para cultivo desta palmácea uma vez que seus óleos constituem insumos para obtenção de Biodiesel (fonte) cuja demanda é crescente e é estabelecida por legislação¹¹². Benefícios adicionais podem ser obtidos por proprietários de terras que necessitam recompor áreas de reserva legal. As etapas agrícolas e de logística da cadeia podem ser estimuladas como parte de uma estratégia de promoção de desenvolvimento regional ao mesmo tempo em que alcançam benefícios ambientais.

Consoante a etapa agrícola e as posteriores etapas de processamento, pode-se chegar a uma cadeia de integração logística com os centros produtores de biocombustíveis já que no estudo do North, verificou-se que devido à iniciativa governamental composta por subsídios fiscais ou financeiros e da criação ou aprimoramento de vias de transporte, pode-se observar reflexos vantajosos no custo de transferência.

Em seu estudo, North percebeu que a demanda pelos produtos destas regiões gerou grande exportação, e assim serviu como elo entre estas regiões e outros mercados,

¹¹⁰As fases são: economia de subsistência, desenvolvimento do comércio e da especialização local, comercialização inter-regional e diversificação das atividades agropecuárias, industrialização e especialização em atividades terciárias para exportação (LIMA e SIMÕES, 2010).

¹¹¹Entre 1860 e 1920, de 40% a 60% da renda regional do Pacífico Noroeste tinham origem no setor exportador de trigo, farinha e madeira (LIMA e SIMÕES, 2010).

¹¹²Lei Nº 11.097/2005, 13.033/2014, 13.263/2016 e Resolução CNPE 16 de 29/10/2018.

inclusive fora dos Estados Unidos. Em consequência, foram também observados que os efeitos positivos se estendiam a outros setores produtivos levando a transformações regionais, e possibilitando elevação no nível de renda absoluta e *per capita* da região (NORTH, 1977).

Segundo North (1977), o aumento das exportações tende a gerar efeitos de multiplicação e de aceleração em vários setores da economia. Os referidos setores são produzidos devido à renda e aos encadeamentos para trás e para frente, os quais, ao final do processo produtivo, desenvolvem demanda por serviços em transportes, comunicações, financiamentos, o que implica o surgimento e crescimento de centros nodais.

Além de ser pouco exigente em termos climáticos e de solo, a produção do óleo de macaúba ocorre por meio da coleta e processamento de seus frutos. A produção, portanto, se dá a partir do que é chamado de Produtos Florestais Não Madeireiros-PFNM, que são bens de origem biológica (que não a madeira) derivados de florestas nativas, florestas plantadas ou de árvores isoladas. Esse conceito evoluiu do original cunhado por Beer e McDermott em 1989 e por vezes são utilizados outros termos com significado parecido¹¹³ (SORRENTI, 2016).

Importante colocar que, por milênios, os PFNM têm sido para a humanidade a principal fonte de alimento, forragem, fibras, medicamentos e cosméticos e que grande parte das culturas alimentícias agrícolas é derivada de espécies originadas de estoques silvestres já que, destas, cerca de 300 espécies estão relacionadas a 90% da oferta mundial de alimentos (LORENZI, 2006; SIMONA SORRENTI, 2016; SOARES, 2008).

Dessa forma, o extrativismo de PFNM é visto como um mecanismo para a manutenção dos serviços ambientais, para a conservação da biodiversidade, para o incremento da economia regional e segurança alimentar e, também, para o incremento da economia global (LORENZI, 2006; SHACKLETON; PANDEY, 2014; WAHLÉN, 2017).

Metodologia

A literatura forneceu modelos de adensamento para implantação da cultura e permitiu estimar a produtividade em frutos e o rendimento esperado em óleo (MONTROYA, 2016; PIMENTEL *et al.*, 2011).

¹¹³Bens e benefícios não madeireiros, co-produtos florestais, produtos florestais complementares, recursos florestais alternativos, produtos florestais secundários entre outros (SORRENTI, 2017).

O espaçamento utilizado como referência é o de 4 m por 8 m, com 313 plantas distribuídas a cada hectare. Essa medida oferece boas condições de passagem de luz solar para o fomento a culturas subjacentes tendo sido testado em associação com capim braquiária para utilização como pastagem (MONTROYA, 2016).

A produção inicia-se com a maturidade das plantas com algo em torno de 16,0 kg por árvore e chega a 61,25 Kg¹¹⁴ no nível de plena produção quando cada hectare poderá produzir 19,17 toneladas de frutos a cada ano.

Tabela 52: Referência de Expectativa de Produtividade

Fator de Produção	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10 em diante
Quantidade de Cachos/Planta (em un)	2,0	2,5	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5
Quantidade de frutos/cacho (em un)	200	250	280	300	320	350	350
Massa do Fruto (em g)	40	45	48	49	50	50	50
Massa do Cacho (em kg)	8	11,25	13,44	14,7	16	17,5	17,5
Prod. por Planta (em kg)	16,00	28,13	40,32	44,10	56,00	61,25	61,25
Prod. por ha Esp 8 m por 4 m (em ton.ha ⁻¹)	5,01	8,80	12,62	13,80	17,53	19,17	19,17

Fonte: Adaptado de Pimentel (2011). Dados do projeto.

Os Coeficientes Técnicos utilizados para a construção destes cenários são provenientes de plantios experimentais (PIMENTEL *et al.*, 2011) e os indicadores de produtividade são baseados em cultivos experimentais ou em plantas selvagens, sem domesticação consolidada.

São adotados como referência para os preços de venda dos frutos o proposto por Pimentel (2011) que sugere tomar como referência os modelos de contratos entre indústrias processadoras de óleo de palma. Estes mercados estabelecem como preço da tonelada de frutos o equivalente a 10% a 12% da cotação da tonelada de óleo bruto. Nesta pesquisa é

¹¹⁴A literatura aponta que esses índices podem estar subestimados já que uma pesquisa mais recente apontou produtividade média de 75,4 kg em plantas selvagens (VILELA *et al.*, 2014). De qualquer forma, optou-se pela estimativa mais conservadora.

adotada como referência para o fruto da macaúba o equivalente a 12% da cotação do óleo de palma¹¹⁵ bruto.

Na falta de estimativas atualizadas, os valores individuais considerados para os coeficientes técnicos de Operações Mecanizadas e Operações Manuais e os Custos Administrativos foram atualizados por índice inflacionário¹¹⁶. Já os itens de Insumos são objeto de levantamento mensal conduzido pela CONAB e os valores considerados para cada item consistem na média de janeiro a junho de 2021 dos preços praticados no estado de Minas Gerais.

Como ferramentas de análise, a literatura de Engenharia Econômica fornece vasto ferramental de avaliação de projetos de investimento que invariavelmente vai se basear nas relações entre risco e retorno. Estas são variáveis que estão diretamente relacionadas e devem ser levadas em consideração nas etapas iniciais do processo de decisão para que a sua relação seja vantajosa para o produtor (LIMA *et al.*, 2015; MARTINELLI; SCHLINDWEIN; PADOVAN; GIMENES, 2019; MARTINELLI; SCHLINDWEIN; PADOVAN; VOGEL; *et al.*, 2019).

Uma forma bastante tradicional de avaliação é a do Valor Presente Líquido-VPL que indica a viabilidade de um projeto deduzindo o valor presente do investimento do valor presente dos fluxos de caixa futuros, considerando uma taxa mínima de atratividade. No caso do VPL, resultados maiores que zero indicam a viabilidade econômica do projeto. Para este indicador, quanto maior o resultado, melhor é a situação (BRUNI, 2013; SAMANEZ, 2007; TOLÊDO, 2010).

Outra medida para avaliação de projetos é a Taxa Interna de Retorno-TIR, que não tem objetivo de apresentar o resultado absoluto de viabilidade, mas de indicar sua taxa de retorno intrínseca. Neste caso o empreendedor deve comparar essa taxa com outras alternativas de investimento com níveis de risco semelhante, e também com alternativas de maior e também de menor risco. Do ponto de vista matemático é a taxa que faz com que o Valor Presente Líquido iguale o Investimento Inicial, ou em outras palavras, é a taxa que faz com que o VPL seja igual a zero (BRUNI, 2013; SAMANEZ, 2007; TOLÊDO, 2010).

Por sua vez, o método do *Payback* Descontado indica o tempo de recuperação do investimento, ou seja, indica o tempo em anos em que o valor presente dos fluxos de caixa

¹¹⁵Como não existem cotações de óleo de macaúba, utiliza-se o óleo de palma como referência.

¹¹⁶Foi escolhido o IGP-M já que tem como um dos principais fatores de ponderação o Índice de Preços ao Produtor Amplo (IPA-M) que está relacionado à medidas do setor produtivo e o Índice de Preços ao Consumidor (IPC-M).

previstos se iguala ao investimento inicial do projeto (BRUNI, 2013; LIMA *et al.*, 2015; MARTINELLI; SCHLINDWEIN; PADOVAN; VOGEL; *et al.*, 2019)

O cálculo do VPL e do *Payback* supõe que seja estabelecida uma Taxa Mínima de Atratividade – TMA, que pode ser um investimento alternativo. Neste caso, utiliza-se a estratégia de criar sete taxas diferentes sendo a central a Taxa Selic prevista pelo relatório FOCUS de 13/08/2021 com projeção de 7,50% para dezembro de 2021 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2021). A partir desta TMA central, são criadas três faixas acima e três abaixo acrescentando ou subtraindo 20% a cada degrau.

Resultados e Discussão

O modelo estudado neste trabalho foi idealizado como uma proposta de implantação para recomposição de paisagens degradadas que também possa ser utilizado para restituição de Áreas de Reserva Legal onde for demandado. Assume-se portanto que a aplicação deste modelo pressupõe que os empreendedores rurais já possuem a posse da terra e que buscam a recuperação de áreas.

A principal diferença deste modelo para os projetos florestais tradicionais não é quantitativa, mas qualitativa. É que a reabilitação produtiva se dá por meio de exploração de PFNM, que neste caso são os frutos da macaúba. A possibilidade da exploração desses itens florestais é inicialmente complementar, e não concorrente, à atividade econômica principal da propriedade.

Foi considerado a exemplo de Pimentel *et al* (2011) que o modelo de custos adotado seria o de custo operacional do empreendimento. Isso se baseia no pressuposto de que o empreendedor rural implementará a cultura com recursos próprios e sem recorrer a empréstimos. Pressupõe-se também o uso de equipamentos agrícolas em regime de aluguel uma vez que se objetiva verificar a viabilidade inclusive para projetos pequenos onde a aquisição de equipamentos pesados não se justifica. Essa conjectura direciona as simulações ao eliminar variáveis relacionadas a cálculo de vida útil, depreciação e até juros de financiamento de equipamentos.

Durante todo o ciclo do projeto os custos mais relevantes são os relacionados aos Insumos (Tabela 52). No ano 0 são importantes os custos com as mudas e a sua prevalência sobre os demais itens se mantém por causa da demanda de fertilizantes sobretudo após o início da produção.

Tabela 53: Análise Vertical dos Custos por Categorias para Implantação em ARL - 8 m por 4 m (em %)

	Ano 0		Anos 1 a 3		Anos 4 a 9		Ano 10 em diante	
	Custo (R\$.ha ⁻¹)	AV(%)	Custo (R\$.ha ⁻¹)	AV(%)	Custo (R\$.ha ⁻¹)	AV(%)	Custo (R\$.ha ⁻¹)	AV(%)
A- Operações Mecanizadas	466,82	8,30%	280,09	19,94%	560,17	12,75%	653,53	10,82%
B- Operações Manuais	1.600,74	28,45%	355,72	25,33%	1.261,92	28,72%	1.716,35	28,43%
C1- Insumos 8x4 – 313 plantas	3.218,72	57,20%	534,11	38,03%	2.252,23	51,26%	3.109,56	51,50%
D-Adm/Comerc.	340,43	6,05%	234,70	16,71%	319,25	7,27%	558,35	9,25%
Custo Total Anual por Ha (A+B+C1+D)	5.626,70	100,00%	1.404,62	100,00%	4.393,56	100,00%	6.037,79	100,00%

Fonte: Adaptado de Pimentel (2011). Dados do projeto.

Para a construção das análises é necessário construir o fluxo de caixa orçamentário do projeto em que constem as entradas e saídas com os fluxos de entrada e saída de recursos ao longo do horizonte previsto. Esta ferramenta fornece dados para a elaboração de indicadores e análises como por exemplo o Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, Pay-back Descontado, e outras que possam se fazer necessárias como a Análise de Sensibilidade e Risco.

Uma dessas particularidades é a de que os primeiros anos são de desembolsos com pouca ou nenhuma oportunidade de retorno de capital. Neste período de implantação da cultura, que corresponde aos primeiros cinco anos, é necessário que se disponibilize montante de R\$10.401,00 a cada hectare plantado.

A produção inicia-se no quinto¹¹⁷ ano gerando uma injeção de capital crescente e estável. O saldo resultante da confrontação entre os fluxos de saídas e entradas de capital torna-se positivo no sétimo ano¹¹⁸ quando se estabilizará em torno do que pode ser a plena produtividade da cultura (CÉSAR *et al.*, 2015; COLOMBO *et al.*, 2018; PLATH *et al.*, 2016).

Com base nos procedimentos metodológicos citados foi construído o fluxo de caixa deste projeto (Tabela 54) onde são evidenciadas características típicas de projetos florestais como retorno de longo prazo.

¹¹⁷ O quinto ano equivale ao ano 04 da Tabela 01, já que o ano de implantação da cultura foi chamado de ano 0.

¹¹⁸ O sétimo ano equivale ao ano 06 da Tabela 01. Ver comentário anterior.

Tabela 54: Fluxo de Caixa do Modelo Realista com Implantação em ARL (8 m por 4 m)

Ano	Custo Total (R\$)	Produção (t.ha-1)	Receita (R\$)	Lucro/Prejuízo (R\$)	Saldo Líquido (R\$)
Implantação	0	5.627	0	0	(5.627)
	1	1.517	0	0	(1.517)
Formação	2	1.637	0	0	(1.637)
	3	1.768	0	0	(1.768)
	4	5.970	5,01	5.508	(462)
	5	6.540	8,80	10.713	4.173
Prod. Crescente	6	7.163	12,62	16.992	9.829
	7	7.768	13,80	20.562	12.794
	8	8.503	17,53	28.889	20.386
	9	9.235	19,17	34.959	25.723
	10	12.996	19,17	38.678	25.683
	11	14.031	19,17	42.794	28.763
Prod. Estável	12	15.149	19,17	47.347	32.198
	13	16.356	19,17	52.385	36.029
	14	17.659	19,17	57.958	40.299
	15	19.066	19,17	64.125	45.059

Dados do projeto.

Neste modelo de implantação e neste cenário, o VPL é favorável para todas as TMA's o que evidencia a viabilidade do modelo já que o resultado é favorável mesmo quando comparado a um investimento concorrente com rentabilidade de 12% que é uma taxa bastante razoável em uma economia estabilizada. Na verdade, para que um investimento possa se equiparar a este, a sua rentabilidade precisaria equivaler à Taxa Interna de Retorno que neste caso é de 41,21% que é dificilmente alcançada mesmo em atividades com patamares de riscos mais elevados.

Tabela 55: VPL e TIR do Modelo Realista com Implantação em ARL (8 m por 4 m) para cada TMA

TMA	VPL – 15 períodos (R\$)	TIR – 15 períodos
3,00%	161.019	
4,50%	136.766	
6,00%	116.417	
7,50%	99.285	41,21%
9,00%	84.811	
10,50%	72.543	
12,00%	62.111	

Dados do projeto.

O Payback Descontado leva em consideração não apenas o resultado financeiro mas adiciona o custo do dinheiro no tempo em função de uma Taxa de Atratividade, o que conduz a uma ideia mais coerente do retorno de capital. Novamente, optou-se por confrontar o resultado a diferentes faixas de taxas de forma a ampliar a capacidade preditiva da análise.

Neste caso, o fluxo de caixa do projeto apresenta retorno no sétimo ano em todas as TMA's estudadas, o que indica que este projeto apresenta saldo positivo em até sete anos, mesmo quando comparado a uma alternativa que rentabilize o capital em 12% a.a.. É razoável apontar que a partir desta taxa, seriam necessários prazos maiores para o retorno de capital.

Tabela 56: Payback do Modelo Realista com Implantação em ARL (8 m por 4 m) para cada TMA (em R\$)

	TMA						
	3,00%	4,50%	6,00%	7,50%	9,00%	10,50%	12,00%
0	(5.627)	(5.627)	(5.627)	(5.627)	(5.627)	(5.627)	(5.627)
1	(7.099)	(7.078)	(7.057)	(7.037)	(7.018)	(6.999)	(6.981)
2	(8.642)	(8.577)	(8.515)	(8.454)	(8.396)	(8.340)	(8.286)
3	(10.260)	(10.126)	(9.999)	(9.877)	(9.761)	(9.650)	(9.544)
4	(10.671)	(10.514)	(10.365)	(10.223)	(10.088)	(9.960)	(9.838)
5	(7.071)	(7.165)	(7.247)	(7.317)	(7.376)	(7.427)	(7.470)
6	1.160	382	(318)	(948)	(1.516)	(2.028)	(2.491)
7	11.563	9.784	8.191	6.764	5.483	4.332	3.297
8	27.656	24.119	20.981	18.194	15.714	13.503	11.530
9	47.371	41.428	36.207	31.611	27.558	23.976	20.806
10	66.481	57.966	50.548	44.072	38.406	33.439	29.075

Dados do projeto. Grifo nosso.

Segundo o Censo Agropecuário (IBGE, 2017), existem no Vale do Jequitinhonha 56.190 estabelecimentos rurais, totalizando aproximadamente 2,75 milhões de hectares. Ao se adotar a reserva de 20% do espaço para composição de Áreas de Reserva Legal, pode-se inferir que uma área equivalente a 550.000 ha estão disponíveis para implantação de sistemas florestais com espécies nativas cujos PFNM podem ser explorados.

Assumindo que todo o montante de ARL disponível no Vale do Jequitinhonha fosse convertido em sistemas agroflorestais no espaçamento de 8 x 4 m¹¹⁹ (MONTROYA, 2016), tem-se que, após o período de seis anos de implantação do sistema essa região possa ser capaz de produzir aproximadamente 10,54 milhões de toneladas de coco de macaúba¹²⁰ a cada ano ou a 2,43 milhões de toneladas de óleo bruto de polpa e semente¹²¹.

Considerações Finais

A Palmeira Macaúba é uma planta nativa e ocorre em biomas diversos, com destaque para áreas de cerrado, onde a degradação ambiental é frequente. Além de ser planta

¹¹⁹ Equivalente a 313 plantas por hectare.

¹²⁰ Dados do projeto.

¹²¹ Dados do projeto. Rendimento de óleo descrito por Del Rio (2017) com base em frutos selvagens do estado de Minas Gerais.

perene, o rendimento de óleo por hectare pode ser dez vezes maior que o da soja, o que implica em demanda substancialmente menor de área além de custos potencialmente menores.

Deve-se observar que as condições estudadas visam recuperação de áreas degradadas com uma implantação não-intensiva de forma a permitir a passagem de luz solar. Se por um lado esse adensamento favorece pouco a produção, por outro lado, são potencializados os serviços ambientais, a preservação ou recuperação de áreas de bioma cerrado. A conversão destes serviços em renda têm sido estimulada por ferramentas como os instrumentos financeiros de crédito de carbono.

Mesmo nestas condições de produtividade limitada, o fluxo de caixa deste projeto sugere condições adequadas ao risco e prazo já que a Taxa de Retorno é de 41,21%, o que é bastante elevada para os padrões do mercado financeiro brasileiro da atualidade.

O VPL é positivo em todas as situações estudadas o que reforça a sugestão de viabilidade. Assim como no caso do Payback Descontado esse indicador foi submetido a comparação com investimentos alternativos com Taxas de Atratividade que variaram de 3,0% a 12,0% tendo resposta positiva em todas as faixas.

De fato, com retorno do capital investido considerando investimentos alternativos ocorre em sete anos o que é um fator que o pequeno proprietário deve levar em consideração. A inexistência de entradas de capital nos primeiros anos da implantação da cultura pode ser enfrentada com as linhas de financiamento florestais já ofertadas por agentes de mercado, mas não deixa de ser uma barreira.

Uma limitação importante deste estudo é que ele reflete as condições do mercado atual e, portanto, sob influência da instabilidade global causada pela epidemia de SARS-COV2 que pode ter relação com desequilíbrios nas relações de oferta e demanda, com impacto em índices de preços.

Não é possível saber de antemão se essa influência nos indicadores inflacionários e nas taxas de juros são de curto, médio, ou longo prazo sem estudos adicionais. Portanto é imperativo desenvolver uma revisão deste material no futuro.

A Macaúba tem potencial para ser estimulada como meio de atendimento à legislação florestal simultaneamente à exploração econômica sustentável de seus frutos. Essa cadeia de fornecimento de insumos para biodiesel pode ser o ponto de partida para levar os benefícios da cadeia de biocombustíveis para regiões que não puderam ser alcançadas pelas etapas anteriores.

Talvez assim, o PNPB possa finalmente alcançar suas diretrizes e fazer chegar benefícios econômicos, ambientais e sociais a pessoas e regiões que até o momento são pouco favorecidas.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Relatório Focus**. [S.l.]: [s.n.], 2021. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/publicacoes/focus/13082021>>.

BARBIERI, J. C. Inovação E Sustentabilidade. **Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas**, 2018. v. 3, n. 1, p. 43.

BRASIL. Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) – Lei nº 13.576/2017. 2018.

BRUNI, A. L. **Avaliação de investimentos**. 2a. ed. São Paulo: Atlas, 2013. V. 53.

CÉSAR, A. D. S. *et al.* The prospects of using *Acrocomia aculeata* (macaúba) a non-edible biodiesel feedstock in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 2015. v. 49, p. 1213–1220. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.125>>.

COLOMBO, C. A. *et al.* Macauba: A promising tropical palm for the production of vegetable oil. **OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids**, 2018. v. 25, n. 1. Disponível em: <<http://www.ocl-journal.org/10.1051/ocl/2017038>>.

GRASSI, M. C. B.; PEREIRA, G. A. G. Energy-cane and RenovaBio: Brazilian vectors to boost the development of Biofuels. **Industrial Crops and Products**, 2019. v. 129, n. July 2018, p. 201–205. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.006>>.

IBGE, I. B. De G. E. E. Censo agropecuário 2017. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.**, 2017. v. 7, n. 01036157, p. 1–180. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3093/agro_2017_resultados_preliminares.pdf>.

KEEBLE, B. R. The Brundtland Report: “Our Common Future”. **Medicine and War**, 1988. v. 4, n. 1, p. 17–25.

LI, S.; ZHANG, J.; MA, Y. Financial development, environmental quality and economic growth. **Sustainability (Switzerland)**, 2015. v. 7, n. 7, p. 9395–9416.

LIMA, J. D. De *et al.* A systematic approach for the analysis of the economic viability of investment projects. **International Journal of Engineering Management and Economics**, 2015. v. 5, n. 1/2, p. 19.

LORENZI, G. M. A. C. *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. - Arecaceae: bases para o extrativismo sustentável. 2006. p. 156.

MARTINELLI, G. Do C.; SCHLINDWEIN, M. M.; PADOVAN, M. P.; GIMENES, R. M. T. Decreasing uncertainties and reversing paradigms on the economic performance of agroforestry systems in Brazil. **Land Use Policy**, 2019. v. 80, n. September 2018, p. 274–286. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.09.019>>.

_____; _____; _____; VOGEL, E.; *et al.* Environmental performance of agroforestry systems in the Cerrado biome, Brazil. **World Development**, 2019. v. 122, p. 339–348. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.06.003>>.

MONTOYA, S. ECOFISIOLOGIA E PRODUTIVIDADE DE *Brachiaria decumbens* EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM MACAÚBA. [S.l.]: 2016. p. 93. Disponível em: <<https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/>

GrauePublikationen/MT_Globalization_Report_2018.pdf%0Ahttp://eprints.lse.ac.uk/43447/1/India_globalisation%2C society and inequalities%28Isero%29.pdf%0Ahttps://www.quora.com/What-is-the>.

NORTH, D. C. Teoria da localização e crescimento econômico regional. **Economia regional e urbana: textos escolhidos.**, 1977. v. 1938, p. 333–343.

PIMENTEL, L. D. *et al.* EPAMIG - Informe Agropecuário - produção do cultivo da macaúba. **Informe Agropecuário**, 2011. v. 32, n. nov./dez., p. 61–69.

PLATH, M. *et al.* A novel bioenergy feedstock in Latin America? Cultivation potential of *Acrocomia aculeata* under current and future climate conditions. **Biomass and Bioenergy**, 2016. v. 91, p. 186–195. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.04.009>>.

POLÍTICA, D. A.; BIOCOMBUSTÍVEIS, N. D. E. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. 2017.

SAMANEZ, C. P. **Matemática Financeira**. 4a. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2007.

SCHWARTZMAN, J. **O Desenvolvimento da Teoria da Base de Exportação como uma Teoria do Desenvolvimento Regional**. [S.l.]: Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 1973.

SHACKLETON, C. M.; PANDEY, A. K. Positioning non-timber forest products on the development agenda. **Forest Policy and Economics**, 2014. v. 38, p. 1–7. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2013.07.004>>.

SIMONA SORRENTI. **Non-wood forest products in international statistical systems**. [S.l.]: [s.n.], 2016.

SOARES, T. S. Revista científica eletrônica de engenharia florestal - issn 1678-3867 periodicidade semestral – edição número 11 – fevereiro de 2008. 2008. p. 1–7.

TOLÊDO, D. P. Análise técnica, econômica e ambiental de macaúba e de pinhão-manso como alternativas de agregação de renda na cadeia produtiva de biodiesel. 2010. p. 92.

VILELA, M. De F. *et al.* Maciços naturais de macaúba (*Acrocomia aculeata*): mapeamento e análise do potencial para produção de biodiesel. **9º Congresso Internacional De Bioenergia São Paulo – Sp**, 2014. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1001916>>.

WAHLÉN, C. B. Opportunities for making the invisible visible: Towards an improved understanding of the economic contributions of NTFPs. **Forest Policy and Economics**, 2017. v. 84, n. April, p. 11–19. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2017.04.006>>.