



UFBA

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

DOUTORADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

DAYVID SOUZA SANTOS

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIAIS DE
BIORREFINARIAS DE PEQUENO E MÉDIO
PORTE NO TERRITÓRIO LITORAL SUL DA
BAHIA CONSIDERANDO A SELEÇÃO DE
TECNOLOGIAS PARA BIOATIVOS:
UM MODELO MCDA



PEI

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Salvador
2023

DAYVID SOUZA SANTOS

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS SOCIAIS DE
BIORREFINARIAS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE NO
TERRITÓRIO LITORAL SUL DA BAHIA CONSIDERANDO A
SELEÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA BIOATIVOS: UM
MODELO MCDA**

Trabalho apresentado como requisito para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Industrial pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia sob a orientação dos professores doutores **Ricardo de Araújo Kalid** e **Fernando Luiz Pellegrini Pessoa**.

Salvador, 2023

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

Santos, Dayvid Souza

Avaliação dos impactos sociais de biorrefinarias de pequeno e médio porte no Território Litoral Sul da Bahia considerando a seleção de tecnologias para bioativos: Um Modelo MCDA / Dayvid Souza Santos. -- Salvador - Ba, 2023

244 f. il 30

Orientador: Ricardo de Araújo Kalid.

Coorientador: Fernando Luiz Pellegrini Pessoa.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial) -- Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal da Bahia - Escola Politécnica, 2023.

1. Biorrefinarias. 2. Impacto social. 3. Bioativos. 4. MCDA. 5. Tecnologia. I Kalid, Ricardo de Araujo .II Pessoa, Fernando Luiz Pellegrini. III Universidade Federal da Bahia Escola Politécnica. IV Título

“Avaliação dos Impactos Sociais de Biorrefinarias de Pequeno e Médio Porte no Território Litoral Sul da Bahia considerando a Seleção de Tecnologias para Bioativos: Um Modelo MCDA”.

DAYVID SOUZA SANTOS

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

Examinada por:




Prof. Dr. Ricardo de Araújo Kalid


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

Documento assinado digitalmente
gov.br FERNANDO LUIZ PELLEGRINI PESSOA
Data: 21/07/2023 13:14:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dr. Fernando Luiz Pellegrin Pessoa Doutor em Engenharia Química, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1992

Documento assinado digitalmente
 EWERTON EMMANUEL DA SILVA CALIXTO
Data: 20/07/2023 19:57:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dr. Ewerton Emmanuel da Silva Calixto Doutor em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2016

Documento assinado digitalmente
 MISCHEL CARMEN NEYRA BELDERRAIN
Data: 20/07/2023 13:59:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Mischel Carmen Neyra Belderrain Doutor em Engenharia Aeronáutica e Mecânica, pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Brasil, 1998

Documento assinado digitalmente
 ANA PAULA HENRIQUES GUSMAO DE ARAL
Data: 21/07/2023 10:24:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ana Paula Henriques de Gusmão Doutor em Engenharia de Produção, pela Universidade Federal de Pernambuco, Brasil, 2009

Documento assinado digitalmente
 SOCRATES JACOBO MOQUETE GUZMAN
Data: 20/07/2023 15:18:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Sócrates Jacobo Moquete Guzmán Doutor em Ciências Políticas, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2003

Salvador, BA
BRASIL julho
de 2023

À minha esposa, meus filhos, mãe, meu pai, meus irmãos.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Jessevanda Galvino de Almeida pelo encorajamento, tolerância, carinho e solidariedade para que eu possa concluir esta tarefa. Te amo.

Aos meus filhos Anthony, Arthur e Heitor, que tiveram que tolerar minhas ausências, te amo.

Aos meus pais, Maria Djalma e Sinézios dos Santos e aos meus irmãos, Dayse Souza e Dayvison Souza pelo apoio dado em todos os momentos.

Aos amigos do PEI/UFBA, pelo incentivo irrestrito, e parceria.

Ao meu orientador, professor Dr. Ricardo Kalid, pelo incentivo, orientação e ensinamentos, bem como a sua esposa Christyanne R. Estrela Kalid (in memória), pela atenção e presteza.

Ao meu co-orientador, professor Fernando Pellegrini, pelas dicas, incentivo e compartilhamento de informações.

Ao Superintendente de Economia Solidária da Bahia, Milton Barbosa, por ter oportunizado a realização deste trabalho.

Aos colegas Tito Ianda, Fárlei C. Gomes, Rilton Primo, pela parceria ao longo dessa caminhada.

À todos os colegas da Secretaria do Trabalho da Bahia, que me ofereceram suporte e apoio.

RESUMO

Avaliar o impacto social em projetos de biorrefinarias de pequeno e médio porte é fundamental para compreender as relações entre a sociedade e essas bioindústrias. Porém, um dos principais desafios está na aplicação de métodos que permitem considerar os aspectos quantitativos como minimização de custo e os qualitativos relacionados aos fatores, sociais, tecnológicos, psicológicos, culturais, entre outros que condicionam o comportamento dos indivíduos que vivem em comunidades e, serão impactados por projetos de intervenção. À luz da discussão citada anteriormente, este estudo possui como objetivo avaliar os impactos sociais de pequenas e médias biorrefinarias, a partir da seleção de tecnologias para bioativos por meio de um Modelo Apoio a Decisão Multicritério – MCDA (*Multicriteria Decision Making Analysis*), com vista ao desenvolvimento humano do Território Litoral Sul da Bahia - TLS. Nesse sentido, este trabalho contribui no tema ao apontar evidências sobre diversas rotas tecnológicas que preservem ou conservem a Mata Atlântica e ao mesmo tempo estabelece relações positivas com a sociedade. A partir dessa premissa, as seguintes contribuições foram apresentadas (i) avaliar métodos e métricas que quantifiquem o impacto social de biorrefinarias; (ii) desenvolver uma análise socioeconômica das cooperativas e associações familiares do TLS; (iii) realiza mapeamento tecnológico dos pequenos produtores familiares do TLS; (iv) quantificar o potencial dos bioprodutos extraídos da Mata Atlântica e as aplicações de biorrefinarias de pequeno e médio porte; v) desenvolver um modelo MCDA de avaliação de impacto de sociais de biorrefinarias de pequeno e médio porte, considerando as diversas tecnologias de bioativos. Os resultados apontam a existência de uma carência de pesquisas direcionadas à investigação dos aspectos sociais de biorrefinaria de pequeno e médio porte. Há necessidade de analisar as diferentes rotas tecnológicas para a produção de multiprodutos bem como apontam as tecnologias Cavitação Hidrodinâmica e Catálise Heterogênea como aquelas que podem impactar positivamente em relação as questões sociais em territórios e consequentemente gerar novas oportunidades de negócio e de vida saudável. Conclui-se que a ausência de uma política nacional atualizada e eficiente para o desenvolvimento de tecnologias, orientada para o aproveitamento da biomassa, que visem a promoção dos impactos sociais positivos, tem provocado empobrecimento das comunidades bem como uma proliferação de trabalho análogo ao escravo nas diversas regiões do país. Portanto, o modelo proposto pode ser utilizado por tomadores de decisões para simplificar o processo de avaliação de tecnologias a serem utilizadas para bioconversão de matérias primas em diversos de produtos de alto valor agregado nas pequenas e médias biorefinarias, bem como ser útil para apoiar a implementação de estratégias que favorecem o desenvolvimento tecnológico e humano de comunidades.

Abstract

Assessing the social impact of small and medium-sized biorefinery projects is essential to understanding the relationship between society and these bioindustries. However, one of the main challenges is the application of methods that allow considering quantitative aspects such as cost minimization and qualitative aspects related to social, technological, psychological, cultural factors, among others, that condition the behavior of individuals who live in communities and, will be impacted by intervention projects. In the light of the aforementioned discussion, this study aims to evaluate the social impacts of small and medium-sized biorefineries, based on the selection of technologies for bioactives through a Multicriteria Decision Making Analysis Support Model - MCDA (Multicriteria Decision Making Analysis), with a view to to the human development of the Território Litoral Sul da Bahia - TLS. In this sense, this work contributes to the theme by pointing out evidence on different technological routes that preserve or conserve the Atlantic Forest and, at the same time, establish positive relationships with society. From this premise, the following contributions were presented (i) to evaluate methods and metrics that quantify the social impact of biorefineries; (ii) develop a socioeconomic analysis of TLS cooperatives and family associations; (iii) carries out technological mapping of small family producers in the TLS; (iv) quantify the potential of bioproducts extracted from the Atlantic Forest and the applications of small and medium-sized biorefineries; v) to develop a MCDA model for evaluating the social impact of small and medium-sized biorefineries, considering the different bioactive technologies. The results indicate the existence of a lack of research aimed at investigating the social aspects of small and medium-sized biorefineries. There is a need to analyze the different technological routes for the production of multi-products, as well as pointing out the Hydrodynamic Cavitation and Heterogeneous Catalysis technologies as those that can positively impact social issues in territories and consequently generate new business opportunities and healthy living. It is concluded that the absence of an up-to-date and efficient national policy for the development of technologies, oriented towards the use of biomass, aimed at promoting positive social impacts, has caused the impoverishment of communities as well as a proliferation of work analogous to slavery in the different regions of the country. Therefore, the proposed model can be used by decision makers to simplify the process of evaluating technologies to be used for bioconversion of raw materials into several high value-added products in small and medium-sized biorefineries, as well as being useful to support the implementation of strategies that favor the technological and human development of communities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas necessárias para o processo de construção do modelo de decisão multicritério.....	13
Figura 2: Etapas do processo de construção do modelo de decisão multicritério.....	14
Figura 4: Preços de produtos bioquímicos para diferentes categorias de produtos. (1 € = 6,38 R\$, cotação atual).....	22
Figura 5: Sistema de produção da biorrefinaria.....	23
Figura 6: Fluxograma do processo de desenvolvimento desta Tese.....	30
Figura 7: Fluxograma das fases e etapas do modelo proposto.....	32
Figura 8: Classificação das Tecnologias considerando as preferências do decisor.....	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Categorização das variáveis de impacto social desenvolvidas para mensurar as intervenções sociais nas comunidades.....	9
Quadro 2: Descrição dos conceitos de biorrefinarias.	21
Quadro 3: Relação das tecnologias (alternativas) identificadas na prospecção tecnológica.	34
Quadro 4: Critérios definidos pelos especialistas, bem como sua posição em relação aos valores. ...	37
Quadro 5: Matriz de decisão para definição de tecnologia de biorrefinaria de acordo com os indicadores sociais.....	39

TABELA

Tabela 1: Matriz de consequência.....	17
Tabela 2: Critérios gerais para o Promethee.	18
Tabela 3: Escala de impacto para avaliação dos critérios	37
Tabela 4: Pesos definidos pelo ROC em cada critério.	41
Tabela 5: Resultado da análise de sensibilidade de Monte Carlo para 70 mil casos.	47

Sumário

1 Introdução.....	1
1.3 Objetivo geral	4
1.4 Objetivos específicos	4
1.5 Estrutura do trabalho	4
1.6 Publicações	5
1.6.1 Trabalhos submetidos.	5
1.6.2 Trabalhos aceitos.	6
2 Revisão bibliográfica.....	7
2.1 Avaliação de impacto social.	7
2.2 Métodos de decisão multicritério.....	11
2.2.1 Diferença entre métodos e modelos de apoio a decisão.	12
2.2.2 Classificação da problemática e dos métodos.	14
2.2.3 Modelagem de preferência.	16
2.2.4 Família Promethee de métodos multicritérios	17
2.2 Estruturação de problemas.....	20
2.3 Biorrefinarias de pequeno e médio porte.....	20
2.4 Prospecção tecnológica.....	24
2.5 Síntese do Estado da Arte	26
2.6 Considerações finais do capítulo	27
3 Materiais e métodos.....	28
3.1 Escopo geral da pesquisa.....	28
3.2 Modelo MCDA proposto.	31
3.3 Fase 1 - Prospecção tecnológica.....	33
3.3.1 Estudos iniciais e definição da estratégia	33
3.3.2 Escolha da base de dados para a identificação das patentes	33
3.3.3 Escolha dos termos	33
3.3.4 Coleta de dados, definição das patentes e das alternativas	34
3.4. Fase 2 - Estruturação do problema.	34
3.4.1 Definição do decisor	35
3.4.2 Estruturação dos objetivos e critérios	35
3.4.3 Estabelecer espaço de consequências	38
3.5 Fase 3 - Aplicação do método Promethee II.....	40

3.5.1 Promethee II.	40
4 Resultados e discussão.....	43
4.1 Análise de sensibilidade e recomendação final	46
4.2 Limitações	47
5 Considerações finais.....	48
6 Sugestões para pesquisas futuras.....	49
Referências.....	50
APÊNDICE:	60

1 Introdução

O desenvolvimento de atividades econômicas, sem que haja uma maior valorização humana, tem provocado inúmeras implicações econômicas, sociais e ambientais ao redor do planeta, a saber: i) a exclusão social; ii) o deslocamento de famílias; e iii) diversos problemas de saúde decorrentes de atividades antrópicas. Esses impactos relatados, exigem, de instituições públicas e privadas, a implementação de medidas que visem promover a sustentabilidade do planeta, entre elas, o cumprimento dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para um futuro seguro e sustentável, definidos pelas Nações Unidas, que ressalta que, para qualquer projeto ser considerado sustentável, é necessário contemplar, três dimensões da sustentabilidade: social, ambiental e econômica (LEE, K.; JUNG, 2019).

O entendimento de sustentabilidade da ONU em tripla dimensão, fez surgir na década de 70, discussões a respeito da avaliação de impacto social, impulsionada principalmente pelo movimento Not In My Back Yard – NIMBY, (que significa "não em meu quintal") que instrumentalizava a oposição das comunidades às instalações de projetos industriais de energia renováveis em várias partes do mundo (GIULIANO *et al.*, 2018; THESIS; AMSTERDAM, 2019). Este movimento propagava a ideia de que era necessário ouvir as opiniões das comunidades locais antes de uma instalação ser proposta, este fato, fez com que o impacto social fosse considerado um tipo avaliação diferente da ambiental (VLACHOKOSTAS *et al.*, 2020).

Os impactos sociais são definidos como aqueles oriundos de um ato particular, qual alteram de forma significativa o dia a dia de como as pessoas vivem, exercem as suas funções laborais, se divertem, passam a se relacionar com as outras pessoas, ou como organizam os atos para superar e suprir às necessidades, por tanto, os impactos sociais, de forma geral, buscam compreender as mudanças que afetam interação na sociedade (VANCLAY, 2002)

A Avaliação de Impacto Social (SAI), é compreendida como uma forma de se mensurar por meio de métodos científicos, e portanto, conhecer antecipadamente, o custo benefício das consequências sociais, sejam elas, intencionais ou não, positivas ou negativas, que impactam as partes interessadas, quando da implantação de projetos governamentais ou privados ao longo do tempo (TAYLOR, C. N.; MACKAY; PERKINS, 2021). De acordo com Vanclay *et al.*, (2015), a SAI é essencial para garantir que processos avaliativos cumpram ritos de governança participativa, potencializados pelo julgamento combinado de especialistas e partes interessadas. A SAI é tão importante quanto a avaliação dos impactos econômicos, contribuindo a que os planejadores, proponentes de projetos, população afetada e tomadores de decisão antecipem possíveis consequências sociais dos projetos propostos nas comunidades, evitando maiores desastres humanos (DU PISANI;

SANDHAM, 2006).

Um desdobramento da SAI é a avaliação de novas tecnologias sociais. Neste sentido, estudos prospectivos, baseados em análise de patentes, são importantes ferramenta na identificação de novas tecnologias e suas relações com a sociedade, identificando o comportamento de variáveis socioeconômicas, tecnológicas e suas interações com o mercado, por meio de um documento visual que reconhece os principais *players* envolvidos, além de estabelecer os parâmetros-chave do mercado, do produto e das tecnologias no tempo. Tais instrumentos subsidiam tomadores de decisão e formuladores de políticas rumo a cenários desejados em termos de inovação tecnológica para a indústria, economia e sociedade (FRANÇA *et al.*, 2018; LEE, S.; PARK, 2005; PETERS; ULBER; WAGEMANN, 2014).

Tal como a SAI, a avaliação destas novas tecnologias, que teoricamente subsidiariam a proposição de biorrefinarias de pequena escala, deve considerar múltiplos aspectos (e não apenas custo-benefício), bem como os interesses das diferentes partes impactadas pela implantação de tais projetos, o que envolve a sociedade civil, governo, agentes econômicos, entre outros. Portanto, esses estudos prospectivos para identificação de novas tecnologias geradoras de impactos sociais positivos carecem do apoio de ferramentas analíticas que garantam uma avaliação estruturada e rigorosa das tecnologias, considerando múltiplos critérios de avaliação. Além disso, é importante que a avaliação seja feita de forma transparente, visto que as consequências dessas avaliações podem impactar (positiva ou negativamente) a vida de terceiros no futuro.

Estudo revelam que as biorrefinarias de pequeno e médio porte, despontam como uma alternativa potencialmente capaz de gerar desenvolvimento social, já que é possível a utilização de tecnologias mais acessíveis as comunidades rurais que permitem o uso de espécies florestais nativas ou exóticas, extraídas diretamente de plantas vivas da Mata Atlântica para obtenção de bioprodutos diversos, com o intuito de gerar renda e contribuir para a melhoria da qualidade de vida das comunidades rurais.

Essas unidades industriais citadas apresentam-se ainda como uma oportunidades para os pequenos produtores rurais e as cooperativas locais do TLS produtoras de cacau, de outras culturas agrícolas e florestais, já que possibilita integrar sua produção - setor primário - que produz produtos de baixo valor agregado a uma cadeia de abastecimento com produtos de alto valor agregado, quando da extração de bioativos, a exemplo dos flavonoides e procianidinas (oriundos dos produtos locais), que exercem no organismo humano efeitos antioxidantes, reduzindo as chances de surgimento de doenças, além de inibir a formação de infecções graves e melhorar o funcionamento cardiovascular, bem como promover benefícios sociais como criação de empregos qualificados nas biorrefinarias e no campo.

Neste sentido, uma ferramenta que pode ser útil é o Análise de Decisão Multicritério – MCDA

(*Multicriteria Decision Making Analysis*). Considerando a combinação de prospecção tecnológica com MCDA, teria-se o seguinte *framework*: a prospecção tecnológica seria responsável por apresentar as tecnologias emergentes (levantamento das alternativas); em seguida a MCDA analisaria as tecnologias em relação a múltiplos critérios, com base nas preferências de decisores, buscando identificar aquela(s) cuja(s) consequências implicassem em mais valor de desenvolvimento social. É importante aclarar que a MCDA é uma coleção de abordagens sistemáticas, desenvolvidas especificamente para apoiar a avaliação de alternativas em termos de objetivos múltiplos e muitas vezes conflitantes (EISENFÜHR; WEBER, 1993).

Destaca-se, também, que os métodos multicritérios possibilitam orientar uma justa tomada de decisão que vise, por exemplo, a minimização de impactos sociais negativos e a maximização dos efeitos combinando indicadores quantitativos com os de natureza qualitativa, a saber, minimização de custos, minimização de distâncias, impostos locais, exigências legais, atitudes da comunidade e condições de vida, e compara-los com as alternativas tecnológicas (GUAZZELLI; DA CUNHA, 2015). Portanto, apresentam-se mais consistentes para avaliar a percepção humana em relação a um projeto de intervenção, já que é possível reproduzir uma situação da forma mais próxima da realidade.

Observa-se na literatura, uma carência de estudos que consideram métodos de decisão MCDA com vista a analisar os impactos sociais e ambientais de biorrefinarias de pequeno e médio a partir de suas rotas tecnológicas de bioconversão. Diante dessa compreensão, esta Tese apresenta um modelo de decisão multicritério para avaliação do impacto social das pequenas e médias biorrefinarias, que considera diversos critérios sociais necessários para a tomada de decisão, isto, a partir da construção de uma coletânea de diversos artigos, que se relacionam entre si.

A coletânea de artigos desta pesquisa foi elaborada contendo os respectivos documentos científicos. I) o primeiro artigo é um estudo de revisão sistemática da literatura, combinada com análise bibliométrica, semântica e de conteúdo, por meio de busca de documentos científicos nas bases de dados Scopus e Web of Science. ii) o segundo artigo desenvolver uma análise socioeconômica das cooperativas e associações familiares do Território Litoral Sul da Bahia – TLS; iii) já o terceiro artigo, realiza mapeamento tecnológico dos pequenos produtores familiares do TLS; o iv) quarto artigo, é uma análise quantitativa da disponibilidade de biomassa no Territorial Litoral Sul da Bahia, bem como a identificação dos possíveis bioativos extraídos dos principais produtos produzidos no território em estudo. De forma sequencial, esta produção científica, dialoga entre si, quando indica uma carência de pesquisas com tema biorrefinarias e impactos sociais, bem como a necessidade de utilizar métodos multicritérios, considerados mais consistentes para avaliar os impactos sociais das unidades industriais de caráter biológico; quando explicita que as políticas sociais funcionaram como uma resposta a favor da inclusão social, com observáveis melhorias nas condições de vida da população do TLS; quando

evidencia que a introdução de processos tecnológicos em cooperativas e associações comunitárias rurais, implica sobretudo, em formação e qualificação da mão de obra existente, para a gestão e para produção, calcadas num duplo foco, um no cliente final e outro no cliente interno, que são, respectivamente, os consumidores e os associados; quando orienta que as biorrefinaria de pequeno e médio porte, são vetores do desenvolvimento territorial, uma vez que podem processar diversas biomassas, e os agricultores podem produzir, processar e fazer a gestão das unidades industriais.

1.3 Objetivo geral

Avaliar os impactos sociais de biorrefinarias de pequeno e médio porte, no Território Litoral Sul da Bahia considerando a seleção de tecnologias para bioativos através de uma abordagem multicritério.

1.4 Objetivos específicos

- Avaliar métodos e métricas que quantifiquem o impacto social de biorrefinarias;
- Desenvolver uma análise socioeconômica das cooperativas e associações familiares do TLS;
- Realizar mapeamento tecnológico dos pequenos produtores familiares do TLS;
- Quantificar o potencial dos bioprodutos extraídos da Mata Atlântica através da aplicação de biorrefinarias de pequeno e médio porte.

1.5 Estrutura do trabalho

Além desta introdução, o trabalho está dividido em outros quatro capítulos principais.

O capítulo dois, que apresenta a revisão bibliográfica sobre o tema da pesquisa, e que discute de forma mais relevantes os conceitos relacionados aos métodos multicritérios; os fundamentos e aplicações das avaliações de impacto social; as características das biorrefinarias e as tecnologias e sua relação com a sociedade. No capítulo três são apresentados os procedimentos metodológicos que foram empregados na pesquisa, como o delineamento da pesquisa, a coleta dos dados e análise de patentes bem como a abordagem multicritério que utiliza o método Promethee II para o apoio a decisão, além de ilustrar a sua aplicação proposta no contexto da avaliação de impactos sociais de biorrefinarias bem como expor uma discussão sobre os resultados dessa aplicação. No quarto capítulo uma análise de sensibilidade para mensurar a robustez do método é realizada. Por fim, no quinto capítulo são

apresentadas as considerações finais da pesquisa, ressaltando as principais contribuições, e sugestões de futuros trabalhos.

1.6 Publicações

Alguns dos principais resultados desta tese foram apresentados nas seguintes publicações em ordem temporal:

- SOUZA SANTOS, D.; DE ARAÚJO KALID, R.; LUIZ PELLEGRINI PESSOA, F.; JACOBO MOQUETE GUZMAN, S. Economia solidária e a controvérsia crise da cacauicultura no território litoral sul da bahia. Revista da ABET, [S. l.], v. 19, n. 02, 2021. DOI: 10.22478/ufpb.1676-4439.2020v19n02.50100. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/abet/article/view/50100>. Acesso em: 6 abr. 2023.
- SANTOS, D. S. .; SANTOS , F. C. G. dos .; KALID , R. de A. .; PESSOA, F. L. P. .; GUZMAN, S. J. M. .; MORAIS, L. P. .; VAILANT, C. .; PEDRO, F. J. D. . Solidarity economy in southern Bahia: a look at the territorial policy and technological content. Research, Society and Development, [S. l.], v. 9, n. 11, p. e699119615, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.9615. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/9615>. Acesso em: 9 apr. 2023.

1.6.1 Trabalhos submetidos.

Os seguintes trabalhos que compõem este Tese foram submetidos:

- DAYVID SOUZA SANTOS, MARIO HENRIQUE BUENO MOREIRA CALLEFI, TITO FRANCISCO IANDA et al. Small and medium-scale biorefineries: Biomass quantification and its bioeconomic potential in the Southern Coastal Territory of Bahia, 31 January 2023, PREPRINT (Version 1) available at Research Square [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2361922/v1>]

1.6.2 Trabalhos aceitos.

- SANTOS, D. S.; IANDA, T. F.; CAMARGO, P. L. T.; SANTOS, F. C. G.; ALZATE, C. A. C.; PESSOA, F. L. P.; KALID, R. A. Multi-purpose biorefineries and their social impacts: A systematic literature review. *Environment, Development and Sustainability*. Fator de Impacto (2021 JCR): 4,0800, 2023.

2 Revisão bibliográfica

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre os trabalhos que consideram o impacto social de biorrefinarias de pequeno e médio porte que realizam a conversão de biomassa em produtos de alto valor agregado. Inicialmente foram abordados os conceitos e a problemática, finalizando com uma discussão dos trabalhos relacionados com o tema desta pesquisa.

2.1 Avaliação de impacto social.

Estudos de Avaliação de Impacto Social, iniciam suas formulações na década de 70, estimulado pela Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, conhecida como Conferência de Estocolmo, que reuniu 113 países e 400 instituições, cujo objetivo era mitigar os impactos sobre o meio ambiente, entre eles as mudanças climáticas em razão da poluição atmosférica que afetam a população, em resposta aos requisitos formais da Lei de Política Ambiental Nacional (NEPA) 1969 dos EUA, bem como pelo movimento, *Not in My Back Yard (NIMBY)*, que realizavam protestos públicos em oposição aos custos e riscos de um projeto, quando do seu impacto na saúde humana e na qualidade do meio ambiente. Por isso, no seu nascedouro, a Avaliação de Impactos Sociais (AIS), está associada aos impactos ambientais, se convencionou, porém, de forma equivocada, que os efeitos dos impactos sociais só poderiam ser valorados quando os seus resultados evidenciassem impactos ambientais. Este fato provocou o negligenciamento da AIS nos processos que envolvem tomadas de decisões durante anos, superado, em partes, quando definido pelas Nações Unidas, que qualquer projeto para ser considerado sustentável, é necessário contemplar as três dimensões da sustentabilidade: social, ambiental e econômica, portanto, a partir deste entendimento busca-se uma integração da SIA com as outras dimensões e não o seu subjugamento (ESTEVEES; FRANKS; VANCLAY, 2012; SEBASTIEN, 2017; TAYLOR, B. *et al.*, 2020; TAYLOR, C. N.; MACKAY; PERKINS, 2021).

Estudos na literatura definiram os impactos sociais como aqueles oriundos de um ato particular, que alteram de forma significativa o dia a dia de como as pessoas vivem, exercem as suas funções laborais, se divertem, passam a se relacionar com as outras pessoas, ou como organizam os atos para superar e suprir às necessidades, portanto, os impactos sociais, de forma geral, buscam compreender as mudanças que afetam interação na sociedade (DODD; HOOLEY; BURKE, 2019; ESTEVEES; FRANKS; VANCLAY, 2012). Já avaliação de impacto social – SIA, é compreendida como uma forma de se mensurar por meio de métodos científicos, e portanto, conhecer antecipadamente, o custo benefício das consequências sociais, sejam elas, intencionais ou não, positivas ou negativas, que

impactam as partes interessadas, quando da implantação de projetos governamentais ou privados ao longo do tempo (TAYLOR, C. N.; MACKAY; PERKINS, 2021).

Doravante os impactos sociais serem passíveis de alteração de acordo com o contexto local, localização, comunidade, parte interessada e escopo dos projetos, achados científicos revelam que este fato provoca uso de variáveis com indicadores puramente quantitativos e, de ordem econômica a exemplo de criação de empregos, demográficos. Estudos com essa configuração apresentam-se limitados uma vez que não considera variáveis qualitativas, (ESTEVEES; FRANKS; VANCLAY, 2012). Por sua vez, estudos revelam que existem pesquisas de análises sociais que mais parecem uma vasta síntese do que já foi publicado, uma vez que não apresentam os possíveis impactos sociais da investigação (DU PISANI; SANDHAM, 2006).

Estudos que tratam de categorizar os impactos sociais, são observados em VANCLAY, (2002), Estes pioneiros organizam um conjunto de variáveis, capaz de mensurar, mesmo de forma genérica as questões sociais pertinentes à sociedade conforme Quadro 1.

Como a Avaliação de Impacto Social, é concebida como uma abordagem ou estrutura metodológica, que busca obter uma maior consistência dos resultados, as Diretrizes da *International Association for Impact Assessment*, recomendam classificar as variáveis que compõem a AIS da seguinte forma: impactos em ambientes físicos, naturais e socioculturais e em planos de desenvolvimento. Ambiente físico compreende terra, água, ar e solo. O ambiente natural está relacionado a espécies vegetais e animais, habitats, paisagens e rotas de migração de pássaros. Os impactos nos planos de desenvolvimento estão relacionados às atividades propostas dos empreendimentos agrícolas, industriais ou de serviços que estejam ocorrendo na região. Já os impactos que ocorrem no ambiente sociocultural incluem a saúde das pessoas, emprego, habitação, educação, crenças religiosas e culturais e herança cultural (ESTEVEES; FRANKS; VANCLAY, 2012). No entanto, estudos na literatura não apresentam de forma clara esta estrutura.

Quadro 1: Categorização das variáveis de impacto social desenvolvidas para mensurar as intervenções sociais nas comunidades.

Variáveis	Descrição	Autores
Modo de vida das pessoas	como vivem, trabalham, se divertem e interagem umas com as outras no dia a dia;	Audrey Armor (1990)
Cultura	crenças, costumes e valores compartilhados	
Comunidade	coesão, estabilidade, caráter, serviços e instalações.	
Modo de vida das pessoas	como elas vivem, trabalham, se divertem e interagem umas com as outras no dia a dia.	Vanclay (1999)
Cultura	suas crenças, costumes, valores e idioma ou dialeto compartilhados;	
Comunidade	coesão, estabilidade, caráter, serviços e instalações;	
Sistemas políticos	até que ponto as pessoas são capazes de participar das decisões que afetam suas vidas, o nível de democratização que está ocorrendo e os recursos fornecidos para esse fim;	
Ambiente	qualidade do ar e da água que as pessoas usam; a disponibilidade e qualidade dos alimentos que comem; o nível de perigo ou risco, poeira e ruído a que estão expostos; a adequação do saneamento, sua segurança física e seu acesso e controle sobre os recursos.	
Saúde e bem-estar	em que “saúde” é entendida de maneira semelhante à definição da Organização Mundial da Saúde: “um estado de completo bem-estar físico, mental e social, não apenas a ausência de doença ou enfermidade	
Direitos pessoais e de propriedade	especialmente se as pessoas são afetadas economicamente ou experimentam desvantagens pessoais, o que pode incluir uma violação de suas liberdades civis	
Medos e aspirações	percepções sobre sua segurança, seus medos sobre o futuro de sua comunidade e suas aspirações para o futuro e o futuro de seus filhos	

Fonte: Elaboração própria adaptado de Vanclay, (2002)

É importante destacar que a AIS torna os projetos mais inclusivos ao envolver o conjunto das partes interessadas e, mais sólidos socialmente, quando do forte envolvimento da comunidade local. Este fato é decisivo para garantir que os processos avaliativos cumpram os ritos para existência de uma governança participativa, que podem ser potencializados, quando combinados com o julgamento de especialistas, porém, em regra geral, a participação dos atores locais é frequentemente negligenciada ou em muitos casos são consultados apenas no estágio final de desenvolvimento do projeto. Ressalta-se que, mesmo em locais que existem legislações, como a brasileira que expressa a necessidade de audiências públicas, com o propósito de consultar a população na implantação de determinados projetos, a participação das comunidades como um ator com poder de decisão ainda é algo a ser construído (VANCLAY *et al.*, 2015).

Destaca-se ainda que a AIS é tão importante quanto os estudos de avaliação dos impactos econômicos, sobre tudo por contribuir para que os planejadores, proponentes de projetos, população afetada e os tomadores de decisão antecipem as possíveis consequências sociais dos projetos propostos

nas comunidades, evitando maiores desastres humanos (DU PISANI; SANDHAM, 2006).

Estudos como o de Perimenis et al., (2011) apresentam um modelo MCDM/A usando uma versão modificada do AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para auxiliar os usuários na seleção da produção de biocombustíveis a partir de múltiplas matérias-primas. Os critérios econômicos, ambientais e sociais usados por estes pesquisadores foram baseados no custo anualizado da tecnologia, bem como na sua maturidade e no número de empregos criados e a renda dos beneficiários.

Para análise de avaliação social do desenvolvimento de uma biorrefinarias de resíduos, um modelo que considera o método de Avaliação Multicritério Social (SMCE), combinado com um *Fuzzy Cognitive Map* (FCM) foi aplicado, cujo objetivo foi compreender as percepções das partes interessadas no projeto (KOKKINOS *et al.*, 2018). Os modelos que utilizam o SMCE permitem dar maior ênfase principalmente ao envolvimento dos *stakeholders* na tomada de decisões, no entanto, as inconsistências são as mesmas citadas anteriormente.

Uma metodologia de avaliação do índice de sustentabilidade por meio de MCDA foi aplicada em projetos de biorrefinarias de esterco-urina de vaca, concentrada em analisar impactos econômicos, ambientais e sociais dos empreendimentos de processamento de biomassa, ou seja, empresas de pequeno e médio porte, que em parcerias com os agricultores familiares podem produzir e processar produtos de qualidade e de alto valor agregado. Quatro indicadores sociais são propostos, status financeiro, satisfação com a saúde, requisito de habilidade de pré-requisito, estatura social (JOGLEKAR *et al.*, 2020).

Um ferramenta de suporte a decisão multicritério (SDT) que incorpora métricas econômicas, ambientais e sociais de forma separada foi desenvolvido para avaliar as relação existentes entre critérios e alternativas para a localização de uma biorrefinaria baseada em madeira, os indicadores sociais são i) o número de empregos criados regionalmente e ii) ativos comunitários que influenciam a implementação bem-sucedida de novos projetos (MARTINKUS *et al.*, 2017a).

Os modelos citados apresentam limitações quanto ao porte, que consideram em sua maioria, biorrefinarias de grande escala, bem como quanto às métricas sociais relacionados basicamente com a geração de emprego, e a inexistência destes três pilares do desenvolvimento humano: i) ter condições de viver uma vida longa e com saúde; ii) ter condições de obter conhecimentos e iii) ter acesso a recursos de forma suficiente que garanta um padrão de vida básico. Essas limitações interferem na tomada decisão podendo prejudicar o conjunto das partes interessadas, uma vez que, comumente, a avaliação de impacto social é realizada a partir das suas percepções (VANCLAY, 2002; VANCLAY *et al.*, 2015). Verificou-se ainda, insuficiências no campo tecnológico, já que, para conversão de cada biomassa são necessárias tecnologias diferentes, pois cada biomassa a ser processada possui constituição distinta e, portanto, possivelmente impactos sociais distintos, assim faz-se necessários

identificar as tecnologias mais adequadas para a conversão, considerando o que se deseja produzir e os impactos sociais positivos. Para preencher essas lacunas, o modelo aqui proposto avaliará as tecnologias de biorrefino em pequena escala e seus impactos sociais a partir de múltiplos critérios.

2.2 Métodos de decisão multicritério

São observados na sociedade, muitos aspectos contraditórios da possibilidade de especialistas, instituições ou pessoas decidirem sobre qual é a alternativa mais adequada para uma determinada situação, quando comparado com outras (SCHRAMM, F.; SCHRAMM; AGUIAR, 2017). Uma vez que no processo de decisão é muito comum que ele seja baseado na relação custo-benefício, neste caso, nem sempre a opção preferida, ou seja, a que possui menor custo é a que se deve optar. Fatos como estes relatados anteriormente tem obrigado a sociedade a utilizar, cada vez mais, métodos que permitam auxiliar em decisões complexas, Nesse campo do conhecimento, destacam-se os métodos *multiple-criteria decision analysis* - MCDA, comumente utilizados para resolução de problemas com múltiplas características, e que existam pelo menos duas alternativas para escolhas que são conflitantes entre si (BELTON; STEWART, 2002; DE ALMEIDA, 2012).

A literatura sobre MCDA, está estruturada por meio de quatro aspectos: descritivo, normativo, prescritivo e o construtivista sendo: i) o descritivo procura evidenciar como as pessoas realizam a tomada decisão em situação real, no dia a dia das corporações, portanto, procura descrever a forma do decisor realizar escolhas e julgamentos na tomada de decisão. Este tipo de estudo é realizado por pesquisadores da área comportamental e, portanto, revelam o quanto as pessoas são inconsistentes quando possui uma racionalidade pré-concebida; ii) o normativo, é baseado na teoria da utilidade e caracterizado por auxiliar o decisor a construir uma função utilidade conforme suas preferências, a existência de uma teoria axiomática garante a existência dessa função; iii) o prescritivo, é recomendado quando da aplicação de uma abordagem normativa, e das análises dos resultados obtidos por meio da abordagem descritiva, portanto, ao verificar as inconsistências das decisões comportamentais em ambas as abordagens, procedimentos são construídos e recomendados como forma de normatizar as ações e; iv) o construtivista, que busca auxiliar o decisor na construção das preferências, por meio de um processo iterativo em que a decisão é feita por meio da interação com analistas a partir do auxílio de métodos de estruturação de problema (DE ALMEIDA, 2013, 2012; DE ALMEIDA *et al.*, 2017). Ressalta-se que apesar das abordagens construtivistas e prescritivas estarem mais associadas aos métodos multicritérios, elas estão muito mais vinculadas ao processo de interação, ou seja, ao analista, que fornece o suporte metodológico para o apoio a decisão, bem como a outros, a exemplo dos especialistas que fornecem as informações fundamentais sobre o problema (EISENFÜHR; WEBER,

1993).

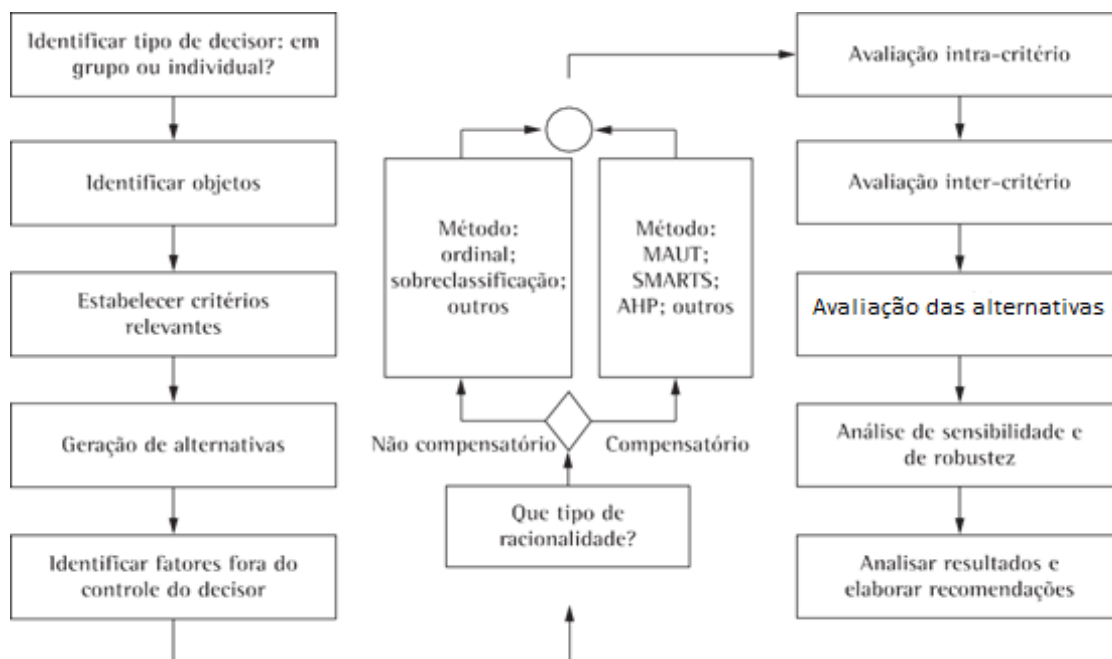
Várias decisões são tomadas comumente nas diversas organizações com ou sem uso formal de métodos de apoio a decisão. A principal preocupação neste caso está associada às consequências de tais decisões, que em muitos casos, apresentam-se catastróficas quando métodos de apoio a decisão não são aplicados. Nesse sentido é importante destacar que um modelo de decisão é uma representação formal, que apresenta meios decisão para um problema com o suporte de um modelo multicritério MCDA.

2.2.1 Diferença entre métodos e modelos de apoio a decisão.

É importante esclarecer que existe uma distinção entre método de apoio a decisão multicritério e modelos de decisão multicritério: o primeiro possui formulações metodológicas genéricas e aplicadas a inúmeros tipos de problemas, para identificar a melhor alternativa, a partir de um conjunto finito de soluções possíveis, já os modelos de decisão multicritério são desenvolvidos a partir de um método de tomada decisão citado, e possui uma característica que visa decisões muito particulares, a exemplo de seleção de fornecedores, planejamentos de produção, transporte, investimentos, projetos, localização de fábricas e filiais, projeto de sistemas de distribuição, entre outros (CAMPOS; DE ALMEIDA, 2011; DIAKOULAKI; ANTUNES; GOMES MARTINS, 2013) .

Na construção de modelos de decisão, faz-se necessário considerar a simplicidade, relevância e precisão, portanto, é preciso seguir determinadas etapas no processo de modelagem, conforme Figura 1. Este por sua vez, não exige rigidez, no entanto, recomenda-se o constante refinamento sucessivo no sequenciamento das ações, como forma de aprimorar cada passagem entre as etapas (DE ALMEIDA *et al.*, 2017). Ao final do processo de construção do modelo, um conjunto de ações sugeridas devem ser implementadas.

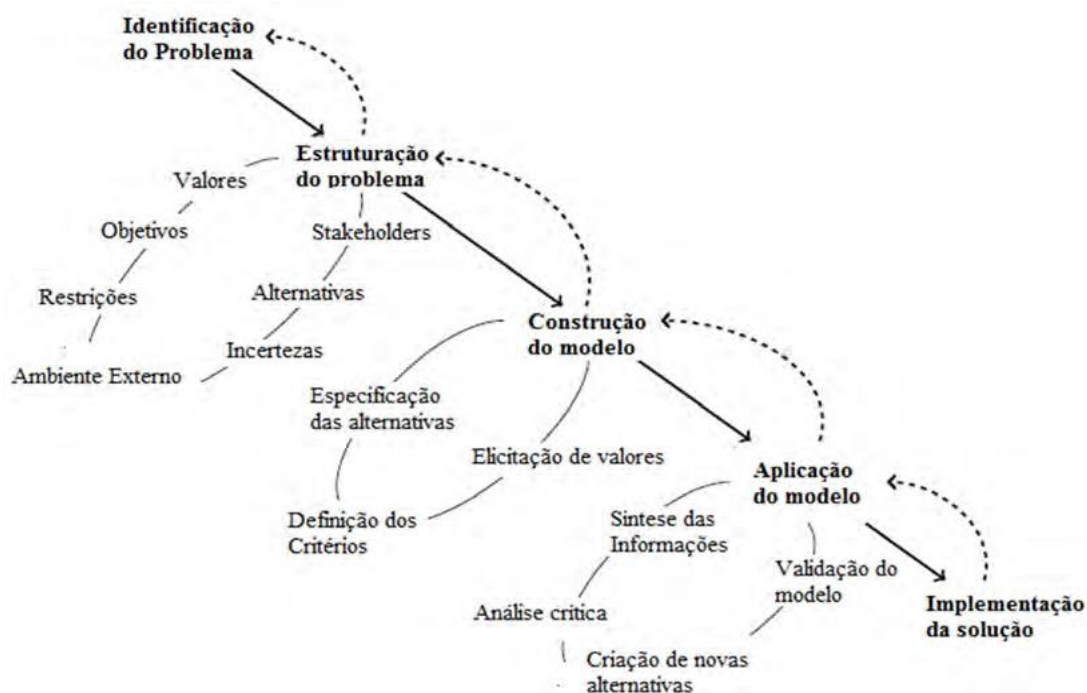
Figura 1: Etapas necessárias para o processo de construção do modelo de decisão multicritério.



Fonte: Adaptada de De Almeida, (2013)

No entanto, existe também outros modelos de decisão conforme Figura 2. Quatro etapas definem o modelo: estruturação do problema, construção do modelo, aplicação do modelo e implementação da solução. Esse conjunto estruturado de informações chama-se CAUSE (do inglês *Criteria, Alternatives, Uncertainties, Stakeholders e External/Environmental factors*), e constitui a base dos modelos de análise multicritério (BELTON; STEWART, 2002).

Figura 2: Etapas do processo de construção do modelo de decisão multicritério



Fonte: Belton; Stewart, (2002)

Um fator importante na construção do modelo ocorre quanto da necessidade de classificação da problemática bem como dos métodos, portanto a seção a seguir abordará de forma mais concisa este tema.

2.2.2 Classificação da problemática e dos métodos.

A classificação do problema de decisão, pode ser compreendido por quatro tipos de problemática a saber, i) a de escolha ou seleção; ii) a de ordenação; iii) a de classificação; e iv) a de descrição (ROY, 1991). Na problemática de escolha, as alternativas a questão de compração está trelada ao método e não a problemática, portanto, considerando os conceitos de melhor e pior. Já nos de ordenação, existe comparação entre as alternativas, no entanto as alternativas são ordenadas da primeira a última opção. Nos problemas de classificação as ações são alocadas em uma classe e definidas a partir de normas aplicadas no conjunto de ações. Enquanto que nos problemas de descrição, o objetivo é descrever as ações e suas conseqüências (BELTON; STEWART, 2002; DE ALMEIDA, 2012).

Para solucionar as problemáticas descritas, métodos de apoio a decisão MCDA foram desenvolvidos que podem ser classificados em três famílias, a saber: (i) critério único de síntese; (ii) métodos de sobreclassificação; e (iii) métodos iterativos. Outra classificação dos métodos

multicritérios pode ser descrita a saber (i) abordagem critério único de síntese, suprimindo a possibilidade de incomparabilidade; (ii) abordagem de sobreclassificação, aceitando a incomparabilidade; e (iii) abordagem julgamento interativo, com interações do tipo “tentativa e erro” (DE ALMEIDA, 2013, 2012; DE ALMEIDA *et al.*, 2017).

É importante destacar que entre os métodos da abordagem do critério único, destaca-se a teoria da utilidade multiatributo - *Multiple Attribute Utility Theory (MAUT)* – que foi proposta pela primeira vez por Keeney e Raiffa, (1976), bem como o Analytic Hierarchy Process (AHP) - Saaty,(1988), sendo aplicados quando os critérios possuem características compensatórias, ou seja, existe uma função de valor v (que revela as preferências do decisor, de forma que quanto mais preferível for uma alternativa, maior será o seu valor numérico associado) estimada a fim de maximizar os ganhos obtidos em situação de certeza, assumindo como pressuposto o atendimento às questões que envolvem a relação de independência preferencial e independência em utilidade entre critérios (DE ALMEIDA *et al.*, 2016). Portanto, a avaliação de relação de preferência neste caso é dada pela função valor marginal $v_j(a)$ para cada critério j . O valor global $v(a)$ pode ser obtido por meio de uma função valor aditiva ponderada como na Equação 1 e 2.

$$v(a) = \sum_{j=1}^n k_j v_j(a) \quad (1)$$

onde k_j representam as constantes de escala no critério j , portanto, assume-se que:

$$\sum_{j=1}^n k_j = 1 \quad (2)$$

Desta forma, a solução do problema é dada pela seleção da alternativa que apresenta o maior valor global $v(a)$.

Em relação aos métodos da abordagem de sobreclassificação (outranking), merecem destaque a família Elimination Et Choice Traidusaint la Réalité (Electre), primeiramente apresentada por Roy, (1991), e o Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (Promethee), introduzido por (BRANS, J. P.; VINCKE; MARESCHAL, 1986). Esses métodos fundamentam-se principalmente na comparação par a par entre as alternativas. Portanto, uma relação binária de P , é considerado não compensatório, quando as preferências entre a e b dependem apenas dos subconjuntos de critério que favorecem a e b , e não da relação de preferência entre a e b , bem como dos vários níveis em cada critério (DE ALMEIDA, 2013). Portanto, considerando uma relação binária assimétrica P sobre A , para métodos não compensatórios, temos $P(a, b) = \{i: a_i P_i b_i\}$, assim, aplica-

se a seguinte condição: Equação 3.

$$\begin{cases} P(a, b) = P(x, z) \\ P(b, a) = P(z, x) \end{cases} = [aPb \leftrightarrow xPz] \quad (3)$$

para todo a, b, x, z , pertencente a A .

Portanto, a equação 3, revela que quando o conjunto de critérios possui a mesma relação entre a e b e de forma igual entre x e z , existe uma equivalência de relação entre dois pares. Este fato é explicado porque a relação de preferência depende apenas dos critérios.

A abordagem do julgamento interativo envolve o uso de ferramentas computacionais, em que são desenvolvidas etapas alternadas de diálogo e cálculos, como o Step Method (Stem) e o Interval Criterion Weights (ICW). Após a escolha do decisor quanto às questões apresentadas, o modelo pode efetuar uma redução no espaço de alternativas e seguir para a etapa imediata de nova interação (ALMEIDA, 2011).

2.2.3 Modelagem de preferência.

Adicionalmente verifica-se a necessidade de se organizar uma modelagem de preferência para estruturar a escolha do decisor. Esta ação visa comparar os elementos que envolvem o problema de decisão, a partir das relações entre as preferências do decisor e as possíveis consequências (DE ALMEIDA *et al.*, 2016). Neste caso, utiliza-se as relações binárias para estabelecer um conjunto de pares ordenados. Por definição uma relação binária R , sobre um conjunto de elementos $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ é um subconjunto do produto cartesiano de $B \times B$. Ou seja é um conjunto de pares ordenados (b, c) , onde a relação de R pode ser encontrada para alguns desses elementos. Porém, quando a estrutura de preferências não é a mais adequada para representar a forma de escolhas do decisor, então se sabe em parte que o modelo de decisão a ser construído pode ser inadequado. Quatro relações de preferências são fundamentais (BRIOZO; MUSETTI, 2015):

- **Indiferença (I), alb** significa que há razões que justificam a indiferença na escolha entre as duas alternativas;
- **Preferência estrita (P), aPb** , representa a existência de fatores que provam o favorecimento da alternativa a em relação à alternativa b .
- **Preferência fraca (Q), aQb** demonstra a existência de dúvidas entre alb e aPb .

- **Incomparabilidade (R), aRb** representa a inexistência de situações que legitimem alguma das disposições anteriores;

Para resolver esses tipos de problemas de decisão, faz-se uma análise das consequências das alternativas por meio de uma avaliação intracritério. Esse tipo de avaliação consiste na avaliação de cada alternativa i com relação a cada critério j , representada por $v_j(a_i)$, para $i = 1, 2, \dots, n$ e $j = 1, 2, \dots, m$ (DE ALMEIDA, 2013). Essa avaliação intracritério permite representar o problema através da matriz de consequências, apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Matriz de consequência

Alternativas	Critérios			
	C_1	C_2	...	C_m
a_1	$v_1(a_1)$	$v_2(a_1)$...	$v_m(a_1)$
a_2	$v_1(a_2)$	$v_2(a_2)$...	$v_m(a_2)$
...
a_n	$v_1(a_n)$	$v_2(a_n)$...	$v_m(a_n)$

Fonte: Adaptado de De Almeida (2013)

Os critérios são as ferramentas que possibilitam a comparação das ações em relação a um ponto de vista particular (CAMPOS; DE ALMEIDA, 2011). Outra compreensão é de que, os critérios como uma função de valor real $C_1(.) : A \rightarrow R$, relaciona um número a cada alternativa, permitindo compará-la a partir de uma compreensão particular, considerando, por exemplo, critérios qualitativos e / ou quantitativos.

2.2.4 Família Promethee de métodos multicritérios

Nesta pesquisa, definiu-se que o método utilizado é o Promethee II (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*), por permitir uma ordenação completa das alternativas, e por sua estrutura axiomática e lógica não admite compensações (trade-offs). A seguir é apresentada uma breve explicação sobre o este método.

Os métodos da família Promethee foram desenvolvidos por Brans (1982), e possibilitam o uso de seis tipos de funções para avaliar as alternativas par a par de acordo com os critérios, sendo necessário escolher a função mais apropriada para cada caso. Estas funções $P_i(a,b)$ (função da preferência da alternativa “a” sobre a alternativa “b” no critério i) utilizam como regra os critérios generalizados (BRANS, J. P.; VINCKE; MARESCHAL, 1986). Nesse caso, a relação de

sobreclassificação é definida conforme Tabela 2.

Tabela 2: Critérios gerais para o Promethee.

Critério	Relação de desempenhadas alternativas	$P_i(a,b)$
Usual	$g_i(a) - g_i(b) > 0$	$P(a,b) = 1$
	$g_i(a) - g_i(b) \leq 0$	$P(a,b) = 0$
Quase critério	$g_i(a) - g_i(b) \geq q$	$P(a,b) = 1$
	$g_i(a) - g_i(b) \leq q$	$P(a,b) = 0$
Limiar de preferência	$g_i(a) - g_i(b) > p$	$P(a,b) = 1$
	$g_i(a) - g_i(b) \leq p$	$P(a,b) = [g_i(a) - g_i(b)] / p$
	$g_i(a) - g_i(b) \leq 0$	$P(a,b) = 0$
Pseudo critério	$g_i(a) - g_i(b) > p$	$P(a,b) = 1$
	$q < g_i(a) - g_i(b) \leq p$	$P(a,b) = 1/2$
	$g_i(a) - g_i(b) \leq q$	$P(a,b) = 0$
Área de indiferença	$g_i(a) - g_i(b) > p$	$P(a,b) = 1$
	$q < g_i(a) - g_i(b) \leq p$	$P(a,b) = [g_i(a) - g_i(b)] / (p - q)$
	$g_i(a) - g_i(b) \leq q$	$P(a,b) = 0$
Critério gaussiano	$g_i(a) - g_i(b) > 0$	<i>A preferência aumenta segundo uma distribuição normal.</i>
	$g_i(a) - g_i(b) \leq 0$	$P(a,b) = a$

Fonte: Adpatado de Brans e Mareschal (2002),

Existe ao menos seis versões conhecidas do método Promethee, iremos aborda-las uma a uma, a seguir (BRANS, J. P.; VINCKE; MARESCHAL, 1986; DE ALMEIDA FILHO *et al.*, 2018).

PROMETHEE I

O Promethee I é baseado na interseção de duas pré ordens, crescente (\emptyset^+) e ~~na~~ decrescente (\emptyset^-), estabelecidas pelas relações de sobreclassificação e indiferença. Na sequência é produzida uma pré ordem parcial a partir de três relações, Preferência (P), Indiferença (I), e Incomparabilidade (R), apresentadas a seguir.

Preferência de aPB se:

$$\emptyset^+(a) > \emptyset^+(b) \text{ e } \emptyset^-(a) \leq \emptyset^-(b); \text{ ou}$$

$$\emptyset^+(a) = \emptyset^+(b) \text{ e } \emptyset^-(a) < \emptyset^-(b) \cdot$$

Indiferença de aIB se:

$$\emptyset^+(a) = \emptyset^+(b) \text{ e } \emptyset^-(a) = \emptyset^-(b) \cdot$$

Incomparabilidade: aRB se:

$$\emptyset^+(a) > \emptyset^+(b) \text{ e } \emptyset^-(b) < \emptyset^-(a); \text{ ou}$$

$$\emptyset^+(a) > \emptyset^+(b) \text{ e } \emptyset^-(a) < \emptyset^-(b).$$

PROMETHEE II

O Promethee II ordena as alternativas em uma pré-ordem completa de forma decrescente orientada pelo resultado do fluxo líquido $\emptyset(a)$, por meio das seguintes relações.

Preferência de aPB se $\emptyset^+(a) > \emptyset^+(b)$.

Indiferença de aIB se: $\emptyset^+(a) = \emptyset^+(b)$.

É importante destacar que o fato de o Promethee II apresentar uma pré-ordem completa das alternativas, o torna um dos métodos mais utilizado para a ordenação de alternativas e é calculado da seguinte forma.

Fluxo líquido: $\emptyset(a) = \emptyset^+(a) - \emptyset^-(a)$.

PROMETHEE (III e IV)

Estas variantes do Promethee possuem aplicações para situações mais complexas de decisão, em particular com um componente estocástico.

PROMETHEE (V)

Nesse método, logo após, serem definidas as avaliações das alternativas, tendo como base o Promethee II, restrições são consideradas e identificadas no problema. A seleção das alternativas ocorre considerando a problemática de portfólio com otimização inteira 0-1.

PROMETHEE (VI)

Aplica-se o promethee VI, quando o decisor não está preparado ou possui dificuldades de definir de forma precisa os pesos dos critérios. Neste caso, pode-se explicitar intervalos de possíveis valores em lugar de um valor fixo para cada peso. A seguir métodos de estruturação do problema que são fundamentais para a escolha dos métodos de decisão multicritérios são apresentados.

2.2 Estruturação de problemas

Na construção de modelos de decisão multicritérios, uma das fases que se destacam é a estruturação do problema, uma vez que se faz necessário conhecer bem a situação em que se pretende tomar uma decisão. Para isso, o uso de métodos que auxiliam a estruturar o problema, conhecidos também como PSM (*Problem Structuring Methods*) é fundamental (GEORGIOU, 2011). Na literatura, métodos com esse objetivo são observados desde o ano de 1960, cuja função é, quando da existência de uma determinada situação/problema, gerar cenários por meio das diferentes percepções e posições das partes interessadas, com vistas à busca da convergência para o processo de tomada de decisão. No entanto, é verificado a existência de publicações científicas que utilizam MCDA para análise de biorrefinarias de pequeno e médio porte sem considerar a estruturação do problema (ABUABARA; PAUCAR-CACERES, 2021)

Dentre os PSMs presentes na literatura, Mingers e Rosenhead (2004) destacam o SCA (*Strategic Choice Approach*), o Workshop (também conhecida como Oficina ou Laboratório), o SSM (*Soft Systems Methodology*), SODA (*Strategic Options Development and Analysis*), *Robustness Analysis*, *Drama Theory*, *Viable Systems Model* (VSM), *System Dynamics* (SD) e *Decision Conferencing* (ABUABARA; PAUCAR-CACERES, 2021). Por sua vez, um dos mais recomendado, quando da existência de problemas não estruturados, com múltiplos objetivos e com diferentes perspectivas e dimensões, é o Workshop *que* consiste na organização de reuniões contendo um determinado grupo de pessoas com interesses em comum, com o intuito de trabalhar para o conhecimento ou aprofundamento de um determinado assunto sob a orientação de um especialista. Portanto, utilizado nesta pesquisa para captar tanto a 'opinião de especialistas' sobre o tema estudado. É importante destacar que o Workshop, busca estruturar e organizar o problema a partir da análise de conceitos e do prévio conhecimento adquirido, oriundos de informações da literatura, bem como das partes interessadas, entre elas o decisor (THEAKSTON; WARRELL; GRIFFITHS, 2003).

2.3 Biorrefinarias de pequeno e médio porte

Uma biorrefinaria de pequeno ou médio porte é uma unidade industrial, que pode possibilitar às comunidades relevância social, econômica e prudência ecológica, uma vez que suas instalações industriais transformam biomassa em produtos comercializáveis - alimentos, rações animais, biofertilizantes, produtos químicos, biocombustíveis - em energia - eletricidade e calor, a partir da conversão da biomassa, que por sua vez permite aumentar a lucratividade, gerar viabilidade econômica e contribuir para a redução dos gases de efeito estufa. (AGOSTINHO; ORTEGA, 2013a).

Até o momento não se tem um conceito definido de biorrefinaria, o que a caracteriza como sendo uma proposta em desenvolvimento, portanto, sem modelos e padrões consagrados, no entanto, sete conceitos se destacam atualmente, conforme Quadro 2.

As biorrefinarias que utilizam conversão termoquímica apresentam vantagens em relação a outros conceitos por ela permitir a utilização de várias tecnologias, tais como torrefação, pirólise, gaseificação e hidrotermólise, produzindo uma mistura de produtos de alto valor agregado (VAN REE *et al.*, 2007).

Quadro 2: Descrição dos conceitos de biorrefinarias.

Tipo de Biorrefinaria	Descrição
Biorrefinarias convencionais (RBC)	Com base em indústrias existentes, como açúcar, amido, óleos vegetais, alimentos para animais, celulose e papel e indústria petroquímica.
Biorrefinarias Verdes (GBR)	Use biomassa úmida, como gramíneas e culturas verdes.
Biorrefinarias de culturas inteiras (WCBR)	Usa moagem a seco ou úmida de biomassa. Cereais como milho e trigo.
Biorrefinarias de matérias-primas lignocelulósicas (LCFBR)	Com base no fracionamento da biomassa lignocelulósica composta por celulose, hemicelulose e lignina.
Biorrefinarias Marinhas (MBR)	Utiliza biomassa marinha como microalgas e macroalgas.
Biorrefinarias de conceito de duas plataformas (TPCBR)	Considera plataformas como açúcar e syngas. Os açúcares são obtidos por fracionamento de celulose e hemicelulose e as syngas por processos termoquímicos da lignina.
Biorrefinarias Termo-Químicas (TCBR)	Baseado em diversas tecnologias como torrefação, pirólise, gaseificação etc.

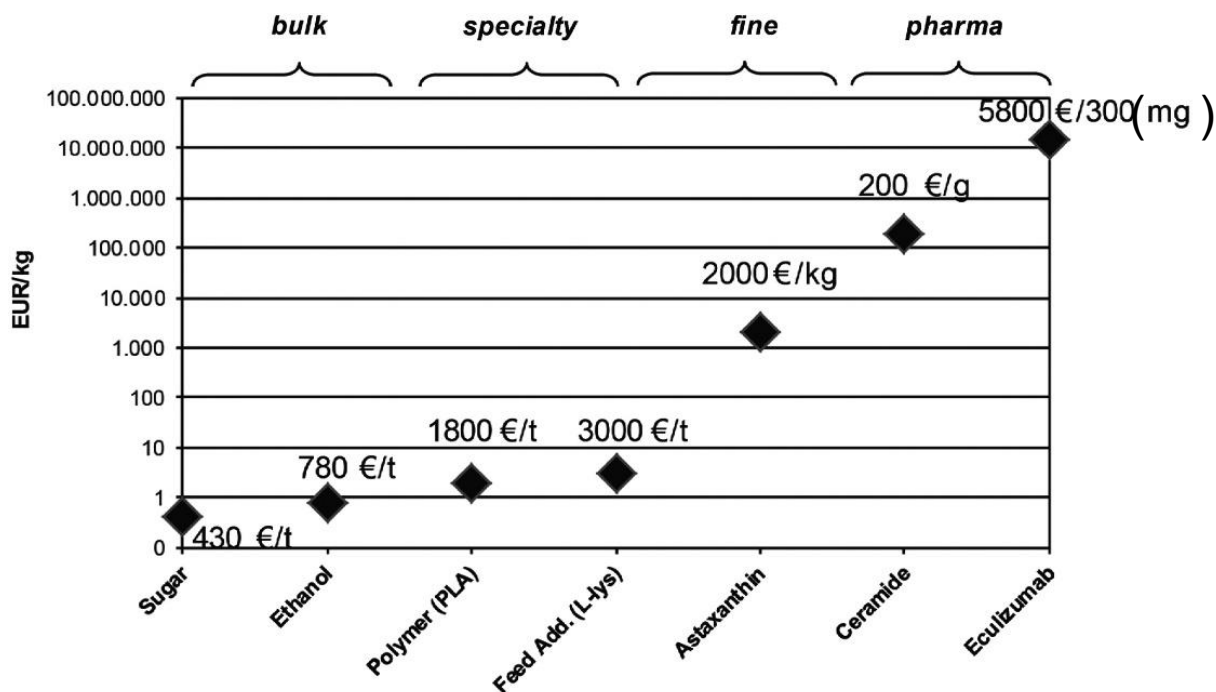
Fonte: (REE, 2007; ARISTIZÁBAL *et al.*, 2019; WENGER e STERN 2019)

Estudos presentes na literatura enfatizam o potencial de grandes projetos de biorrefinarias em larga escala, para fins de produção de bioenergia, sobretudo nos diversos territórios das regiões brasileiras. Este fato é impulsionado pela criação, por diversos países, de um mercado específico para este segmento, baseado em incentivos fiscais e sob os argumentos de que é preciso diversificar a matriz energética, gerar postos de trabalho, suprir o aumento do consumo global de energia e mitigar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) (CAVALCANTI *et al.*, 2012; LIMA; SOGABE; CALARGE, 2008; MCCORMICK; BOMB; DEURWAARDER, 2012).

Em contraposição aos argumentos citados, documentos científicos revelam que a conversão de biomassa para produzir bioenergia em biorrefinarias de grande porte é insustentável em aspectos como: i) a necessidade de grandes quantidades de terras agrícolas, o que pode gerar insegurança alimentar e nutricional; ii) ocorre redução da biodiversidade; iii) necessidade de alto investimento em

logística para coleta das matérias-primas; iv) baixo emprego local; e por fim, v) o valor do biocombustível é, em muitas vezes, mais baixo que os óleos a granel, e muito menor quando comparado aos produtos de alto valor agregado (KIRCHER, 2014)(LI; WANG; YAN, 2018; SIMS *et al.*, 2010; YU *et al.*, 2009). Verificar Figura 4.

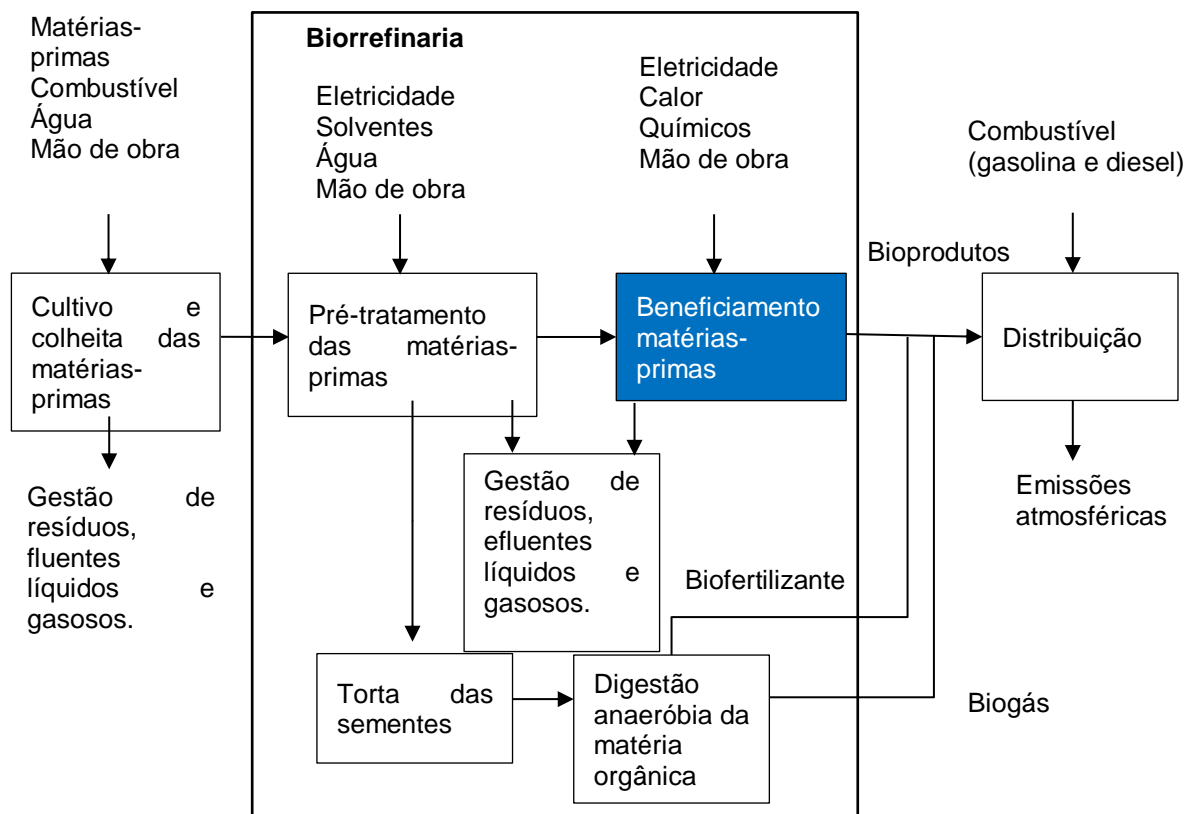
Figura 3: Preços de produtos bioquímicos para diferentes categorias de produtos. (1 € = 6,38 R\$, cotação atual).



Fonte: Kircher, (2014)

As biorrefinarias de pequeno e média porte, apresentam-se como uma iniciativa geradora de impacto social positivo, uma vez que essas unidades industriais possuem uma matriz produtiva de característica biológica conectada a um sistema integrado sustentável de produção (matérias-primas, processos, tecnologias, produtos e resíduos), possibilitando a conversão de frações de biomassa em bioprodutos. Mesmo possuindo um processamento em menor escala, e extraindo componentes em poucos volumes, possuem condições de impulsionar o desenvolvimento sustentável em territórios rurais, quando integrada à produção de pequenos agricultores - setor primário – que produz produtos de baixo valor agregado, a exemplo das diversas biomassas agrícolas ou florestais que ao serem submetidas aos diferentes estágios do processo de produção, é possível obter vários tipos de produtos químicos de base biológica, como xilitol, celulose microcristalina (MCC), biohidrogênio, biometano, hidrôgeno ($H_2 + CH_4$), ácidos graxos voláteis (VFA), glicerol, ácido cítrico, ácido succínico, ração animal, aditivos alimentares, proteínas de célula única (SCP) e fertilizantes, conforme Figura 5 (NISHIHARA HUN; DANIEL MELE; ANTONIO PEREZ, 2017).

Figura 4: Sistema de produção da biorrefinaria.



Fonte: Adaptado, a partir de (PRASARA-A *et al.*, 2019a).

Pesquisas, realizadas na Argentina, atestam a viabilidade técnica e econômica da biorrefinaria de pequeno porte, que utiliza o bagaço de cana-de-açúcar, ou seja, material industrial a ser aproveitado, para extrair três diferentes produtos químicos (furfural, xilitol e xarope de xilose). Os resultados revelam que a unidade industrial, obteve uma TIR – Taxa Interna de Retorno, superior a 15 % para um período de 5 anos, em decorrência principalmente dos produtos produzidos possuírem altos valores agregados, e custos de implantação menores, quando comparados aos projetos de biorrefinarias tradicionais (CLAUSER *et al.*, 2016). Outros estudos científicos, a exemplo do desenvolvido na Hungria, Europa Central, cujo objetivo foi analisar os processos de integração e a lucratividade das biorrefinarias de pequeno porte, por meio do modelo de síntese, que combina teoria do grafo bipartido de biomassa (BBR) com a representação do Total Shareholder Return (TSR), confirmam que estas pequenas unidades industriais neste país, e especificamente no caso analisado, obtiveram lucro líquidos na ordem de 20 milhões de euro/ano, quando utiliza a biomassa de origem vegetal não comestível (bétula, choupo, palha de trigo, arroz, cevada e *miscanthus*), para o desenvolvimento de 21 diferentes produtos químicos, a exemplo do (furfural, xilitol e ácido itacônico) (PYRGAKIS; KOKOSSIS, 2019).

O estudo ressalta, ainda, a necessidade de conhecer os complexos e competitivos caminhos que envolvem a disponibilidade e aplicação das matérias primas, uma vez que são pré-requisitos essenciais para uma produção sustentável. Adicionalmente observar-se em ambas as pesquisas que estas unidades industriais de pequeno e médio porte são fundamentais para o desenvolvimento da bioeconomia em termos regionais e mundial, uma vez que a participação no mercado de bioprodutos extraídos por meio de base biológica, cresce em uma escala significativa. Atualmente, suas vendas globais totalizam cerca de US \$ 77 bilhões (KIRCHER, 2014).

Entre os possíveis impactos sociais positivos provocados por estas unidades industriais de pequeno porte estão: i) o aumento da segurança alimentar, pois, a biomassa não compete com a produção de alimentos; ii) a ampliação do surgimento de empregos locais; iii) o uso de tecnologias para extração mais baratas que as usadas habitualmente em grandes projetos de biorrefino; iv) o aumento dos ganhos por parte dos pequenos produtores locais, uma vez que os múltiplos bioativos obtidos a partir da bioconversão de materiais lignocelulósicos podem ser comercializados para as indústrias de alimentos, indústrias químicas, farmacêuticas, entre outras, por vários milhões de dólares por quilograma, nos mercados de diversos países (BUDZIANOWSKI; POSTAWA, 2016; GASPARATOS *et al.*, 2015; GONZÁLEZ-GARCÍA *et al.*, 2013; WANG *et al.*, 2017).

Outro aspecto importantes da biorrefinarias multiprodutos de pequeno e médio porte, é que suas instalações podem melhorar o padrão da produção industrial nas comunidades, quando permiti a redução das exportações de commodities, baseadas na produção de monoculturas, e busca promover as exportações de produtos de alto valor agregado, de diversas matérias primas, por meio da indústria farmacêutica, alimentícia, cosmética, e entre outras, que impactam significativamente na balança comercial, e contribui sobremaneira para garantir a inclusão de pequenos agricultores em diferentes estágios da cadeia produtiva, a partir de cooperativas agrícolas, agentes de transporte rodoviários, entre outros (CAVALCANTE; ÁVILA; SILVA, 2014; HUGOS, 2011).

2.4 Prospecção tecnológica

No mundo industrializado e globalizado, o conhecimento e o desenvolvimento tecnológico avançam em ritmo acelerado, impulsionados por demandas que moldam de forma dinâmica as relações entre mercado e a sociedade (TEIXEIRA, 2013). Este fato vem, estimulando estudos relacionados à prospecção tecnológica, diagnósticos e visões de futuro por parte de governos e corporações em todo o planeta (LUIZ FERNANDO BALTAZAR1 *et al.*, 2019).

Nesse ambiente, pesquisas de prospecção tecnológica se apresentam como um importante instrumento do conhecimento científico para identificar janelas de oportunidades nesse sentido de

subsidiar os tomadores de decisão e os formuladores de políticas, na alocação de investimentos, bem como, no desenvolvimento da cadeia produtiva do conhecimento, uma vez que, fornece meios para tentar prever quais são os limites e as possíveis demandas de tecnologia, suas aplicações, portanto, permitir a ciência avançar de forma coordenada rumo a um cenário desejado em termos de inovação tecnológica para a indústria, economia e sociedade (CARDOSO; BOMTEMPO; BORSCHIVER, 2017; LUNA; MEIRA; QUINTELLA, 2012; QUINTELLA *et al.*, 2011). Ressalta-se que esse tipo de estudo ganha importância a partir de meados dos anos 50 nos Estados Unidos, No Brasil, tiveram avanços mais significativos, a partir da década de 1990.

Embora seja notório que produtos e rotas tecnológicas com o objetivo de desenvolver processos econômicos e sociais ainda estejam em fase de assimilação ou de aperfeiçoamentos, seja pela sociedade ou pelas indústrias, as tecnologias de biorrefino, despontam como uma alternativa potencialmente capaz de materializar impactos sociais positivos por meio da extração de bioativos oriundos de biomassa lignocelulósica. No entanto, se faz necessário compreender o estado da arte das tecnologias das biorrefinarias de pequeno e médio porte. Por meio de estudos de Prospecção Tecnológica, é possível identificar novas rotas tecnológicas a partir da análise dos padrões de pedidos de patentes em determinadas áreas do conhecimento. É importante ressaltar que os documentos de patentes são importantes indicadores das atividades relacionadas à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), bem como dos avanços tecnológicos presentes nas áreas da ciência e tecnologia.

Entre as ferramentas no campo da Prospecção Tecnológica, que se destacam para possíveis busca das lacunas existentes neste campo do conhecimento, é a busca patentária, considerada importante indicador de desenvolvimento na esfera econômica para os vários países, estabelecer os parâmetros-chaves do mercado, dos produtos e das tecnologias no tempo, portanto, é um instrumento essencial na tomada de decisão (R. C. ASSUNÇÃO *et al.*, 2021). Estudos revelam que a busca patentária pode sistematizar as relações entre tecnologia e sociedade, com o objetivo sobretudo de dar subsídio para identificar o comportamento de variáveis socioeconômicas e das tecnológicas, assim como suas interações com o mercado (CARDOSO; BOMTEMPO; BORSCHIVER, 2017). Destaca-se, também, que as patentes possuem prazos de vigência de 20 anos, e após esse período de privilégio, o invento cai em domínio público, o que pode derivar em novas apropriações do conhecimento tecnológico, com investimentos menores dos que os praticados na patente original, além de estar disponível para uso, o que pode proporcionar oportunidade para futuros projetos científicos.

Aplicações de busca de patentes, combinada com MCDA, para avaliações de impactos sociais das indústrias de biorrefino de pequeno e médio porte, são escassas na literatura, o que os caracterizam como um destacado *gap*, ou seja, uma lacuna existente. Isso pode ser explicado pelo fato dos estudos de ambos os campos do conhecimento darem maior ênfase a questões organizacionais, sobretudo de

grande porte, relacionadas a energia, saúde, localização, fornecedores, entre outras, em detrimentos das questões sociais.

A combinação dos métodos se apresenta como uma alternativa para auxiliar e diminuir os erros cometidos em processos de tomada de decisões complexas, como as relacionadas as tecnologias e impactos sociais. Na maioria das vezes, os erros na tomada de decisão estão associados da forma como o decisor chegou até elas, ou seja, em muitos casos inexitem clareza, de como as alternativas foram definidas, nem como as informações importantes foram bem coletadas (CASTELLO *et al.*, 2021).

2.5 Síntese do Estado da Arte

Por usar variáveis que analisam as percepções do decisor e das partes interessadas, por meio de indicadores quantificáveis e não quantificáveis, de natureza qualitativa, para a maximização de aspectos positivos ou minimização de aspectos negativos, Os métodos multicritérios são os mais consistentes para avaliação de impacto social (AIS), uma vez que tal avaliação configura-se como um mecanismo útil para análise, monitoramento e gestão das consequências sociais, tanto positivas quanto negativas, das intervenções planejadas a partir de políticas, programas, planos, projetos governamentais e privados, sendo seu objetivo principal é auxiliar na construção de um ambiente biofísico e humano mais sustentável e equitativo.

Ressalta que os modelos de avaliação tecnoeconômica podem ser benéficos para um grupo de interessados, mas podem ser prejudiciais para outro (s) grupo (s); portanto, os *trade-offs* entre os benefícios e custos dos impactos sociais são inevitáveis e devem ser levados em consideração quando da elaboração dos projetos, (VANCLAY, 2002; VANCLAY *et al.*, 2015). Outro aspecto importante é que, quando a questão social é evidenciada é baseada quase que exclusivamente em uma única variável, a geração de empregos, considerada insuficiente para representar as evoluções dos fatores sociais da sociedade, uma vez que é necessário observar aspectos como a qualidade do emprego, a legislação vigente, a existência de trabalho infantil, a qualidade do trabalho, melhoria de vida e o bem-estar social das pessoas residentes nas comunidades (Kovacevic & States, 2014).

Existe também insuficiências no campo tecnológico, uma vez que para a extração de bioativos, é necessário tecnologias diferentes, pois, cada biomassa a ser processada na biorrefinaria de pequeno porte, possuem constituição distintas, e, portanto, é preciso identificar qual é a rota tecnológica mais adequada para conversão da matéria prima, nos produtos em que se deseja produzir. Este fato, leva os tomadores de decisão a adotarem, em projetos de biorrefino de pequeno e médio porte, rotas tecnológicas que possuam a capacidade de processar os diversos grupos de biomassa, e, portanto, gerar impactos sociais positivos para sociedade. No entanto, os estudos identificados não levam em

consideração essa questão. Nesse sentido, este estudo ao propor um modelo de decisão multicritério para avaliação do impacto social de biorrefinarias de pequeno e médio a partir de suas rotas tecnológicas de bioconversão, procura superar esta lacuna e dar uma contribuição à ciência.

2.6 Considerações finais do capítulo

Este capítulo apresentou os principais conceitos referentes à decisão multicritério para avaliação de impacto social de pequenas e médias biorrefinarias que realizam a conversão de biomassa em bioprodutos. Ficou evidente a necessidade de se considerar métricas que suportem o desenvolvimento humano, bem como a análise de tecnologias que geram impactos sociais positivos na sociedade. Adicionalmente, explanou-se sobre os trabalhos que se relacionam com o tema desta pesquisa. O próximo capítulo apresenta os materiais e métodos utilizados nesta pesquisa.

3 Materiais e métodos

Este capítulo retrata os procedimentos e técnicas metodológicas utilizados nesta pesquisa científica, em relação às abordagens, qualitativa e a quantitativa (DALFOVO; LANA; SILVEIRA, 2008). A abordagem qualitativa está associada à coleta de dados não estruturado, e a abordagem quantitativa está relacionada a dados numéricos, ou seja, que são quantificáveis. Os métodos multicritério, quando utilizados para pesquisas de avaliação de impacto social por natureza, utilizam critérios qualitativo e quantitativo, porém com uma inclinação muito maior para o qualitativo, uma vez que, se busca obter uma compreensão mais profunda do comportamento ou dos fenômenos analisados (DRESCH, 2018).

Quanto aos objetivos, esta pesquisa é considerada exploratória, descritiva e explicativa. A pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (BAQUERO, 2009). Pode envolver levantamento bibliográfico e entrevistas com pessoas experientes no problema pesquisado. A pesquisa descritiva pretende descrever os fatos e fenômenos característicos de determinada realidade. Uma de suas peculiaridades está na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário e a observação sistemática. E a explicativa, que se preocupa em identificar a razão das coisas através dos resultados oferecidos.

Quanto à natureza, o estudo é caracterizado como uma pesquisa aplicada, Este tipo de abordagem tem como objetivo a geração de conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo fatos e interesses da sociedade (BADR *et al.*, 2018).

3.1 Escopo geral da pesquisa

O escopo desta pesquisa limita-se conceitualmente à tomada de decisões a respeito da avaliação de impacto social e das tecnologias de biorrefino no desenvolvimento humana do TLS, quando da instalação de médias e pequenas biorrefinarias. Segue o descritivo de cada etapa, conforme Figura 6.

A tese inicia, com um primeiro artigo, que trata de uma revisão sistemática sobre o tema métodos de avaliação de impacto socioambiental aplicados em biorrefinarias de pequeno e médio multipropósito que realizam a conversão de biomassa em produtos de alto valor agregado. O estudo desenvolvido é dividido em cinco partes: O referencial teórico, o estudo bibliométrico, o semântico, o de conteúdo e o de análise de concordância.

Após a revisão sistemática da literatura, dois momentos ocorrem, i) a delimitação do tema da pesquisa, que neste caso, compreende uma ênfase na análise de métodos de avaliação de impacto social

de biorrefinarias de pequeno porte e; ii) a definição do escopo da pesquisa que visa explicitar os caminhos e objetivos deste estudo.

O segundo artigo busca desenvolver uma análise socioeconômica das cooperativas e associações familiares do TLS, considerando as variações de dois indicadores índice Gini e Índice de Desenvolvimento Humano – IDH, ao longo de 30 anos, além das incidências de políticas públicas locais.

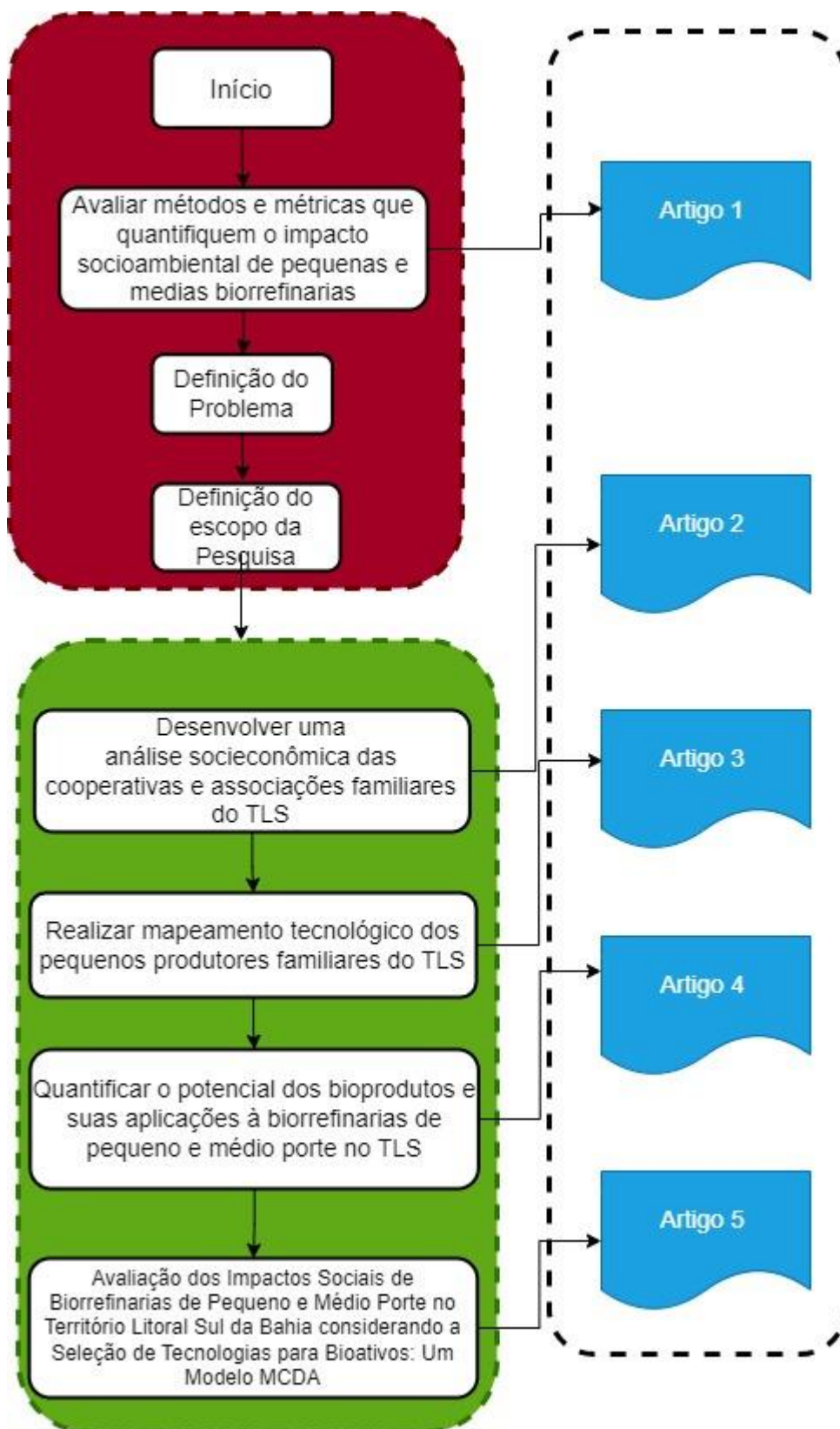
O terceiro artigo identifica qual é o conteúdo tecnológico é utilizado no processo produtivo das cooperativas e associações do TLS, observando a contribuição dessa discussão para a construção de diretrizes de políticas públicas que visem a melhoria da qualidade de vida das populações do TLS,

O quarto artigo trata do potencial bioeconômico do TLS, ou seja, de forma mais precisa, do quantitativo da biomassa agrícola produzido, bem como dos possíveis bioprodutos extraídos destas biomassas. Este estudo compreende três etapas: O referencial teórico, análise quantitativa da biomassa e aplicação dos bioativos.

Por fim, o quinto artigo que apresenta o modelo de avaliação de impactos sociais de biorrefinarias de pequeno e médio porte, considerando tecnologias de bioativos. Uma prospecção tecnológica é utilizada bem como o método Promethee, que a partir de suas etapas permitiu uma comparação entre alternativas e critérios.

Para cumprimento do escopo, será realizada coleta de dados secundários na literatura, bem como consultas a especialistas que atuam no tema.

Figura 5: Fluxograma do processo de desenvolvimento desta Tese.



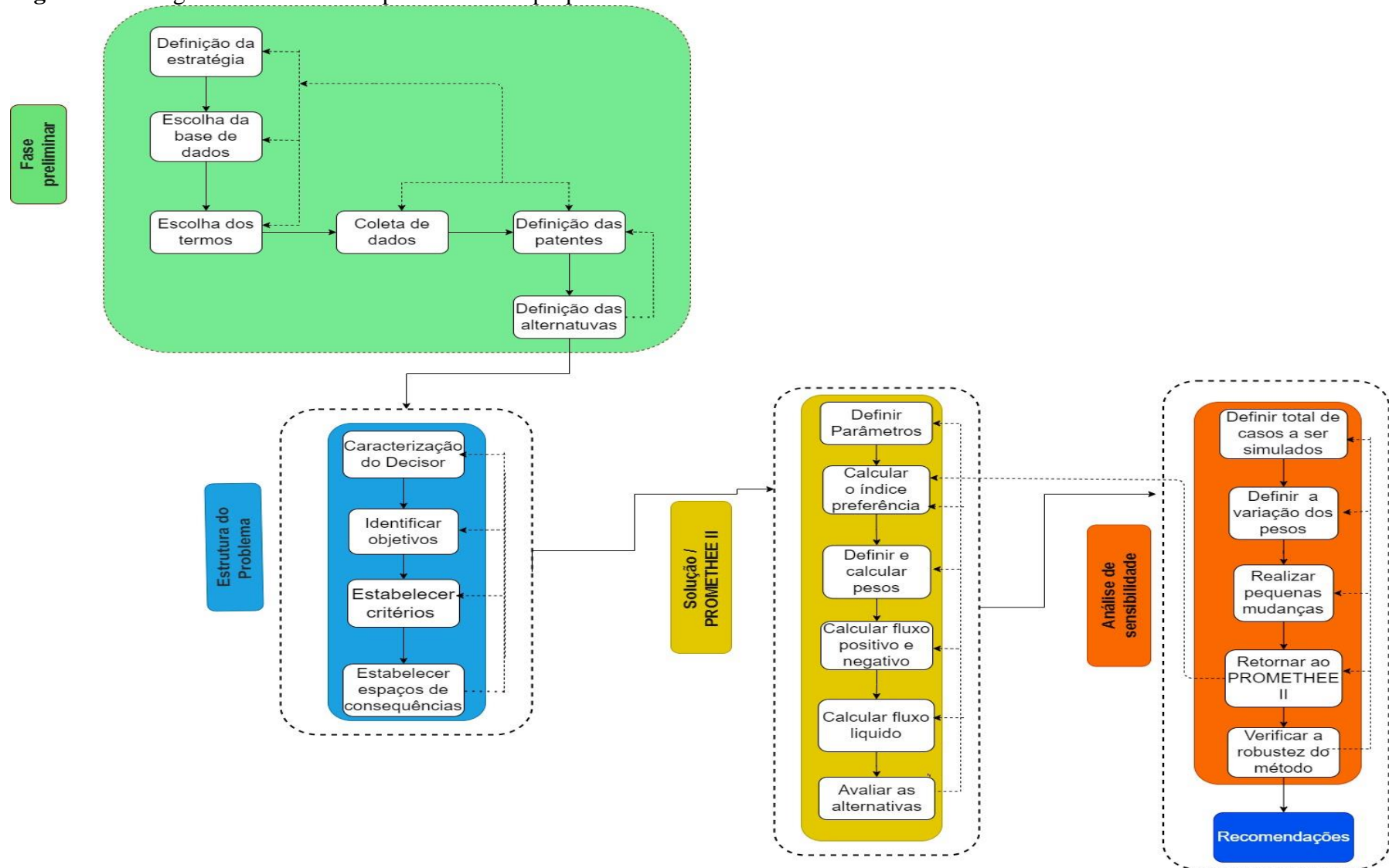
Fonte: Elaboração própria.

3.2 Modelo MCDA proposto.

Neste capítulo é apresentado a estrutura do modelo MCDA que, ordena os critérios e as alternativas que envolvem os impactos sociais e as rotas tecnológicas de biorrefino, que possibilitem o desenvolvimento humano de comunidades e implantem projetos de biorrefinarias de pequeno e médio porte.

O modelo está dividido em quatro fases: Fase 1 – Prospecção Tecnológica; Fase 2 - Estruturação do problema; Fase 3 – Aplicação do método Promethee II; Fase 4 – Análise Sensibilidade e recomendação, de acordo com a Figura 1.

Figura 6: Fluxograma das fases e etapas do modelo proposto.



Fonte: Elaboração própria

3.3 Fase 1 - Prospecção tecnológica.

A primeira fase é a prospecção tecnológica, que compreende 4 etapas. A primeira, que trata das ações que antecedem a prospecção, ou seja, da coleta de dados e informações, bem como a definição das taxonomias de busca por meio de palavras-chave. Neste caso, aplica-se um refinamento recursivo, para dar maior consistência aos dados extraídos. A segunda etapa ocorre quando da escolha da base de dados; a terceira visa a definição dos termos para as buscas das patentes, e a quarta versa sobre a definição das alternativas tecnológicas. O detalhamento desta fase será explicado nas subseções a seguir.

3.3.1 Estudos iniciais e definição da estratégia

Uma análise prévia das famílias de patentes para a coleta de informações utilizando os termos "*biorefinery* AND bioproducts*", ocorreu na base de dados do Orbit® e da Espacenet®, a partir dos quais uma leitura não-estruturada de títulos e resumos das patentes foram realizadas. Assim, foi possível identificar determinadas tecnologias emergentes capazes de influenciar positivamente a relação entre ciência, economia e sociedade, e que gerem desenvolvimento social às comunidades locais (LEE, S.; PARK, 2005; LUNA; MEIRA; QUINTELLA, 2012; MATOS; JACINTO, 2019).

3.3.2 Escolha da base de dados para a identificação das patentes

Apesar de inicialmente ocorrer uma análise em mais de uma das bases de dados de patentes, o levantamento final das patentes ocorreu somente na base de dados do Orbit®, uma vez que é considerado um dos maiores banco de dados de patentes do mundo e permite analisar os principais depositantes em cada *cluster* de forma abrangente, bem como tem predominância dos domínios tecnológicos que compõem as famílias de patentes (PESSÔA *et al.*, 2021). A coleta dos dados ocorreu no dia 26 de setembro de 2022, utilizando documentos de patentes pedidas, concedidas e vencidas.

3.3.3 Escolha dos termos

Observou-se que as palavras-chaves mais aderentes com o objeto deste estudo foram *i) Biorefinery* and biomass and bioproducts; ii) Biorefinery* and bioproducts; iii) Biorefinery* and Technologies; iv) Biorefinery* and lignocellulosic*; essas palavras-chave foram selecionadas para uso como mecanismos de identificação das patentes na base dados selecionado. As buscas ocorreram em quatro ocasiões, seguindo a ordem das palavras chaves mais aderentes ao tema.

3.3.4 Coleta de dados, definição das patentes e das alternativas

Após a definição das palavras-chaves e identificação das patentes a serem selecionadas, um conjunto de dados foi criado (ETIKAN, 2016). Um total de 171 famílias patentes foram recuperadas. Após excluídas as duplicações, 105 foram escolhidas para análise, tendo como predominância tecnológicas as respectivas áreas *Biotechnology*, *Macromolecular chemistry*, *Food chemistry*, *Chemical engineering*, *Basic materials chemistry*, *Organic fine chemistry*, and *Environmental technology*. Os resumos foram lidos e, na sequência, as informações foram separadas e organizadas em um conjunto de 8 tecnologias, identificadas para compor as alternativas deste modelo de decisão. Ver Quadro 3.

Quadro 3: Relação das tecnologias (alternativas) identificadas na prospecção tecnológica.

Item	Tecnologias
A1	Hidrólise enzimática
A2	Processo fotossintético
A3	Fermentação Biológica
A4	Hidrolise química
A5	Cavitação hidrodinâmica
A6	Sacarificação enzimática
A7	Catálise heterogênea
A8	Gaseificação

Fonte: Elaboração própria.

3.4. Fase 2 - Estruturação do problema.

A segunda fase é a estruturação do problema, composta de três etapas, a saber: identificação do decisor, definição dos objetivos do modelo e dos critérios, estabelecimento da matriz de decisão. Sempre, quando possível, será aplicado um refinamento sucessivo, uma vez que as etapas podem influenciar demasiadamente no resultado do modelo. O método considerado nesta pesquisa é o *Workshop* por permiti análises qualitativas bem como quantitativas. O problema foi estruturado por meio de uma série de 3 workshops, frequentados pelos diferentes grupos de stakeholders (THEAKSTON; WARRELL; GRIFFITHS, 2003). O detalhamento desta fase será explicado nas subseções a seguir.

3.4.1 Definição do decisor

O decisor considerado nesta pesquisa é um indivíduo com conhecimento técnico e científico, portanto, acadêmico. Apesar das decisões terem sido tomadas individualmente, outros atores estão envolvidos no processo, como, por exemplo, especialistas que forneceram informações factuais sobre o problema.

3.4.2 Estruturação dos objetivos e critérios

Trabalhos da literatura descrevem que os projetos para implantação de biorrefinarias de pequena e média escala possuem avaliações puramente tecnoeconômicas, considerando dois *trade-offs*: i) a mobilidade e o custo de investimento e ii) a complexidade do processo e o valor adicionado (AIT SAIR *et al.*, 2021). Ressaltam que os modelos de avaliação tecnoeconômica podem ser benéficos para um grupo de interessados, mas podem ser prejudiciais para outro (s) grupo (s); portanto, os *trade-offs* entre os benefícios e custos dos impactos sociais são inevitáveis e devem ser levados em consideração quando da elaboração dos projetos, (VANCLAY, 2002; VANCLAY *et al.*, 2015). Outro aspecto importante é que a questão social é evidenciada quase que exclusivamente em uma única variável, a geração de empregos, considerada insuficiente para representar as evoluções dos fatores sociais da sociedade, uma vez que é necessário observar aspectos relacionados aos direitos trabalhistas fundamentais: i) liberdade de associação e negociação coletiva; ii) a eliminação do trabalho forçado; iii) a abolição do trabalho infantil; e iv) a eliminação da discriminação em termos de emprego e ocupação, uma vez que a OIT - Organização Internacional do Trabalho orienta a construção de uma governança global entre empregados, governos e empregadores, que busque o desenvolvimento de métodos e, conseqüentemente, métricas trabalhistas com foco na justiça social (DODD; HOOLEY; BURKE, 2019; DUFFY *et al.*, 2017; THOMAS; TURNBULL, 2018).

Esse entendimento é corroborado por Matos e Jacinto, (2019), que enfatizam que os avanços tecnológicos da última década, que tornaram as tecnologias mais acessíveis às indústrias, fizeram emergir novos e complexos desafios sociais (no emprego, na saúde, na educação, na energia, na alimentação, entre outros), e também na intimidade da vida cotidiana, na capacidade de oferecer comodidades e diversões de toda ordem (aparelhos para comunicação a longa distância, filmes, vídeos, entre outros). Portanto, a tecnologia apesar de ser compreendida ou não como um fator determinante da ordem social, seus impactos precisam ser conhecidos e mensurados.

Para a seleção dos critérios, seis especialistas foram selecionados. Em análise da literatura verificou-se que estudos consideraram, respectivamente, três a sete especialistas para aplicação e validação dessa ação (MARTINS, S. M. *et al.*, 2020; VIEGAS *et al.*, 2020). Além disso, essa quantidade de especialistas contempla uma amostra não-probabilística e de conveniência, contemplando profissionais que atuam em áreas correlacionadas com o tema da pesquisa

Por meio de uma adaptação, os critérios de seleção dos especialistas foram três: i) possuir mais de três anos de experiência com orientações e ii) ter publicações científicas com o tema do artigo em questão; iii) possuir mais de cinco anos com atuação no tema, seja no setor industrial ou governamental, portanto, possuir notoriedade científica e/ou industrial/governamental na área em causa (CALLEFI *et al.*, 2022). Por fim, foram selecionados o conjunto de critérios considerados relevantes para avaliar o problema em questão.

O objetivo do modelo visa o desenvolvimento humano, no entanto, é acompanhado com um conjunto de critérios, suas descrições (Quadro 4), bem como a escala de impactos (Tabela 3).

Quadro 4: Critérios definidos pelos especialistas, bem como sua posição em relação aos valores.

Critérios	Descrição	Objetivo ou Min/Max
F1 - Impacto na qualidade do emprego	Condições de trabalho como idade mínima, jornada máxima, previdência e benefícios previstos pelas leis trabalhistas.	Máx.
F2 - Impacto na geração de empregos locais	Avalia os trabalhadores residentes/oriundos dos municípios que compõem do território.	Máx.
F3 - Impacto na formação profissional	A formação profissional de mão obra local, e é avaliado de acordo com a disponibilidade de treinamento; cursos de pequena e média duração, considerando um total de no máximo de 180 h/aula.	Máx.
F4 - Impacto na desigualdade de gênero e raça	Mesmo salário e funções entre homens e mulheres independentemente da cor da pele,	Mín.
F5 - Impacto no nível de educação	Avalia a oferta de cursos de pós-graduação e de cursos regulares no ensino básico e superior.	Máx.
F6 - Impacto no uso e ocupação do solo	Avalia a quantidade de produtos químicos aplicadas no solo e os conflitos por terra.	Mín.
F7 – Redução por lesões ocupacionais e morte	Avalia a segurança e saúde no trabalho, considerando as legislações existentes	Máx.
F8 – Redução do trabalho infantil	As crianças em escola em idade definida por lei são avaliadas	Máx.
F9 – Impacto na aceitabilidade social	Avalia a percepção geral das comunidades sobre a utilidade da biorrefinaria para sua vida cotidiana.	Máx.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 3: Escala de impacto para avaliação dos critérios

Nível do Impacto	Valor	
	Máx.	Mín.
Sem impacto	1	5
Impacto muito baixo	2	4
Impacto moderado	3	3
Alto impacto	4	2
Impacto muito alto	5	1

Fonte: Elaboração própria

3.4.3 Estabelecer espaço de consequências

Esta etapa envolve a estruturação do espaço de consequências, ou seja, uma matriz, composta por um conjunto de alternativas A , representado por alternativas e critérios, quando de sua definição. Para cada alternativa existe um vetor de consequências, que por definição uma relação binária R , sobre um conjunto de elementos $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ é um subconjunto do produto cartesiano de $B \times B$ (Quadro 5) (BEZERRA; SCHRAMM; SCHRAMM, 2021).

Para construção da matriz, foram usados dados coletados da busca de patentes por meio do Orbit e de fontes primárias por meio de entrevistas e rodas de conversas com especialistas do tema. Esta ação deve ser realizada com base nas escalas de avaliação de cada critério. Portanto, os decisores usaram a escala linguística para avaliar as alternativas (tecnologias) em relação aos critérios de acordo com suas especificidades.

Quadro 5: Matriz de decisão para definição de tecnologia de biorrefinaria de acordo com os indicadores sociais.

Alternativas	Critérios								
	Impacto na qualidade do emprego.	Impacto na geração de empregos locais.	Impacto na formação profissional.	Impacto na desigualdade de gênero e raça.	Impacto no nível de educação.	Impacto no uso e ocupação do solo.	Impactos por lesões ocupacionais e morte.	Impacto no trabalho infantil.	Impacto na aceitabilidade social.
Hidrólise enzimática	4	5	5	3	5	4	3	3	4
Processo fotossintético	5	3	5	3	5	2	4	3	3
Fermentação Biológica	4	4	5	4	5	5	5	3	4
Hidrolise química	4	5	5	4	5	4	5	3	4
Cavitação hidrodinâmica	5	5	5	3	5	3	4	2	5
Sacarificação enzimática	5	5	5	4	5	3	4	2	4
Catálise heterogênea	5	5	5	3	5	3	4	2	5
Gaseificação	5	4	5	3	4	4	4	3	4

Fonte: Elaboração própria.

3.5 Fase 3 - Aplicação do método Promethee II.

A terceira fase é composta especificamente pela utilização do método Promethee II com suas respectivas etapas. É importante ressaltar que a aplicação do refinamento é algo sempre a ser considerado, dado que a concretização deste bloco ocorre quando a etapa, independente da ordem, estiver finalizada. O detalhamento desta fase será explicado nas subseções a seguir.

3.5.1 Promethee II.

Nesta fase, o método o método Promethee II foi escolhido para ordenação das alternativas com base no impacto social, dado que consiste de natureza não-compensatória, que se fundamenta principalmente na comparação de alternativas em relação a critérios individuais, indicando se um critério é melhor ou não em relação a outro. Para auxiliar a modelagem de preferências utilizou-se a abordagem ROC (*Rank-Order Centroid*). Por fim, para otimizar o processo de análise, se fez uso do *software* PROMROCNRatio - *ROC and Ratio elicitation with PROMETHEE Rankin via web*, que fez todos os cálculos relacionados ao método PROMETHEE-ROC.

a) Definição dos parâmetros e cálculo de índice preferência:

Para a definição dos parâmetros inerentes ao método, ou seja, os limiares de indiferença g ou de preferência p , este trabalho adota a função de preferência usual para todos os critérios (DE ALMEIDA FILHO *et al.*, 2018; MORAIS *et al.*, 2015; TALUKDER; HIPEL, 2018). O cálculo do índice de preferência ou o grau de sobreclassificação, de a sobre b , é representado por π (BRANS, J.-P.; DE SMET, 2016).

A função de preferência representa a importância relativa dos critérios: $[\pi(a, b)]w_j > 0 \quad j = 1, 2, \dots, k$ conforme Equação 4.

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^k P_j(a, b) \cdot w_j \quad (4)$$

$$\text{onde } \sum_{j=1}^k w_j = 1$$

assim $\pi(a, b)$ de a sobre b (de 0 a 1) é definido como a soma ponderada $P(a, b)$ para cada critério, e w_j é o peso associado ao critério j .

b) Definição dos pesos

Para determinar os pesos dos critérios foi utilizada a abordagem ROC (*Rank-Order Centroid*). A abordagem ROC estabelece uma ordenação de preferência dos critérios que vai do mais importante para o menos importante, reduzindo uma possível imprecisão dos pesos atribuídos aos critérios pelo decisor (DE ALMEIDA FILHO *et al.*, 2018; MORAIS *et al.*, 2015). Em seguida, os valores são calculados com base na média dos pontos extremos do espaço de peso (SCHRAMM, F.; SCHRAMM; AGUIAR, 2017). Esta abordagem é totalmente compatível com a estrutura conceitual do método PROMETHEE II, (BEZERRA; SCHRAMM; SCHRAMM, 2021; DE ALMEIDA FILHO *et al.*, 2018; LOLLI *et al.*, 2016; VIRGINIO CAVALCANTE; PIRES FERREIRA; DE ALMEIDA, 2010).

O ROC compõe as partes do vetor centroide do simplex S_w . Ou seja, o ROC é baseado na média do poliedro definido pelo simplex $S_w = W_1 > W_2 > \dots > W_N, \sum W_i = 1$ e $W_i \geq 0$ em que os pesos são concebidos pelo centroide (ponto de massa bruta) do S_w . A obtenção dos pesos dos critérios, por meio do ROC, pode ser definida pela equação 8 (MORAIS *et al.*, 2015).

$$w_j = \frac{1}{n} \sum_{k=j}^n \frac{1}{K}, j = 1, 2, \dots, n. \quad (8)$$

onde, n é o número total de critério ou objetivos, e j é o peso do critério em sua posição no *ranking*, isto em um problema de multicritério.

De forma prática, a Tabela 4 apresenta a importância relativa de cada critério no processo de decisão por meio do ROC. Para o sucesso deste procedimento, o decisor deve estabelecer anteriormente uma ordem de importância dos critérios (um *ranking*).

A abordagem é totalmente compatível com a estrutura conceitual do método PROMETHEE II, em que a informação intercritérios é baseada na importância dos critérios que, por sua vez, são normalizados pela diferença entre a avaliação de cada critério (MAKAN; FADILI, 2020). Esta junção dos métodos é denominada de PROMETHEE-ROC (DE ALMEIDA FILHO *et al.*, 2018).

Tabela 4: Pesos definidos pelo ROC em cada critério.

Critérios	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Pesos	0.20	0.31	0.15	0.08	0.11	0.01	0.04	0.03	0.06

Fonte: Elaboração Própria.

c) Fluxo de superação positivo e negativo

Caracterizado pela soma das preferências globais de a em relação as demais alternativas do conjunto A . Os fluxos de superação positivo (ϕ^+) e negativo (ϕ^-) são calculados em termos numéricos. O primeiro representa a intensidade em que a supera as outras alternativas, enquanto o segundo revela a intensidade em que a alternativa a é superada pelas outras (Equação 5 e 6) (MORAIS *et al.*, 2015).

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a, b), \quad (5)$$

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b, a). \quad (6)$$

d) Fluxo líquido

A partir dos resultados dos fluxos de superação positivo e negativo é possível calcular o fluxo líquido por meio do PROMETHEE II. Tal fluxo representa o equilíbrio entre força e fraqueza da alternativa, cuja resultante é uma pré-ordem completa das alternativas, dada pela Equação 7. Obviamente, quanto maior for o fluxo líquido de uma determinada alternativa, melhor será sua classificação (MAKAN; FADILI, 2020).

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a). \quad (7)$$

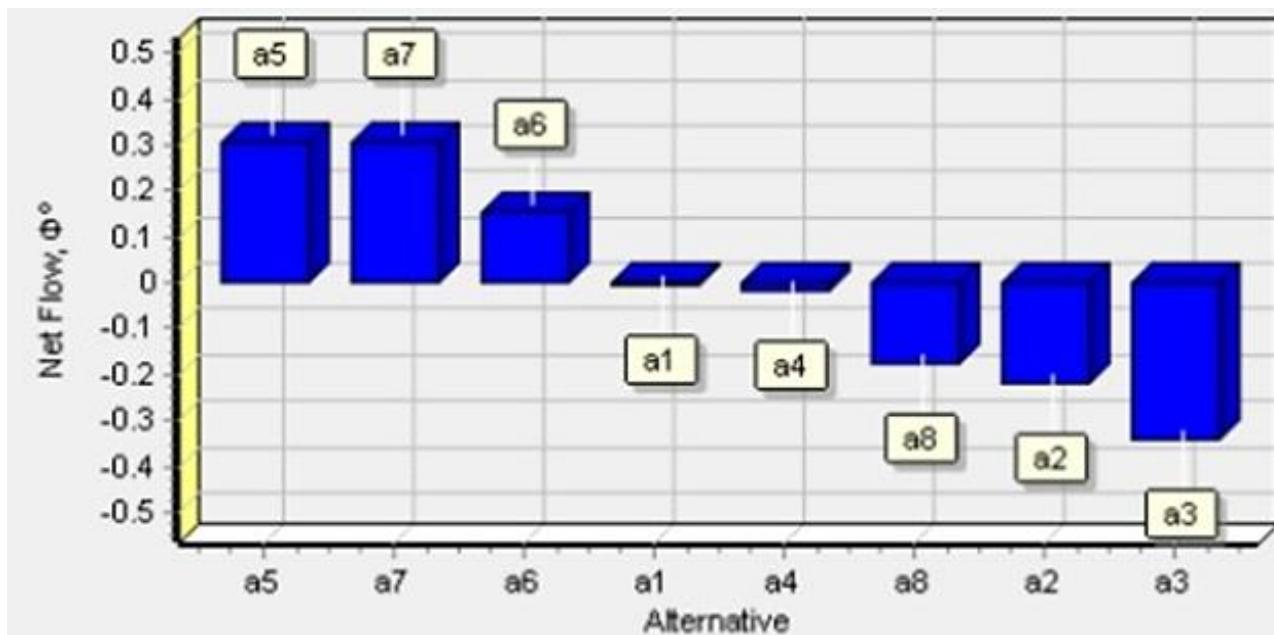
3.6 Fase 4 - Análise de sensibilidade e recomendação

A análise de sensibilidade verifica o impacto do quanto alterações pequenas realizadas nos pesos das alternativas influenciam no ranking final, ou seja, quais foram as alterações ocorridas nas alternativas. Assim, é possível identificar qual é a alternativa mais crítica, de acordo com o conceito de criticidade, Triantaphyllou e Sánchez (1997).

4 Resultados e discussão

Após análise das alternativas um ranking foi definido conforme Figura 8.

Figura 7: Classificação das Tecnologias considerando as preferências do decisor.



Fonte: Elaboração Própria.

Observa-se na Figura 8 que a alternativa A5 - Cavitação Hidrodinâmica, apresenta-se como uma tecnologia entre as de melhores desempenhos, considerando os critérios estabelecidos. Esta tecnologia é definida como a que tem a melhor capacidade de oxidação bem como uma maior quantidade de substâncias orgânicas, aliadas ao baixo custo de operação, uma vez que consome 40 % menos energia que as demais tecnologias. Quando analisado os rendimentos, são de ordem de grandeza maior para todas as reações considerando o trabalho, bem como o volume de processamento, chegando a cerca de 100 vezes superior quando comparado com outras tecnologias mais tradicionais (INNOCENZI; PRISCIANDARO, 2021). Isso se dá pela repercussão da combinação dos efeitos mecânicos da cavitação e efeitos térmicos sob a matriz e o solvente. Ressalta-se que os maiores rendimentos, possibilitam estruturar uma cadeia produtiva que envolve desde a aquisição das matérias-primas até a distribuição dos produtos finais, gerando às comunidades relevância social, econômica e ecológica (BUDZIANOWSKI; POSTAWA, 2016; PEROBELLI *et al.*, 2017). Portanto, é por essas razões, que as indústrias farmacêutica, nutracêutica e alimentar têm um grande interesse na adoção dessa tecnologia.

Outra questão importante é que essa tecnologia é de fácil operação, e pode ser aplicada em

maior ou menor escala de produção, portanto, mais acessíveis às comunidades, que por sua vez, podem produzir e processar as matérias-primas ao mesmo tempo, o que gera empregos na própria comunidade, além de permitir a redução de custos com a logística e auxiliar na segurança alimentar das comunidades, estando de acordo com o propósito de uma biorrefinaria de pequeno e médio porte (CLAUSER *et al.*, 2018; SBARCIOG *et al.*, 2022; VLACHOKOSTAS *et al.*, 2020).

Do ponto de vista ambiental, a Cavitação Hidrodinâmica, evita o uso excessivo de compostos tóxicos, o que é importante para gerar qualidade no emprego, e evitar lesões por intoxicação químicas, utiliza solventes mais seguros para o meio ambiente e, em alguns casos, suprime o uso de aditivos químicos, e por este motivo, é considerada uma tecnologia verde, uma vez que segue os princípios de desenvolvimento sustentável (STEBELEVA; MINAKOV, 2021), já que a Organização das Nações Unidas (ONU) enfatiza que, para qualquer projeto ser considerado sustentável, é necessário contemplar as três dimensões da sustentabilidade: social, ambiental e econômica (CAMPOS; DE ALMEIDA, 2011).

A permanência da Mata Atlântica viva, no caso do TLS, é possível, já que a tecnologia citada anteriormente, permite produzir bioativos extraídos, principalmente, de folhas, raízes, cascas e sementes, e as suas frações podem ser comercializadas em milhões de euros por quilogramas (kg), gerando assim, sustentabilidade entre as comunidades (ANTÔNIO, 2016; CLAUSER *et al.*, 2016; CORRÊA *et al.*, 2020; KIRCHER, 2014; NUNES *et al.*, 2020; SOUTO *et al.*, 2017). Nesse sentido, a Cavitação Hidrodinâmica, se desponta como uma rota tecnológica de biorrefinarias de pequena escala promissora para as comunidades rurais, no entanto, por ser uma tecnologia emergente no âmbito da extração de compostos bioativos da biomassa, sua relação com questões como desigualdade de gênero e raça, uso e ocupação do solo e trabalho infantil são pouco conhecidas.

Uma alternativa também considerada com os melhores desempenhos é a A7 - Catálise Heterogênea, que possui um impacto social significativo em termos globais, uma vez que mais de 90% dos processos de fabricação química utilizam catalisadores devido a sua imensa aplicabilidade. No entanto mesmo com os avanços científicos, ainda se desenvolve de maneira abrangente catalisadores novos ou aprimorados por meio de testes empíricos em experimentos de tentativa e erro, tornando caro sua operação (CUENYA, 2010). Uma questão importante, é que esta tecnologia em biorrefinaria é aplicada com bastante frequência em processos de combustão catalítica, pirólise e liquefação, Todos estes são tratamentos catalíticos termoquímicos, necessitam de maneira abrangente de um contingente considerável de trabalhadores e de biomassa para a sua operação, possibilitando geração de trabalho de forma ampla (CORDEIRO *et al.*, 2011; RICCIARDI *et al.*, 2018). No entanto, a aplicação desta tecnologia em comunidades locais, implica para agricultores cooperativados, e familiares, a sua

participação, como fornecedores de matéria prima, quando a escala de produção é de grande porte, o que impacta as comunidades em termos de renda, e no surgimento de empregos temporários, ou seja, precários (AXELSSON *et al.*, 2012; BAUER *et al.*, 2017; CLAUSER *et al.*, 2016; HEIJMAN; SZABO; VELDHUIZEN, 2019; IANDA; PADULA, 2020b; SALVADOR; SALIM; TONIOLO, 2022).

Destaca-se, também, que a Catálise Heterogênea, possui uma alta seletividade, juntamente com um alto rendimento, formando os principais fatores que possibilitam o uso desta tecnologia em escala industrial (CUENYA, 2010). No entanto, em termos comparativos com a Cavitação Hidrodinâmica, o fluxos líquidos, que é a diferença do fluxo positivo bem como do negativo obtiveram os mesmos valores, 0,30^o. Isto se deu pelo fato de ambas terem os melhores desempenhos na maioria dos critérios, no entanto, ressalta-se que como a Catalise Heterogênea é uma tecnologia madura, sua aplicação, por exemplo, na conversão da biomassa da cana de açúcar, está associada à necessidade de avanços sociais positivos, em critérios como questão de gênero e raça, uso e ocupação do solo, e trabalho infantil, já que as condições humanas nestes ambientes são extenuantes (AGOSTINHO; ORTEGA, 2013b; SOUZA, A. *et al.*, 2018).

Estudos sobre as mudanças climáticas, que consideram a Catalise Heterogênea para o processo de conversão de biomassa em biorrefinarias, indicam pontuações positivas para os indicadores socioeconômicos, uma vez que esta tecnologia possui uma menor pegada de carbono, quando comparado com outras tecnologias, significando um menor custo social (AHORSU; CONSTANTI; MEDINA, 2021).

Destaca-se, também, que as tecnologias A5 e A7 possuem um grau de complexidade moderada na operação (ASAITHAMBI *et al.*, 2019; CAKO *et al.*, 2022; GOGATE; PANDIT, 2005; RICCIARDI *et al.*, 2018). Portanto, não necessitando de trabalhadores altamente especializado, quando se refere ao processo de industrial de médio porte. Este fato, estimula o desenvolvimento local. A partir da existência de uma política de incentivos governamentais, que amplie o sistema de educação, com a criação de novas universidades, novos cursos de engenharia, bem como o apoio à qualificação profissional de forma sustentável, é possível superar as desigualdades regionais e melhorar a qualidade de vida das pessoas, em especial, das comunidades rurais.

A alternativa menos satisfatória foi a A3 – Fermentação Biológica, - que é uma tecnologia antiga de conversão pela ação metabólica de micro-organismos em substratos compostos de carboidratos e que possui como méritos a relação custo-eficácia, eco-amigável e alta propensão em degradar materiais de células vegetais. É utilizada, tanto na indústria de bebidas e de alimentos, como na indústria química, o que é possível a existência de demandas de insumos de alto valor agregado

extraídos por biorrefinarias de menor escala, portanto, gerando impactos sociais positivos nas comunidades (CAO *et al.*, 2022; LOPES *et al.*, 2019; PONNUSAMY *et al.*, 2019). Adicionalmente, esta tecnologia possui uma baixa complexidade para a conversão, portanto, requerendo para operação industrial, trabalhadores com especialidades em termos educacionais de nível técnico, assim, colaborando com a geração de empregos locais. No entanto, a aplicação da fermentação biológica em biorrefinarias de pequeno porte, é considerada pouco competitiva, uma vez que os rendimentos e a taxa de conversão da produção fermentativa são considerados inferiores quando comparados com outras tecnologias (PONNUSAMY *et al.*, 2019). Sua viabilidade técnica e econômica só é percebida quando o processo de conversão é realizado de forma simultânea com outras tecnologias, a exemplo da hidrólise, que devido a melhoria dos rendimentos, reduz principalmente os investimentos de capital (MA; LIU, 2019).

Destaca-se que as biorrefinarias de pequeno e médio porte, por estarem mais próximas das comunidades rurais, são instadas a ter, no comando de suas operações, organizações de agricultores familiares que, por possuir princípios como cooperação, solidariedade, liberdade e congêneres, não permitem a existência de trabalho infantil, por exemplo. No entanto, neste critério, as tecnologias A5 e A7 foram ligeiramente melhores que a A3, o que apontam para melhoria da questão relacionada ao emprego, e, conseqüentemente, uma melhoria das questões sociais das comunidades. A classificação das tecnologias é apresentada na Figura 8.

4.1 Análise de sensibilidade e recomendação final

É importante destacar que uma análise de sensibilidade de Monte-Carlo foi implementada, por meio do **PROMROCnRatio**, para verificar o quão sensíveis são os resultados, quando há alterações nos pesos e/ou na matriz de avaliação. Setenta mil casos foram simulados pelo decisor, considerando uma variação de vinte por cento nos valores de peso. Esta variação assumiu distribuição triangular de forma a obter novos valores para os pesos.

Os resultados da análise de sensibilidade estão presentes na Tabela 5 evidencia que em 100 % dos casos simulados, as três primeiras e a oitava posição, não houve alteração, mantendo-se os mesmos da simulação original.

Pode-se destacar a robustez do modelo, já que mesmo com a alteração dos pesos dos critérios, as alternativas (tecnologias) permaneceram as mesmas da aplicação original do modelo. Casos como este permitem maior segurança ao decisor no que se refere à utilização de suas preferências, a partir dos resultados obtidos no modelo, para aplicação do processo de decisão relativo ao problema

explicitado.

Tabela 5: Resultado da análise de sensibilidade de Monte Carlo para 70 mil casos.

Posição no Rank	Alternativas	% originais	% de Mudanças
1	a5	100,00	0,00
2	a7	100,00	0,00
3	a6	100,00	0,00
4	a1	94,88	5,11
5	a4	94,88	5,11
6	a8	99,82	0,17
7	a2	99,82	0,17
8	a3	100,00	0,00

Fonte: Elaboração própria.

4.2 Limitações

Esta pesquisa apresenta limitações, quando do uso dos dados de entradas puramente qualitativos, uma vez que estes podem apresentar imprecisões no resultado devido a possibilidade de existir uma alta incerteza associada as informações. No entanto, parte dessa limitação é superado por meio do uso da análise de sensibilidade.

5 Considerações finais.

O avanço tecnológico atual é responsável por gerar um grande impacto para a sociedade. Sendo assim, torna-se primordial que a decisão relativa à adoção de novas tecnológicas leve em consideração dimensões como qualidade de vida, geração de empregos, dentre outros aspectos sociais. Dessa forma, este estudo objetivou-se em propor um modelo de decisão multicritério para avaliação do impacto social das tecnologias de bioconversão das biorrefinarias de pequeno e médio porte.

Três fases foram consideradas para cumprir esse objetivo. Na primeira fase se realizou uma prospecção tecnológica para identificar as principais tecnologias utilizadas para bioconversão no contexto de pequenos e médias biorefinarias. Foram identificadas, a partir da prospecção tecnológicas, oito tecnológicas relacionadas ao processo de bioconversão. Posteriormente, na segunda fase se realizou a estruturação do problema, sendo identificados nove critérios fundamentais relativos aos aspectos da avaliação do impacto social da adoção de tecnologias de bioconversão. Por fim, na terceira fase, se realizou a construção e aplicação da solução MCDA, sendo identificadas no contexto da TLS, as tecnologias mais adequadas a serem adotadas, considerando os aspectos sociais. Assim, se identificou a Cavitação hidrodinâmica (A5) e a Catálise heterogênea (A7) como aquelas que podem impactar positivamente em relação as questões sociais no território estudado e consequentemente gerar novas oportunidades de negócio e de vida saudável.

Adicionalmente, considerando os resultados do conjunto da produção científica desta pesquisa, verifica se uma ausência de uma política nacional atualizada e eficiente para o desenvolvimento de tecnologias, orientada para o aproveitamento da biomassa, que visem a promoção dos impactos sociais positivos, cujo resultante é o empobrecimento das comunidades e uma proliferação de trabalho análogo ao escravo; a importância de utilizar métodos multicritérios para estudos de avaliação de impactos sociais de biorrefinarias, por permitir analisar dados quantitativos e qualitativos, bem como a necessidade de torna o país, e consequentemente os territórios, mais competitivos em termos tecnológicos e sociais.

Destaca se também que do ponto de vista do modelo desta pesquisa, seus resultados são importantes para a realidade TLS, uma vez que a solução MCDA pode ser facilmente aplicada para se avaliar quais tecnologias de bioconversão são mais adequadas do ponto de vista dos impactos sociais em outros contextos. Essa replicabilidade é possível, já que os critérios de desenvolvimento humano são bastantes abrangentes, contemplando questões primordiais relacionados ao desenvolvimento humano.

Sendo assim, a pesquisa apresenta contribuições tanto do ponto de vista teórico, como prático.

Para a teoria, se cobriu a lacuna da ausência de soluções MCDA para a avaliação do impacto social das tecnologias de bioconversão das biorrefinarias de pequeno e médio porte. Já para a prática, o modelo proposto pode ser utilizado por tomadores de decisões para simplificar o processo de avaliação da tecnologia a ser utilizado para bioconversão na realidade de pequenas e médias biorefinarias.

6 Sugestões para pesquisas futuras.

De modo a se realizar um aprofundamento no tema de pesquisa, diversos tópicos de pesquisas futuras podem ser considerados, como o desenvolvimento da solução MCDA que analise as três dimensões da sustentabilidade. Bem como pode ser realizado o desenvolvimento de um *software* que otimize o processo de aplicação da solução MCDA proposta, considerando a análise de incerteza dos dados.

Referências

ABUABARA, Leila; PAUCAR-CACERES, Alberto. Surveying applications of Strategic Options Development and Analysis (SODA) from 1989 to 2018. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], v. 292, n. 3, p. 1051–1065, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.11.032>

AGOSTINHO, Feni; ORTEGA, Enrique. Energetic-environmental assessment of a scenario for Brazilian cellulosic ethanol. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 47, p. 474–489, 2013a. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.05.025>

AGOSTINHO, Feni; ORTEGA, Enrique. Energetic-environmental assessment of a scenario for Brazilian cellulosic ethanol. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 47, p. 474–489, 2013b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.05.025>

AHORSU, Richard; CONSTANTINI, Magda; MEDINA, Francesc. Recent Impacts of Heterogeneous Catalysis in Biorefineries. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, [s. l.], v. 60, n. 51, p. 18612–18626, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.1c02789>

AIT SAIR, Aicha *et al.* Multicriteria definition of small-scale biorefineries based on a statistical classification. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 13, n. 13, p. 1–18, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13137310>

ANTÔNIO, Emerson. Análise das publicações etnobotânicas sobre plantas medicinais da Mata Atlântica na Região Sul do Estado da Bahia , Brasil Analysis of ethnobotanical publications on medicinal plants of the forest Atlantic in the South of Bahia , Brazil. [s. l.], v. 10, n. 2, p. 115–140, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/2446-4775.20160010>

ASAITHAMBI, Niveditha *et al.* Hydrodynamic cavitation and its application in food and beverage industry: A review. **Journal of Food Process Engineering**, [s. l.], v. 42, n. 5, p. 1–14, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfpe.13144>

AXELSSON, Lisa *et al.* Perspective: Jatropha cultivation in southern India: Assessing farmers' experiences. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 246–256, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bbb>

BAQUERO, Marcello. A pesquisa quantitativa nas ciências sociais. [s. l.], p. 104, 2009.

BAUER, Fredric *et al.* Technological innovation systems for biorefineries: a review of the literature. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, [s. l.], v. 11, n. 3, p. 534–548, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bbb.1767>

BELTON, Valerie; STEWART, Theodor J. **Multiple Criteria Decision Analysis**. Boston, MA: Springer US, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1495-4>

BEZERRA, Paloma Rayanne Silva; SCHRAMM, Fernando; SCHRAMM, Vanessa Batista. A multicriteria model, based on the PROMETHEE II, for assessing corporate sustainability. **Clean Technologies and Environmental Policy**, [s. l.], v. 23, n. 10, p. 2927–2940, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02211-y>

BOUYSSOU, Denis. Some remarks on the notion of compensation in MCDM. **European Journal of**

Operational Research, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 150–160, 1986. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(86\)90167-0](https://doi.org/10.1016/0377-2217(86)90167-0)

BRANS, Jean-Pierre; DE SMET, Yves. PROMETHEE Methods. *In: OPERATIONAL RESEARCH*. [S. l.: s. n.], 2016. v. 22, p. 187–219. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4_6

BRANS, J.P.; VINCKE, Ph.; MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects: The Promethee method. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 228–238, 1986. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(86\)90044-5](https://doi.org/10.1016/0377-2217(86)90044-5)

BRIOZO, Rodrigo Amancio; MUSETTI, Marcel Andreotti. Método multicritério de tomada de decisão: Aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento-UPA 24 h. **Gestao e Producao**, [s. l.], v. 22, n. 4, p. 805–819, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-530X975-13>

BUDZIANOWSKI, Wojciech M; POSTAWA, Karol. Total Chain Integration of sustainable biorefinery systems. **APPLIED ENERGY**, [s. l.], v. 184, p. 1432–1446, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.06.050>

CAKO, Elvana *et al.* Cavitation based cleaner technologies for biodiesel production and processing of hydrocarbon streams: A perspective on key fundamentals, missing process data and economic feasibility – A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, [s. l.], v. 88, n. February, p. 106081, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106081>

CALLEFI, Mario Henrique Bueno Moreira *et al.* Technology-enabled capabilities in road freight transportation systems: A multi-method study. **Expert Systems with Applications**, [s. l.], v. 203, n. July 2021, p. 117497, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117497>

CAMPOS, A. C. S. M.; DE ALMEIDA, A. T. A Multicriteria Decision model for managing business processes. *In: , 2011. 2011 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. [S. l.]: IEEE, 2011. p. 71–75. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/IEEM.2011.6117881>

CAO, Yujin *et al.* Debottlenecking the biological hydrogen production pathway of dark fermentation: insight into the impact of strain improvement. **Microbial Cell Factories**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 166, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12934-022-01893-3>

CARDOSO, Fernanda; BOMTEMPO, José Vitor; BORSCHIVER, Suzana. Elaboração De Roadmap Tecnológico Para a Produção De Biogás a Partir De Vinhaça. **Cadernos de Prospecção**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 495–495, 2017.

CASTELLO, Fernanda *et al.* Prospecção tecnológica utilizando análise de patentes e o método AHP: estudo de caso dos materiais de carbono para o setor de defesa. [s. l.], v. 38, 2021.

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

CAVALCANTI, Marcelo *et al.* Taxation of automobile fuels in Brazil: Does ethanol need tax incentives to be competitive and if so, to what extent can they be justified by the balance of GHG

emissions? **Renewable Energy**, [s. l.], v. 37, n. 1, p. 9–18, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.06.005>

CLAUSER, Nicolás M. *et al.* Alternatives of Small-Scale Biorefineries for the Integrated Production of Xylitol from Sugarcane Bagasse. **Journal of Renewable Materials**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 139–151, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.7569/JRM.2017.634145>

CLAUSER, Nicolás M. *et al.* Small-sized biorefineries as strategy to add value to sugarcane bagasse. **Chemical Engineering Research and Design**, [s. l.], v. 107, p. 137–146, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2015.10.050>

CORDEIRO, Claudiney Soares *et al.* Catalisadores heterogêneos para a produção de monoésteres graxos (biodiesel). **Química Nova**, [s. l.], v. 34, n. 3, p. 477–486, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000300021>

CORRÊA, Carla L O *et al.* Enzymatic Technology Application on Coffee Co - products : A Review. **Waste and Biomass Valorization**, [s. l.], n. 0123456789, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01208-w>

CUENYA, Beatriz Roldan. Synthesis and catalytic properties of metal nanoparticles: Size, shape, support, composition, and oxidation state effects. **Thin Solid Films**, [s. l.], v. 518, n. 12, p. 3127–3150, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2010.01.018>

DALFOVO, Michael Samir; LANA, Rogério Adilson; SILVEIRA, Amélia. Métodos Quantitativos e Qualitativos: um Resgate Teórico. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 1–13, 2008. Disponível em: http://www.unisc.br/portal/upload/com_arquivo/metodos_quantitativos_e_qualitativos_um_resgate_teorico.pdf

DE ALMEIDA, Adiel Teixeira *et al.* A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], v. 250, n. 1, p. 179–191, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.08.058>

DE ALMEIDA, Adiel Teixeira *et al.* A systematic literature review of multicriteria and multi-objective models applied in risk management. **IMA Journal of Management Mathematics**, [s. l.], v. 28, n. 2, p. 153–184, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/imaman/dpw021>

DE ALMEIDA, Adiel Teixeira. Multicriteria model for selection of preventive maintenance intervals. **Quality and Reliability Engineering International**, [s. l.], v. 28, n. 6, p. 585–593, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/qre.1415>

DE ALMEIDA, A.T. **Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério**. São Paulo: [s. n.], 2013.

DE ALMEIDA FILHO, Adiel T. *et al.* Preference modeling experiments with surrogate weighting procedures for the PROMETHEE method. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], v. 264, n. 2, p. 453–461, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.08.006>

DIAKOULAKI, Danae; ANTUNES, Carlos Henggeler; GOMES MARTINS, António. MCDA and

Energy Planning. *In: MULTIPLE CRITERIA DECISION ANALYSIS: STATE OF THE ART SURVEYS*. New York: Springer-Verlag, 2013. p. 859–890. Disponível em: https://doi.org/10.1007/0-387-23081-5_21

DODD, Vanessa; HOOLEY, Tristram; BURKE, Ciaran. Decent work in the UK: Context, conceptualization, and assessment. **Journal of Vocational Behavior**, [s. l.], v. 112, n. July 2018, p. 270–281, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2019.04.002>

DRESCH, Aline. Desenvolvimento Científico Em Design Science Para a Engenharia De Produção: Formulações Conceituais E Análise Empírica. [s. l.], p. 268, 2018.

DU PISANI, Jacobus A.; SANDHAM, Luke A. Assessing the performance of SIA in the EIA context: A case study of South Africa. **Environmental Impact Assessment Review**, [s. l.], v. 26, n. 8, p. 707–724, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2006.07.002>

DUFFY, Ryan D. *et al.* The development and initial validation of the Decent Work Scale. **Journal of Counseling Psychology**, [s. l.], v. 64, n. 2, p. 206–221, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1037/cou0000191>

EISENFÜHR, Franz; WEBER, Martin. Entscheidung bei Risiko und mehreren Zielen. *In: [S. l.: s. n.]*, 1993. p. 255–273. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-662-09670-3_11

ESTEVEZ, Ana Maria; FRANKS, Daniel; VANCLAY, Frank. Social impact assessment: The state of the art. **Impact Assessment and Project Appraisal**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 34–42, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14615517.2012.660356>

ETIKAN, Ilker. Comparison of Convenience Sampling and Purposive Sampling. **American Journal of Theoretical and Applied Statistics**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 1, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>

FRANÇA, Márcia *et al.* Biorefinery Lignin in Brazil Using the Technology Roadmap Method. **Energy Science and Technology**, [s. l.], n. July, p. 321–348, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/326558015>

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

GEORGIU, Ion. Cognitive Mapping and Strategic Options Development and Analysis (SODA). **Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science**, [s. l.], 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/9780470400531.eorms0974>

GIULIANO, Aristide *et al.* A novel methodology and technology to promote the social acceptance of biomass power plants avoiding nimby syndrome. **Chemical Engineering Transactions**, [s. l.], v. 67, n. September, p. 307–312, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3303/cet0918000>

GOGATE, Parag R.; PANDIT, Aniruddha B. A review and assessment of hydrodynamic cavitation as a technology for the future. **Ultrasonics Sonochemistry**, [s. l.], v. 12, n. 1–2, p. 21–27, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2004.03.007>

GONZÁLEZ-GARCÍA, S *et al.* Environmental life cycle assessment for rapeseed-derived biodiesel. **International Journal of Life Cycle Assessment**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 61–76, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0444-5>

GUAZZELLI, Cauê Sauter; DA CUNHA, Claudio Barbieri. Otimização multicritério para o problema de localização de centros de distribuição de uma empresa com unidade produtiva no Polo Industrial de Manaus. **Gestao e Producao**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 480–494, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-530X1980-15>

HEIJMAN, Wim; SZABO, Zoltan; VELDHUIZEN, Esther. The Contribution of Biorefineries to Rural Development: The Case of Employment in Hungary. **STUDIES IN AGRICULTURAL ECONOMICS**, [s. l.], v. 121, n. 1, p. 1–12, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.7896/j.1820>

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

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

INNOCENZI, Valentina; PRISCIANDARO, Marina. Technical feasibility of biodiesel production from virgin oil and waste cooking oil: Comparison between traditional and innovative process based on hydrodynamic cavitation. **Waste Management**, [s. l.], v. 122, p. 15–25, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.12.034>

JOGLEKAR, Saurabh N *et al.* A methodology of evaluating sustainability index of a biomass processing enterprise: a case study of native cow dung–urine biorefinery. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 27, n. 22, p. 27435–27448, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06309-1>

KIRCHER, Manfred. The Emerging Bioeconomy: Industrial Drivers, Global Impact, and International Strategies. **Industrial Biotechnology**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 11–18, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1089/ind.2014.1500>

KOKKINOS, Konstantinos *et al.* Fuzzy Cognitive Map-Based Modeling of Social Acceptance to Overcome Uncertainties in Establishing Waste Biorefinery Facilities. **Frontiers in Energy Research**, [s. l.], v. 6, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fenrg.2018.00112>

LEE, Keeheon; JUNG, Hosang. Dynamic semantic network analysis for identifying the concept and scope of social sustainability. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 233, p. 1510–1524, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.390>

LEE, Sungjoo; PARK, Yongtae. Customization of technology roadmaps according to roadmapping purposes: Overall process and detailed modules. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 72, n. 5, p. 567–583, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2004.11.006>

LI, Jiao; WANG, Yuan; YAN, Beibei. The hotspots of life cycle assessment for bioenergy: A review by social network analysis. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 625, p. 1301–1308, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.030>

LIMA, Dario Oliveira; SOGABE, Vergílio Prado; CALARGE, Tania Cristina Costa. Uma Análise sobre o Mercado Mundial do Biodiesel. **XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**, [s. l.], v. 1, p. 44–59, 2008. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/9/718.pdf>

LOLLI, Francesco *et al.* Waste treatment: an environmental, economic and social analysis with a new group fuzzy PROMETHEE approach. **Clean Technologies and Environmental Policy**, [s. l.], v. 18, n. 5, p. 1317–1332, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10098-015-1087-6>

LOPES, Tiago F. *et al.* Techno-economic and life-cycle assessments of small-scale biorefineries for isobutene and xylo-oligosaccharides production: a comparative study in Portugal and Chile. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, [s. l.], v. 13, n. 5, p. 1321–1332, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bbb.2036>

LUIZ FERNANDO BALTAZAR1 *et al.* Capacitação Em Propriedade Intelectual E Prospecção Tecnológica Por Meio De Patentes: Análise Da Elaboração De Método Inovador. **Enpi**, [s. l.], p. 67577–67590, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n7-166>

LUNA, Saionara; MEIRA, Marilena; QUINTELLA, Cristina M. Prospecção Tecnológica De Patentes Para Determinação De Métodos Utilizados Para Análise De Matéria-Prima Na Produção De Biodiesel. **Cadernos de Prospecção**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 159–167, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.9771/s.cprosp.2012.005.017>

MA, Yingqun; LIU, Yu. Turning food waste to energy and resources towards a great environmental and economic sustainability: An innovative integrated biological approach. **Biotechnology Advances**, [s. l.], v. 37, n. 7, p. 107414, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2019.06.013>

MAKAN, Abdelhadi; FADILI, Ahmed. Sustainability assessment of large-scale composting technologies using PROMETHEE method. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 261, p. 121244, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121244>

MANSO, Daniel Ferreira; SUTERIO, Ricardo; BELDERRAIN, Mischel Carmen Neyra. Estruturação do problema de gerenciamento de desastres do estado de São Paulo por intermédio do método Strategic Options Development and Analysis. **Gestão & Produção**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 4–16, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-530X1105-13>

MARTINKUS, Natalie *et al.* Biorefinery site selection using a stepwise biogeophysical and social analysis approach. **BIOMASS & BIOENERGY**, [s. l.], v. 97, p. 139–148, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.12.022>

MARTINS, Sara M. *et al.* An artificial-intelligence-based method for assessing service quality: insights from the prosthodontics sector. **Journal of Service Management**, [s. l.], v. 31, n. 2, p. 291–312, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JOSM-03-2019-0084>

MARTTUNEN, Mika; LIENERT, Judit; BELTON, Valerie. Structuring problems for Multi-Criteria Decision Analysis in practice: A literature review of method combinations. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], v. 263, n. 1, p. 1–17, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.04.041>

MATOS, Florinda; JACINTO, Celeste. Additive manufacturing technology: mapping social impacts. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 70–97, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2017-0263>

MCCORMICK, Kes; BOMB, Christian; DEURWAARDER, Ewout. Governance of biofuels for transport in Europe: lessons from Sweden and the UK. **Biofuels**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 293–305, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.4155/bfs.12.15>

MORAIS, Danielle Costa *et al.* PROMETHEE-ROC Model for Assessing the Readiness of Technology for Generating Energy. **Mathematical Problems in Engineering**, [s. l.], v. 2015, p. 1–11, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2015/530615>

NICOLESCU, Basarab. Um novo tipo de conhecimento – transdisciplinaridade. **Teptrans**, [s. l.], p. 1–10, 1999. Disponível em: <http://www.ufrj.br/leptrans/arquivos/conhecimento.pdf>

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

NUNES, Luane A. *et al.* Waste green coconut shells: Diagnosis of the disposal and applications for use in other products. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 255, p. 120169, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120169>

PERIMENIS, Anastasios *et al.* Development of a decision support tool for the assessment of biofuels. **Energy Policy**, [s. l.], v. 39, n. 3, p. 1782–1793, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.01.011>

PEROBELLI, Fernando Salgueiro *et al.* Impactos Econômicos do Aumento das Exportações Brasileiras de Produtos Agrícolas e Agroindustriais para Diferentes Destinos. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [s. l.], v. 55, n. 2, p. 343–366, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550208>

PESSÔA, Luigi Cavalcanti *et al.* Technological prospection of microalgae-based biorefinery approach for effluent treatment. **Algal Research**, [s. l.], v. 60, n. September, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102504>

PETERS, Dietmar; ULBER, Roland; WAGEMANN, Kurt. Die deutsche Roadmap: Bioraffinerien. **Chemie in Unserer Zeit**, [s. l.], v. 48, n. 1, p. 46–59, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ciuz.201400622>

PONNUSAMY, Vinoth Kumar *et al.* A review on lignin structure, pretreatments, fermentation reactions and biorefinery potential. **Bioresource Technology**, [s. l.], v. 271, n. August 2018, p. 462–472, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.070>

PRASARA-A, Jittima *et al.* Environmental and social life cycle assessment to enhance sustainability of sugarcane-based products in Thailand. **CLEAN TECHNOLOGIES AND ENVIRONMENTAL**

POLICY, 233 SPRING ST, NEW YORK, NY 10013 USA, v. 21, n. 7, p. 1447–1458, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10098-019-01715-y>

PYRGAKIS, Konstantinos A.; KOKOSSIS, Antonios C. A Total Site Synthesis approach for the selection, integration and planning of multiple-feedstock biorefineries. **Computers & Chemical Engineering**, [s. l.], v. 122, p. 326–355, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2018.09.003>

QUINTELLA, Cristina M. *et al.* Technology assessment as a tool applied in science and technology to achieve innovation: Optical methods for fuels quality assessment. **Revista Virtual de Química**, [s. l.], v. 3, n. 5, p. 406–415, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20110044>

R. C. ASSUNÇÃO, Lorena *et al.* Technology roadmap of renewable natural gas: Identifying trends for research and development to improve biogas upgrading technology management. **Applied Energy**, [s. l.], v. 292, p. 116849, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116849>

RICCIARDI, Maria *et al.* First Attempt of Glycidol-to-Monoalkyl Glyceryl Ethers Conversion by Acid Heterogeneous Catalysis: Synthesis and Simplified Sustainability Assessment. **ChemSusChem**, [s. l.], v. 11, n. 11, p. 1829–1837, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/cssc.201800530>

ROY, Bernard. The outranking approach and the foundations of electre methods. **Theory and Decision**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 49–73, 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00134132>

SAATY, Thomas L. What is the Analytic Hierarchy Process? *In*: SPRINGER BERLIN HEIDELBERG (org.). **Mathematical Models for Decision Support**. 1. ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1988. p. 109–121. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-642-83555-1_5

SALVADOR, Guilherme V.; SALIM, Vera Maria M.; TONIOLO, Fabio S. Sustainability assessment of a decentralized green diesel production in small-scale biorefineries. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, [s. l.], v. 16, n. 6, p. 1527–1550, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bbb.2419>

SBARCIOG, Mihaela *et al.* Design, Implementation and Simulation of a Small-Scale Biorefinery Model. **Processes**, [s. l.], v. 10, n. 5, p. 829, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/pr10050829>

SCHRAMM, Fernando; SCHRAMM, Vanessa B.; AGUIAR, Emerson S. **A web-based procedure for student assistance program selection in Brazil**. [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/SMC.2017.8123146>

SCHRAMM, Vanessa B.; SCHRAMM, Fernando. An Approach for Supporting Problem Structuring in Water Resources Management and Planning. **Water Resources Management**, [s. l.], v. 32, n. 9, p. 2955–2968, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11269-018-1966-9>

SEBASTIEN, Lea. From NIMBY to enlightened resistance: a framework proposal to decrypt land-use disputes based on a landfill opposition case in France. **Local Environment**, [s. l.], v. 22, n. 4, p. 461–477, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13549839.2016.1223620>

SIMS, Ralph E.H. *et al.* An overview of second generation biofuel technologies. **Bioresource Technology**, [s. l.], v. 101, n. 6, p. 1570–1580, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.11.046>

SOUTO, Luciana Reis Fontinelle *et al.* Utilization of residue from cassava starch processing for production of fermentable sugar by enzymatic hydrolysis. **Food Science and Technology (Brazil)**, [s. l.], v. 37, n. 1, p. 19–24, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.0023>

SOUZA, Alexandre *et al.* Social life cycle assessment of first and second-generation ethanol production technologies in Brazil. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, [s. l.], v. 23, n. 3, p. 617–628, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1112-y>

STEBELEVA, Olesya P.; MINAKOV, Andrey V. Application of Cavitation in Oil Processing: An Overview of Mechanisms and Results of Treatment. **ACS Omega**, [s. l.], v. 6, n. 47, p. 31411–31420, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c05858>

TALUKDER, Byomkesh; HIPEL, Keith W. The PROMETHEE framework for comparing the sustainability of agricultural systems. **Resources**, [s. l.], v. 7, n. 4, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/resources7040074>

TAYLOR, Bron *et al.* The need for ecocentrism in biodiversity conservation. **Conservation Biology**, [s. l.], v. 34, n. 5, p. 1089–1096, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/cobi.13541>

TAYLOR, C. Nicholas; MACKAY, Michael; PERKINS, Harvey C. **Social impact assessment and (realist) evaluation: meeting of the methods**. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14615517.2021.1928425>

TEIXEIRA, Luciene Pires. Prospecção Tecnológica: importância, métodos e experiências da Embrapa Cerrados. **Embrapa**, [s. l.], 2013. Disponível em: <https://doi.org/2176-5081>

THESIS, Master; AMSTERDAM, Universiteit Van. Assessing the conditions for an effective energy transition. [s. l.], 2019.

THOMAS, Huw; TURNBULL, Peter. From horizontal to vertical labour governance: The International Labour Organization (ILO) and decent work in global supply chains. **Human Relations**, [s. l.], v. 71, n. 4, p. 536–559, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0018726717719994>

VAN REE, René *et al.* **Status Report Biorefinery 2007 Colophon Title Status Report Biorefinery 2007**. [S. l.: s. n.], 2007. *E-book*.

VANCLAY, Frank. Conceptualising social impacts. **Environmental Impact Assessment Review**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 183–211, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(01\)00105-6](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(01)00105-6)

VANCLAY, Frank *et al.* Social Impact Assessment: Guidance for assessing and managing the social impacts of projects. **International Association for Impact Assessment**, [s. l.], v. 1, n. April, p. 98, 2015.

VIEGAS, Renan Alves *et al.* A multi-criteria-based hazard and operability analysis for process safety. **Process Safety and Environmental Protection**, [s. l.], v. 144, p. 310–321, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.07.034>

VIRGINIO CAVALCANTE, C. A.; PIRES FERREIRA, Rodrigo José; DE ALMEIDA, A. T. A preventive maintenance decision model based on multicriteria method PROMETHEE II integrated with Bayesian approach. **IMA Journal of Management Mathematics**, [s. l.], v. 21, n. 4, p. 333–348, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/imaman/dpn017>

VLACHOKOSTAS, Christos *et al.* Decision Support System to Implement Units of Alternative Biowaste Treatment for Producing Bioenergy and Boosting Local Bioeconomy. **Energies**, [s. l.], v. 13, n. 9, p. 2306, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en13092306>

WANG, Yu *et al.* Impact of the biorefinery size on the logistics of corn stover supply – A scenario analysis. **Applied Energy**, [s. l.], v. 198, p. 360–376, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.03.056>

YU, Yun *et al.* Mallee Biomass as a Key Bioenergy Source in Western Australia: Importance of Biomass Supply Chain. **Energy & Fuels**, [s. l.], v. 23, n. 6, p. 3290–3299, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ef900103g>

APÊNDICE: ARTIGO 1

Multi-purpose biorefineries and their social impacts: A systematic literature review

Dayvid Souza Santos¹. Tito Francisco Ianda². Priscila Pereira Suzart de Carvalho³. Pedro Luiz Teixeira de Camargo⁴. Fárlei Cosme Gomes dos Santos⁵. Carlos Ariel Cardona Alzate⁶. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa⁷. Ricardo de Araújo Kalid⁸.

Abstract

Multi-product biorefineries are very promising industries to diversify the economy of countries since they have a productive matrix with a biological characteristic capable of processing various types of biomass with applications in pharmaceutical, renewable energy, and other industries. In this context, this research carries out an analysis of the literature on biorefineries and the methods of assessing social impacts that consider quality of life, employment, and stakeholders, among other metrics, as guided by the United Nations – UN. A systematic review combined with bibliometric, semantic, and content analysis was carried out by searching scientific documents in the Scopus and Web of Science databases. A total of 116 articles were located, of which twenty-three were selected by three researchers to compose the research. The Fleiss Kappa Index was applied to verify the agreement of the evaluators' decision regarding the inclusion and exclusion of articles, they obtained $K = 0.43$ above the tolerable limit defined for the inclusion of articles, which is $K \geq 0.21$. Therefore, all twenty-three articles were included. The results indicate that most biorefinery projects consider optimization and econometric methods and especially the employment metric, therefore, understood as insufficient for assessing social impacts. On the other hand, projects whose methods consider Social Life Cycle and

¹ Information and Complete address for the corresponding author: R. Prof. Aristίδes Novis, 2 - Federação, Salvador - BA, 40210-630; PhD student in the Industrial Engineering Program at the Federal University of Bahia – PEI/UFBA; agrodayvid@gmail.com; Salvador, Bahia, Brazil; ORCID: [0000-0003-1270-7014](https://orcid.org/0000-0003-1270-7014).

² PhD student in the Industrial Engineering Program at the Federal University of Bahia – PEI/UFBA; titoianda@yahoo.com.br; Salvador, Bahia, Brazil; ORCID: 0000-0002-0846-7217.

³ PhD student in the Industrial Engineering Program at the Federal University of Bahia – PEI/UFBA; prisuzart@gmail.com; Salvador, Bahia, Brazil; ORCID: 0000-0002-5051-5251.

⁴ Federal Institute of Education, Science and Technology of Minas Gerais – Campus Avançado Piumhi, MG, Brazil; pedro.camargo@ifmg.edu.br; ORCID: 0000-0003-2652-4323.

⁵ State University of Santa Cruz – UESC/BA; farlei.uesc@hotmail.com; Ilhèus; Bahia; Brazil; ORCID: 0000-0003-1765-1849.

⁶ PhD in Chemical Engineering; Professor at the National University of Colombia – UNAL/CO; ccardonaal@unal.edu.co; Manizales, Caldas, Colombia; ORCID: 0000-0002-0237-2313.

⁷ PhD in Chemical Engineering; Professor at SENAI-CIMATEC/BA; fernando.pessoa@fieb.org.br; Salvador; Bahia; Brazil; ORCID: 0000-0003-3667-3875.

⁸ PhD in Chemical Engineering; Professor at the Federal University of Southern Bahia – UFSB; ricardo.kalid@gmail.com; Itabuna; Bahia; Brazil; ORCID: 000-0001-9265-5263.

Multicriteria are more consistent for assessing the social impacts of biorefineries, as they allow an analysis of qualitative and quantitative information.

Keywords: Biorefineries. Multiproduct. Social impacts. Quality of life. Sustainability. Biomass

1. Introduction

Biorefineries are industrial units that have a production matrix of biological characteristics that, when connected to an integrated sustainable production system, enable the generation of cleaner energy through the production of biogas, biofuel, and other sources of renewable energy (ARISTIZÁBAL-MARULANDA; SOLARTE-TORO; CARDONA ALZATE, 2020; BUDZIANOWSKI; POSTAWA, 2016; CHERUBINI, 2010; SOLARTE-TORO; CARDONA ALZATE, 2021; TEIGISEROVA; HAMELIN; THOMSEN, 2019).

These industrial units mentioned above also produce high added value inputs and products for the chemical, pharmaceutical, food, or cosmetic industries, such as enzymes, monoclonal antibodies, enantiomerically pure compounds, and phenolic compounds, which are considered fine or specialized biochemicals, sold in several countries (KIRCHER, 2014; TEY *et al.*, 2021; TOLEDANO *et al.*, 2013; VAZ, 2010).

These products from biomass processed in biorefineries play an important role in human health, beauty, and aesthetics due to their antioxidant and anti-inflammatory properties, which contribute to the fight against skin and heart diseases, and inflammation, among others (GARCÍA *et al.*, 2010; RIBAS; GONÇALVES; MAZUR, 2018). The focus of this work is on compounds with high added value. Only after extracting the active ingredients useful for the manufacture of medicines, cosmetics, or functional foods, must the materials be destined to obtain biofuels.

There is a strong interest among the various countries to establish an energy transition based on the production of biofuels, like the European Community, especially from countries such as Germany and France, whose governments are signatories of international agreements that aim to reduce pollutant emissions into the atmosphere. Therefore, they seek to increase their production, which currently represents, respectively, 3.9% and 2.6% of global biofuel production (DARDA; PAPALAS; ZABANIOTOU, 2019; EBADIAN *et al.*, 2020; LONGATI; BATISTA; CRUZ, 2020).

In global terms, biofuel production represents just over 10% of the planet's energy production, 70% of renewable energy production, and 2% of the planet's total arable land.(AHMED *et al.*, 2021; SINGH *et al.*, 2020) Their projections of land demand up to 2030 range from 1.6% for the combined case of first and second-generation sugarcane to 3.9% for the case of first-generation corn ethanol (DIAS *et al.*, 2021; TELES *et al.*, 2022).

The conversion of land to biofuel plantations in the context of climate change mitigation has represented a threat

to access to land for local communities, since from the social point of view, it is estimated that approximately 4 million people across the planet can be displaced to live in arid lands, impacting the production of staple foods, which may have an average reduction in the global harvest of 10% to 50% in certain regions of the planet (SINGH *et al.*, 2020; TAHERIPOUR; TYNER, 2013).

To enable the implementation of biorefineries aimed at the production of first, second, and third-generation biofuels, several countries have created a specific market for this segment based on tax incentives (CAVALCANTI *et al.*, 2012; LIMA; SOGABE; CALARGE, 2008; MCCORMICK; BOMB; DEURWAARDER, 2012). The arguments used by governments for the tax subsidy of biofuels were: i) the need to generate jobs; ii) to meet the increase in global energy consumption; iii) to mitigate greenhouse gas (GHG) emissions; and iv) the depletion of mineral and primary energy resources associated with the burning of native forests since large lignocellulosic biorefinery projects have a high capacity to convert biomass into biofuels and generate several positive socioeconomic and environmental impacts (BAUER *et al.*, 2017; BUCHSPIES; KALTSCHMITT; NEULING, 2020; KLEIN *et al.*, 2019; PEREIRA; CEPTEL; FREITAS, 2019; ROITMAN, 2019).

Through the analysis of secondary and primary data from various sources, several impacts were simulated on the implementation of biodiesel production projects in sub-Saharan countries, considering the following variables: increased biodiesel production and consumption, job creation, and reduced imports of diesel oil (IANDA; PADULA, 2020a). The results of this study showed that the jobs generated by these large projects linked to agriculture are, for the most part, temporary and low-paid. On the other hand, for large-scale biorefineries to have techno-economic viability, it is necessary to overcome the high initial expenditures for their implementation as well as to structure their production chains, which involve everything from the acquisition of raw materials to the distribution of the final products and which depend heavily on local authorities, regulatory frameworks, and tax incentives to ensure the economic viability of these projects.

Other aspects that contribute to the existence of unsustainability in biorefinery projects that produce biofuels are i) the bioconversion of food crops is restricted by the excessive use of agricultural land and can generate food and nutritional insecurity; ii) the existence of a significant decline in biodiversity; iii) low local employment; and finally, iv) the price of the final product is almost always lower than the raw materials and much lower than most products with high added value (KIRCHER, 2014; LI; WANG; YAN, 2018; SIMS *et al.*, 2010; YU *et al.*, 2009).

Because it is characterized as a proposal under development, small and medium-sized biorefineries can be much more interesting in social, economic, and environmental terms when managed by family farmers, since they have a greater impact on local development compared to larger scale projects, which have higher costs, especially in the initial phases

(SALVADOR; SALIM; TONIOLO, 2022). Another issue is that the technologies available for the operation of these small and medium-sized units may be cheaper and therefore more accessible to family farmers, who in turn can produce and process raw materials at the same time, which in turn generates jobs in the community itself (AIT SAIR *et al.*, 2021).

Studies on the impacts of biorefinery projects observed in the literature mainly consider the technical and economic aspects through the analysis of profitability indicators and production costs (ARISTIZÁBAL M.; GÓMEZ P.; CARDONA A., 2015; KRATKY; ZAMAZAL, 2020; LI; WANG; YAN, 2018; PYRGAKIS; KOKOSSIS, 2019b; ZANG; SHAH; WAN, 2020). And environmental, since in a significant way, the scientific literature found in this area of knowledge uses the method of life cycle analysis (LCA) to evaluate the impacts of the inputs used in the production process as well as the products to be generated arising from the various raw materials (CHERUBINI; JUNGMEIER, 2010; KRATKY; ZAMAZAL, 2020; MARANDUBA *et al.*, 2015; OU; CAI, 2020; SECCHI *et al.*, 2019).

The United Nations (UN) emphasizes that, for any project to be considered more sustainable, it is necessary to consider the three dimensions of sustainability: social, environmental, and economic (CAMPOS; DE ALMEIDA, 2011). Since 1990, the UN has adopted the Human Development Index (HDI) to quantify the social and human impacts of countries and communities through three basic concepts: a long and healthy life; knowledge; and a decent standard of living (SANTOS, D. S. *et al.*, 2020). Four indicators were selected to express these concepts: life expectancy at birth, average years of schooling, expected years of schooling, and Gross National Income per capita (GNI) (KOVACEVIC; STATES, 2014).

Another aspect to be considered in the social impact assessment are the fundamental labor rights : i) freedom of association and collective bargaining; ii) the elimination of forced labor; iii) the abolition of child labor; and iv) the elimination of discrimination in terms of employment and occupation since the International Labor Organization seeks to build global governance between governments, employees, and employers, oriented towards the development of methods and, consequently, labor metrics focused on social justice in supply chains (DODD; HOOLEY; BURKE, 2019; DUFFY *et al.*, 2017; THOMAS; TURNBULL, 2018).

However, accurate analysis of documents in the literature points out that the methods commonly used for social impact analysis consider only the social metrics of employment and income, which use the Objective Function to maximize the number of jobs generated and minimize the environmental impact on the implementation of biorefinery projects (SANTIBAÑEZ-AGUILAR *et al.*, 2014). Another method used is the Input-Output (IO), which, through a cascade analysis of the various sectors of the economy connected to a biorefinery, quantitatively assesses the jobs generated (HEIJMAN; SZABÓ; VELDHUIZEN, 2019). However, they are considered insufficient to represent the evolution of the social factors of society since it is necessary to observe aspects such as the quality of employment and

income, current legislation, and the existence of child labor, among other metrics that include quality of work, improvement of life, and the social well-being of people residing in communities or who sell multi-products for these bio-industries (KOVACEVIC; STATES, 2014). These factors reveal the existence of a limited understanding of social methods and metrics on the part of policy and project developers.

In order to fill the aforementioned gaps, a systemic analysis of the literature on the methods and metrics of social impact used in multipurpose biorefinery projects is necessary, taking into account decent work and human development.

This research carries out a systematic review of the literature, presents a comprehensive scenario of publications related to the assessment of the social impact of multipurpose biorefineries and points out the critical points, similarities, differences, and relationships between the concepts, through a map of knowledge derived from bibliometric analyzes, semantics, and content (CARVALHO, M. M.; FLEURY; LOPES, 2013; DE CARVALHO, P. P. S. *et al.*, 2019). It is important to highlight that no studies were found in the literature that combine the aforementioned analysis techniques with the object proposed in this research.

The article is structured as follows: First, in section 1, the importance of biorefineries for the production of high-added-value bioproducts is presented; the essentiality of the use of social impact assessments by these industries to the improvement of sustainable local development, as well as the motivation and purpose of this article; in section 2, the materials and methods used to carry out the collection of references, establishing of the criteria for selection, and analysis of relevant articles; section 3 brings to light the results and discussion of the research; and, finally, in section 4, the conclusions are presented.

2 Materials and Method

This study performs a systematic literature review, which identifies, selects, collects data, analyzes, and critically evaluates scientific documents on a given subject. The definition of the sample took place through a search in bibliographic databases (Scopus and Web of Science), using keywords adherent to the research theme. After a synthesis analysis of the titles and abstracts of the articles found, keywords with a greater connection to the theme were identified for a new search. Refinement was performed on the total number of scientific findings found based on the reading of titles, abstracts, and the full text. Subsequently, duplications were suppressed and only articles with content related to the researched topic were selected, as discussed below in section 3. The techniques used in this research were bibliometric, semantic, and content analysis (CARVALHO, M. M.; FLEURY; LOPES, 2013; DE CARVALHO, P. P. S. *et al.*, 2019; GALVÃO; RICARTE, 2019; OKOLI, 2015; OKOLI; SCHABRAM, 2010; WENGER; STERN, 2019).

Bibliometric studies are increasingly recognized as a scientific specialty due to their systematic use in research evaluation methodologies in different areas of knowledge since, through their statistical analysis, it is possible to interpret a large number of data points present in the literature, that is, publications in the broadest sense, within a given area of research, in a given period time (ELLEGAARD; WALLIN, 2015).

Bibliometrics is a study of quantifiable elements existing in mathematical models and measures whose objective is to report the existence of phenomena that serve as a guide for decision-making within the scope of strategic management of companies as well as for policy makers (TAGUE-SUTCLIFFE, 1992). It is also understood as a fundamental resource for the dissemination of knowledge in the various areas of scientific research since it allows the measurement of collected data with the objective of measuring the influence of researchers, universities, or journals, making it possible to trace profiles and trends through maps over the (BARBOSA; QUINTANA; MACHADO, 2011; GUEDES; BORSCHIVER, 2005).

For bibliometric analysis, the object of this research, two indicators were evaluated (VERBEEK *et al.*, 2002) i) scientific production since it is possible to count the scientific activities that have been developed over the years; and ii) scientific impact, which is subdivided into two types: impact indicators of publications and impact indicators of sources. The tools used to generate these indicators were Biblioshiny® (SANTOS, P. H. Dos, 2020), since this software was developed (ARIA; CUCCURULLO, 2017), for the R language is based on the secondary evolution of Bibliometrix® (programmed in R), which allows users to perform a complete set of quantitative analyses of information from the literature, mainly from the Web of Science (WOS) and Scopus databases (MOREIRA; GUIMARÃES; TSUNODA, 2020). The graphics built using this software have an interactive interface directly from the web, which significantly reduces the input of user information. Biblioshiny® uses the R package to encapsulate the main Bibliometrix® code, creating an online data analysis structure (SANTOS, P. H. Dos, 2020), guaranteeing you competitive advantages when compared to other programs of the same function (ARIA; CUCCURULLO, 2017; MARCHIORI *et al.*, 2021; XIE *et al.*, 2020).

For the analysis of co-authorship, co-citation, and cluster networks, the Vosview® software was used since it is designed for the construction of bibliometric networks through the method known as VOS (Visualization of Similarities) (VAN ECK; WALTMAN, 2017b), which defines the nodes and links of a network in two dimensions, in which objects with high similarity are located closer than objects with low or no similarity (VAN ECK; WALTMAN, 2010, 2017a).

It is noteworthy that, for co-authorship, co-citation, and cluster analysis, VosViewer has a better interface and greater interactivity when compared to Bibliometrix®. When there were graphs that presented difficulties in being generated or visualized by the software mentioned above, as a solution, Microsoft Excel (MSE) was used, according to

(SPELLMAN, 2011).

Semantic analysis, on the other hand, has the ability to identify and represent knowledge through the similarity of concepts. It uses correlations from word co-occurrences for this, which makes this technique widely used in this type of study (AMATO *et al.*, 2019; BLAKE; GUTIERREZ, 2011).

Semantic networks are links made up of non-linear keywords (also known as co-keywords of a destination concept), which detail the meaning and breadth of a given subject in different contexts since a word can refer to more than one meaning (DOERFEL; BARNETT, 1999).

The verification of an organization chart of a semantic network can be quantitative and automated, as well as through algorithms that calculate metrics and indicators and that provide an overview and systemic of the data extracted from the texts (DRIEGER, 2013).

To carry out the semantic analysis of this research, the software (Semantic Search Engine, Text Analysis & Semantics)-known as Tropes® (PIOLAT; BANNOUR, 2009), was used, since it is a high-performance tool for text analysis; therefore, it allows defining the words most closely related to the topic under study, analyzing their distribution into subcategories and examining their order of occurrence (ALENCAR, 2014).

Content analysis makes it possible to examine trends from a significant set of bodies of studies published in a given period. It is also an important mechanism to understand possible gaps and critically improve the understanding of the current context (ARDEN *et al.*, 2018; MCFARLAND; WILLIAMS; MICIAK, 2013).

This work is guided by the argument that content analysis is the study of the meanings of the contexts and intentions contained in the messages to highlight the indicators that allow inferring about a reality other than that of the message (BARDIN, 1977). However, other related definitions are observed in the literature; these define content analysis as a grouping of methodologies, with little variability in the formative aspect, that seek to evaluate the numerous forms of content present in the verbal or non-verbal figures of speech (KALPOKAITE; RADIVOJEVIC, 2020).

For the operationalization of content analysis in this research, Atlas.ti software (Computer-Assisted Qualitative Data Analysis Software-CAQDAS) was used, since it is a tool for analyzing qualitative data, with conditions to manage different types of documents, for example, text, audio, images, and videos, substantially reducing the overhead of more operational tasks. However, the purpose of this software is not to fully automate the content analysis process but to support and facilitate human interpretation as it provides fast and flexible document search mechanisms and establishes connections between keywords in the text, such as the linking of data segments to each other and the identification of categories, webs, or networks of information that facilitate the visualization of results or theories (WALTER; BACH, 2015).

Data collection followed the recommendations of the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses statement, known as the PRISMA method (ABOAGYE *et al.*, 2021; MOHER *et al.*, 2015; SHAMSEER *et al.*, 2015), occurring in three steps: first, by reading the titles of the articles; second, by reading the abstracts of the articles; and third, by reading the full articles (DRESCH, 2018; ETIKAN, 2016; GALVÃO; RICARTE, 2019; MOHER *et al.*, 2015; PENA *et al.*, 2019). Therefore, if any of the pre-selected articles do not have the full text available in its entirety for reading, they will be excluded from the list.

To obtain greater credibility in the result of the selected articles, an analysis of agreement of the evaluators' decisions was performed.(AGUIAR *et al.*, 2019; FLEISS; LEVIN; PAIK, 2003) With the sample defined, preprocessing was carried out in order to avoid information errors and guarantee the quality of the results (COBO *et al.*, 2012). Thus, all scientific documents were checked and comparatively analyzed using the Mendeley® software. Then, a file was generated in bibtext format and exported, in order to allow its upload to the software that will carry out the bibliometric, semantic, and content analyses, thereby minimizing the risks of distortion of the results.

The purpose is to answer the following questions: A. Which social impact assessment methods are used in multipurpose biorefinery projects? (B). How are the social indicators (i) decent employment generation according to the ILO—International Labor Organization (in relation to labor and social security laws, decent wages, equity), and (ii) quality of life for the people involved, according to the Human Development Index (HDI) and the Gini Index, considered in the methods listed in the answer to the 1st question? A methodology was developed to answer these questions, as shown in **Figure 1**.

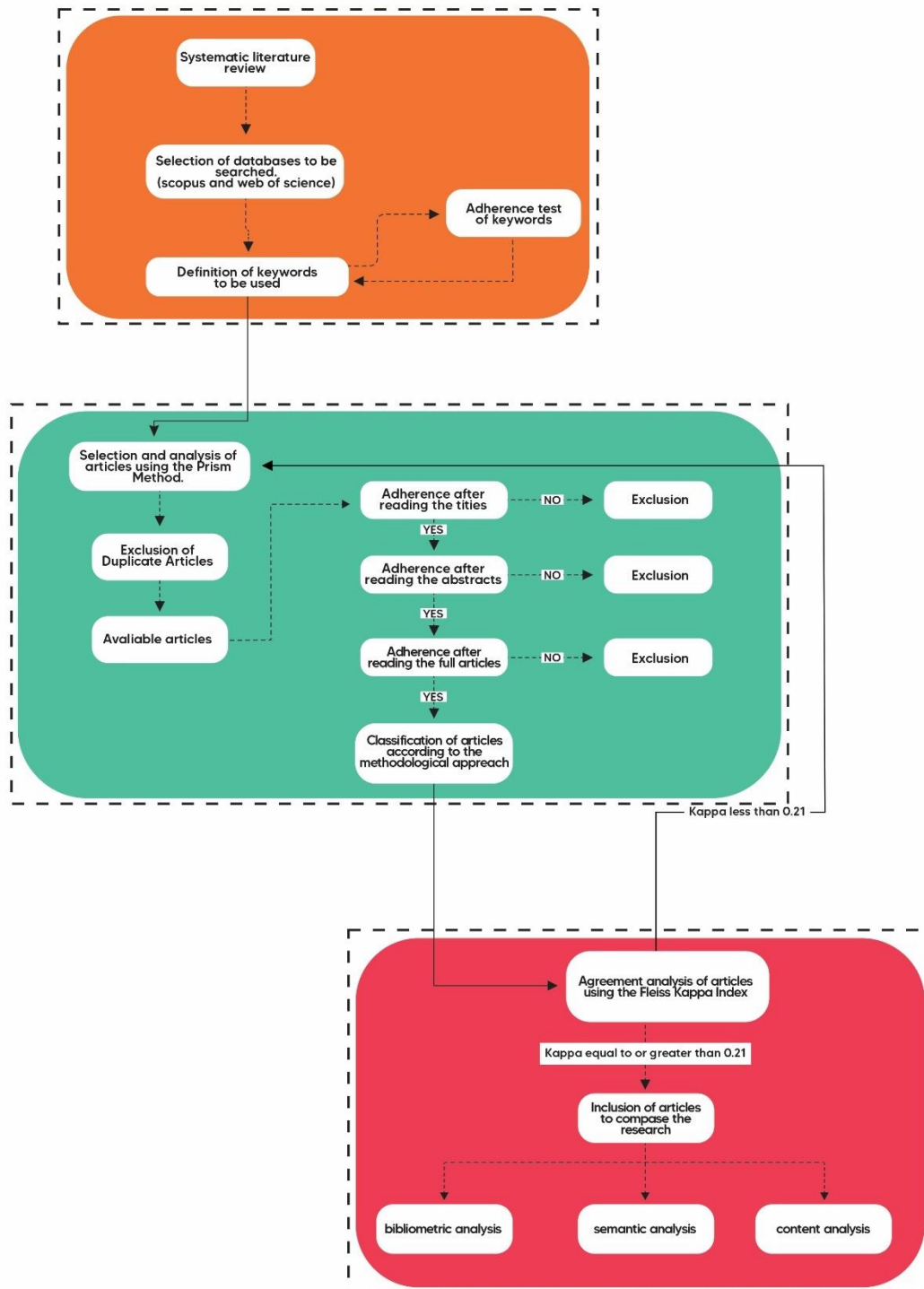


Figure 1. Research methodology flowchart.

Source: Author's elaboration

The procedures used to identify the articles in the databases were based on the use of keywords of greater expression in the literature of the object in question and, in three rounds (DE CARVALHO, P. P. S. *et al.*, 2019; GALVÃO; RICARTE, 2019; OKOLI; SCHABRAM, 2010). This mode of research makes it possible to identify the most popular subjects with significant scientific impacts in the literature (LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2012). The criteria used to search for articles were: i) publication period: from 2000 to 2019; ii) type of document: scientific article or review article.

The selection of identified articles (inclusion and exclusion) followed the recommendations of the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses statement, known as the PRISMA method (ABOAGYE *et al.*, 2021; MOHER *et al.*, 2015; SHAMSEER *et al.*, 2015), occurring in three steps: first, by reading the titles of the articles; second, by reading the abstracts of the articles; and third, by reading the full articles (DRESCH, 2018; ETIKAN, 2016; GALVÃO; RICARTE, 2019; MOHER *et al.*, 2015; PENA *et al.*, 2019).

2.1 Research Base Selection

The survey of articles was carried out in two databases: Web of Science and Scopus. The selection criteria were: because they are considered the largest conglomerates in the world of peer-reviewed scientific literature expendable for bibliometric analysis. This fact allows a panoramic view of the global production of research in the areas of knowledge to be obtained, including abstracts, references, number of citations, list of authors, institutions, and countries (JOSHI, 2016).

Data collection took place on November 11, 2020, seeking to compose a historical series from 2000 to 2019, through articles and reviews, written in English.

2.1 Computer tools

The bibliometrix is a tool for research related to bibliometrics and scientometrics. It is open source and is available for use on Linux operating systems, Mac OS X, and Windows. (ARIA; CUCCURULLO, 2017) The tool can be accessed at: <http://www.bibliometrix.org/biblioshiny.html> .

VOSviewer is a free software oriented to the creation, visualization, and exploration of maps based on network data. (VAN ECK; WALTMAN, 2010) It is available for use on Microsoft Windows and Mac OS X operating systems. It can be downloaded from: <http://www.vosviewer.com/> .

The software (Semantic Search Engine, Text Analysis & Semantics)—known as Tropes®—is a free Natural Language Processing and Semantic Classification tool, whose objective is to guarantee the relevance and quality of text

analysis.(PIOLAT; BANNOUR, 2009) Tropes works on Microsoft Windows versions and can be downloaded from: <https://www.semantic-knowledge.com/download.htm> .

Finally, Atlas.ti is qualitative data analysis (QDA) software for analyzing textual, graphical, audio, and video data bodies. It has a free basic version and a more sophisticated paid version.(KALPOKAITE; RADIVOJEVIC, 2020) It is available for use on Microsoft operating system and Mac OS X and can be downloaded from: <https://atlasti.com/free-trial-version/>

3 Results and discussions

The development of the research follows all the steps described in Section 2 **Materials and Methods** and represented in Figure 1. The procedures followed and the decisions taken in the application of the methodology to achieve the objectives of the study will be described, and the articles compiled will be analyzed.

3.1 Choice of search terms

Initially, a search was conducted in the previously defined databases using the terms "*biorefinery* AND social impact.*", a reading that was not limited to a structured structure of titles and abstracts of the most cited articles was performed. It was observed that the most adherent keywords to the object of this study were *i) biorefinery* and small and medium; ii) biorefinery* and social impact; iii) biorefinery* and multiple-feedstock*; these keywords were selected for use as search engines for scientific articles in the *Scopus and Web of Science* databases. The searches took place in three moments, following the order of the keywords, more adherent to the theme.

3.2 Data gathering, screening, research findings, and delimitation

After defining the keywords and identifying the articles to be selected, a dataset was created for each scientific literature database (*Scopus and Web of Science*) (ETIKAN, 2016). A total of 179 articles were retrieved; however, 63 were excluded due to duplication. The identification of the reference replicates was performed using the Mendeley® software, leaving 116 articles available in the **Appendix A**.

To ensure the impartiality of the research, three evaluators who co-authored this research independently selected the articles to compose this systematic review, according to the PRISMA method flowchart-Figure 2 (ABOAGYE *et al.*, 2021; MOHER *et al.*, 2015; SHAMSEER *et al.*, 2015). The assessment of agreement on the content of the articles was performed in a triple-blind format. In this case, the parties are unaware of each other's results and need to have convergent

opinions regarding the inclusion or exclusion of articles as well as the methodology present in the scientific documents since, at the end of the selection, the articles are classified by the evaluators according to three types of methodological approaches: i) qualitative, ii) quantitative, and iii) qualitative-quantitative, **Chart 1**.

The criteria for selecting the evaluators were: i) having more than three years of experience with guidance and ii) having scientific publications on the subject of the article in question (OKOLI, 2015; OKOLI; SCHABRAM, 2010). By fulfilling these criteria, the evaluators did not need to go through the phase of appropriation of knowledge of the researched topic (AGUIAR *et al.*, 2019; OKOLI; SCHABRAM, 2010).

To increase the assertiveness of decisions regarding the choices of articles (inclusion and exclusion), an analysis of agreement of the evaluators (3 evaluators) was performed using the Fleiss Kappa statistics (FLEISS; LEVIN; PAIK, 2003). However, if the agreement does not reach the defined acceptability values, a new selection (inclusion and exclusion) of the articles will be carried out according to the Prisma Method flowchart expressed in **Figure 2**.

Chart 1: Scientific publications classified by the evaluators according to the methods of approaches.

Article	Title	Authors	Evaluator	Inclusion	Qualitative Method	Quantitative Method	Quali-Quantitative Method
1	Testing environmental and social indicators for biorefineries: bioethanol and biochemical production	Valente C; Brekke &Modahl, 2018	A	Yes	Yes	No	No
			B	Yes	Yes	No	No
			C	Yes	Yes	No	No
2	Optimal planning and site selection for distributed multiproduct biorefineries involving economic, environmental, and social objectives	Santibañez-Aguilar Je et al., 2014	A	Yes	No	Yes	No
			B	Yes	No	Yes	No
			C	Yes	No	Yes	No
3	Local acceptance and heterogeneous. Externalities of biorefineries	Lee Ge; Scott & Satish, 2017	A	Yes	No	No	Yes
			B	Yes	No	No	Yes
			C	Yes	No	No	Yes
4	Fuzzy cognitive map-based modeling of social acceptance to overcome uncertainties in establishing waste biorefinery facilities	Kokkinos k et al., 2018	A	Yes	No	No	Yes
			B	Yes	No	No	Yes
			C	Yes	No	No	Yes
5	Evaluating the sustainability of biorefineries at the conceptual design stage	Sacramento-Rivero Jc; Navarro-Pined &Vilchiz-Bravo, 2016	A	Yes	No	No	Yes
			B	Yes	No	No	Yes
			C	No	No	No	No
6	The contribution of biorefineries to rural development: the case of employment in Hungary	Heijman W; Szabó&Veldhuizen, 2019	A	Yes	No	No	Yes
			B	Yes	No	No	Yes
			C	Yes	No	No	Yes
7	Social life cycle assessment of first and second-generation ethanol production technologies in Brazil	Souza a et al., 2018	A	Yes	Yes	No	No
			B	Yes	Yes	No	No
			C	Yes	Yes	No	No
8	A multi-criteria decision support tool for biorefinery siting: using economic, environmental, and social metrics for a refined siting analysis	Martinkus N, 2019	A	Yes	No	No	Yes
			B	Yes	No	No	Yes
			C	Yes	No	No	Yes
9	Annual bioenergy crops for biofuels production: farmers' contractual preferences for producing sweet sorghum	Bergtoldjs et al., 2017	A	Yes	No	No	Yes
			B	Yes	No	No	Yes
			C	Yes	No	No	Yes
10	Biorefinery site selection using a stepwise biogeophysical and social analysis approach	Martinkus n, et al., 2017	A	Yes	No	No	Yes
			B	Yes	No	No	Yes
			C	Yes	No	No	Yes

Article	Title	Authors	Evaluator	Inclusion	Qualitative Method	Quantitative Method	Quali-Quantitative Method
11	Factors affecting public support for forest-based biorefineries: a comparison of mill towns and the general public in Maine, USA	Marciano ja, et al., 2014	A	Yes	No	No	Yes
			B	Yes	No	No	Yes
			C	Yes	No	No	Yes
12	Incorporating social benefits in multi-objective optimization of forest-based bioenergy and biofuel supply chains	Cambero C &Sowlati, 2016	A	Yes	No	No	Yes
			B	Yes	No	No	Yes
			C	Yes	No	No	Yes
13	Integrating social and value dimensions into sustainability assessment of lignocellulosic biofuels	Ramans et al., 2015	A	Yes	Yes	No	No
			B	Yes	Yes	No	No
			C	Yes	Yes	No	No
14	Optimal contracting structure between cellulosic biorefineries and farmers to reduce the impact of biomass supply variation: a game-theoretic analysis	Golecha R &Gan, 2016	A	Yes	No	Yes	No
			B	Yes	No	Yes	No
			C	Yes	No	Yes	No
15	Regional socio-economic impacts of intensive forest management, a cge approach	Karttunen, k et al., 2018	A	Yes	No	No	Yes
			B	Yes	No	No	Yes
			C	Yes	No	No	Yes
16	Social acceptability of establishing forest-based biorefineries in Maine, united states	Mcguire et al., 2017.	A	Yes	Yes	No	No
			B	Yes	Yes	No	No
			C	Yes	Yes	No	No
17	Social life cycle assessment methodology for evaluating production process design: a biorefinery case study	Cadena e et al., 2019	A	Yes	Yes	No	No
			B	Yes	Yes	No	No
			C	Yes	Yes	No	No
18	Technicalizing non-technical participatory social impact assessment of prospective cellulosic biorefineries: psychometric quantification and implications	Asah, St, &Baral, N., 2018	A	Yes	No	No	Yes
			B	Yes	No	No	Yes
			C	Yes	No	No	Yes
19	A methodology of evaluating sustainability index of a biomass processing enterprise: a case study of native cow dung-urine biorefinery	Joglekarsn, et al., 2019	A	No	No	No	No
			B	Yes	No	No	Yes
			C	No	No	No	No
20	Assessing multimetric aspects of sustainability: Application to a bioenergy crop production system in east Tennessee	Parish Es, 2016	A	No	No	No	No
			B	Yes	No	No	Yes
			C	No	No	No	No
21	Development and piloting of sustainability assessment metrics for the arctic process industry in Finland-the biorefinery investment and slag processing service cases	Husgafvel R, 2017	A	No	No	No	No
			B	Yes	No	No	Yes
			C	No	No	No	No

Article	Title	Authors	Evaluator	Inclusion	Qualitative Method	Quantitative Method	Quali-Quantitative Method
22	Environmental and social life cycle assessment to enhance the sustainability of sugarcane-based products in Thailand	Prasara-a j et al., 2019	A	Yes	yes	No	No
			B	Yes	Yes	No	No
			C	Yes	Yes	No	No
23	Multiobjective optimization for the socio-eco-efficient conversion of lignocellulosic biomass to biofuels and bioproducts	Del Castillo-Romo A; Morales-Rodriguez & Román-Matrínez, 2018	A	No	No	No	No
			B	Yes	No	No	Yes
			C	No	No	No	No

Source: Author's elaboration

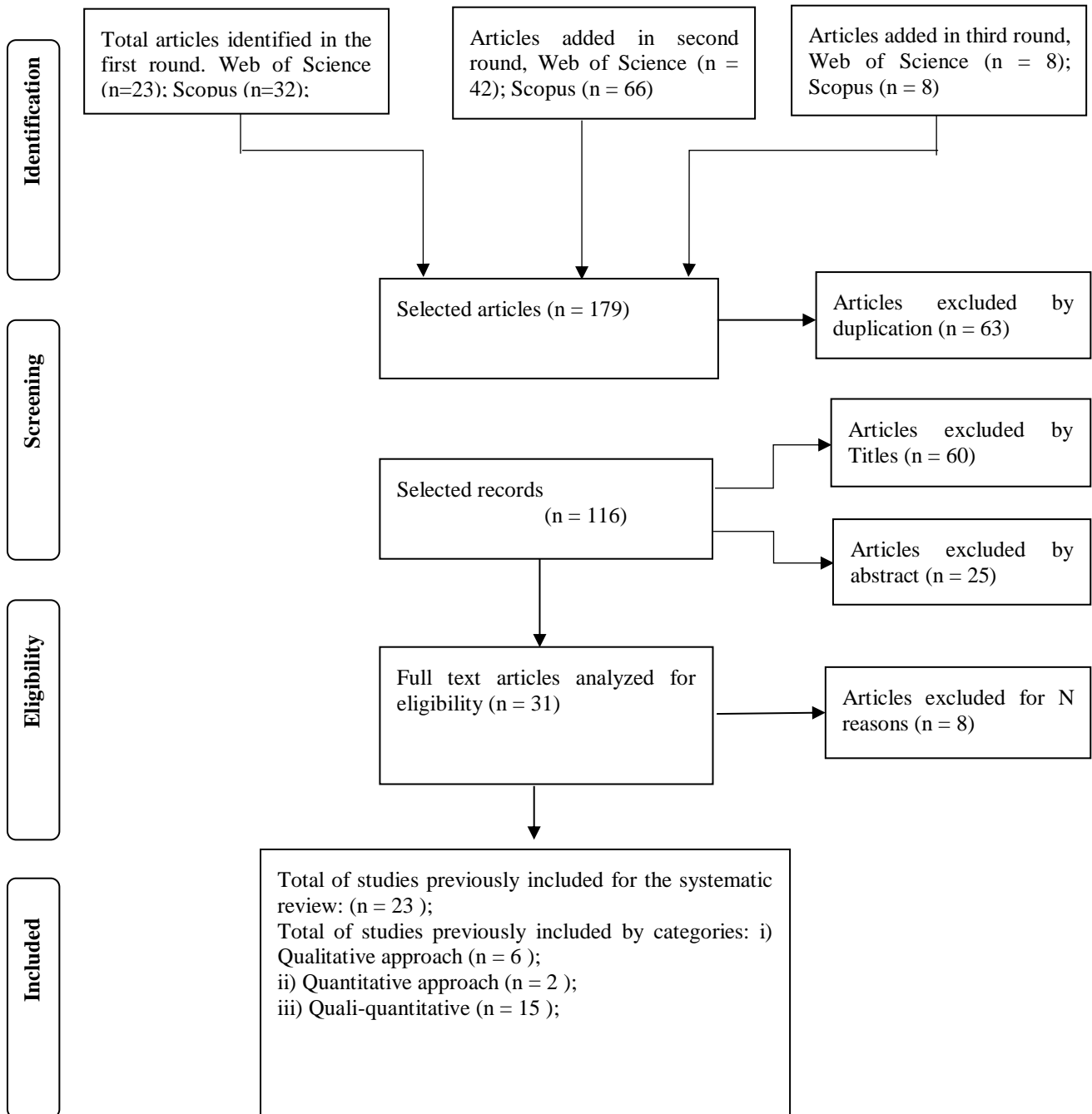


Figure 2: PRISMA - Selection flowchart (inclusion and exclusion) of identified articles.

Source: Adapted from (ABOAGYE *et al.*, 2021; MOHER *et al.*, 2015; SHAMSEER *et al.*, 2015).

3.3 Concordance analysis of the selection of articles performed by the evaluators.

Agreement studies are carried out by several areas of knowledge whose objective is to make the results of a given topic analyzed present minimal credibility in scientific terms since the greater the agreement between peers, the more reliable the result of the object in question (SILVA; PAES, 2012; SOUZA, A. C. De *et al.*, 2017). However, it is observed that few documents in the literature assess the agreement between evaluators in the initial selection of articles (OLIVEIRA, N. S.; OLIVEIRA; BERGAMASCHI, 2006). This fact may compromise the research results, in addition to indicating less methodological rigor.

For the analysis of agreement in this article, the Fleiss de Kappa index (FLEISS; LEVIN; PAIK, 2003), was adopted, a statistical method that makes an impartial judgment of N subjects using a dense scale in Q categories (AGUIAR *et al.*, 2019; FALOTICO; QUATTO, 2015). This index is one of the most used for comparative analysis by researchers from different areas of knowledge, mainly because it quantifies the agreement of multiple evaluators in the same study.(KLAR, 2003)

The Kappa Fleiss index ranges from 0 to +1, as shown in **Chart 2**. Thus, when the total number of researchers is in full agreement regarding a particular article, $K \geq 1$, and when there is a total disagreement between the researchers about the analyzed document, $K \leq 0$ (AGUIAR *et al.*, 2019; HASSAN; PUTEH; MUHAMAD SANUSI, 2019; KLAR, 2003; MATHEUS *et al.*, 2019; OCAMPO; HERNÁNDEZ-MATÍAS; VIZÁN, 2017; PHAM *et al.*, 2019).

Chart 2 - Classification of the degree of agreement using the Fleiss Kappa index (K)

K	interpretation
0	poor agreement
0,01 to 0,20	light agreement
0,21 to 0,40	reasonable agreement
0,41 to 0,60	moderate agreement
0,61 to 0,80	substantial agreement
0,81 tp 1,00	almost perfect agreement

Source: Adapted from (HASSAN; PUTEH; MUHAMAD SANUSI, 2019; KITCHENHAM *et al.*, 2012; LANDIS; KOCH, 1977; MATHEUS *et al.*, 2019).

As a general rule, when analyzing agreement, each researcher defines tolerable limits of satisfaction (MIOT, 2016; OCAMPO; HERNÁNDEZ-MATÍAS; VIZÁN, 2017). This article considers K values ≥ 0.21 (reasonable

agreement) as the ideal minimum range to compare the results between evaluators and decides to include the articles that will compose the systematic review.

Quantitatively, the sample available for analysis of agreement in this research corresponds to a total of 23 articles selected by the evaluators, that is, 100% of the total analyzed by the evaluators.

To calculate the agreement, this article used the Microsoft Excel 2010 tool. The equation that defines the **Fleiss Kappa K** index is (Eq.1) (AGUIAR *et al.*, 2019; OCAMPO; HERNÁNDEZ-MATÍAS; VIZÁN, 2017).

$$K = \frac{\left(\frac{1}{mn(m-1)} [\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ij}^2 - mn] \right) - \left(\sum_{j=1}^k \left(\frac{1}{nm} \sum_{i=1}^n x_{ij} \right)^2 \right)}{1 - \sum_{j=1}^k \left(\frac{1}{nm} \sum_{i=1}^n x_{ij} \right)^2}, \quad (1)$$

where K is the total number of categories, m is the number of tests for each rater, n is the number of samples and x_{ij} is the number of classifications in sample i and in category j (AGUIAR *et al.*, 2019; OCAMPO; HERNÁNDEZ-MATÍAS; VIZÁN, 2017).

After analysis, the Fleiss Kappa index for the general agreement of the 3 evaluators regarding the inclusion and exclusion of articles was $K = 0.43$, as shown in **Table 1**. Therefore, greater than zero, which allows us to infer that there is an agreement between the evaluators, is considered moderate according to the classification of the degree of agreement expressed in **Chart 2**. E, above the level of minimum acceptability defined in this research. Thus, all 23 articles analyzed by the evaluators were included to compose the next analysis of this research.

Table 1: General agreement of Fleiss Kappa of the evaluators of scientific articles

Statistics	Fleiss' Kappa index (K)
Kappa	0,43
S.e	0,11
Z-Stat	3,66
P-value	0
Lower	0,2
Upper	0,7

Source: Author's elaboration.

4 Bibliometric analysis

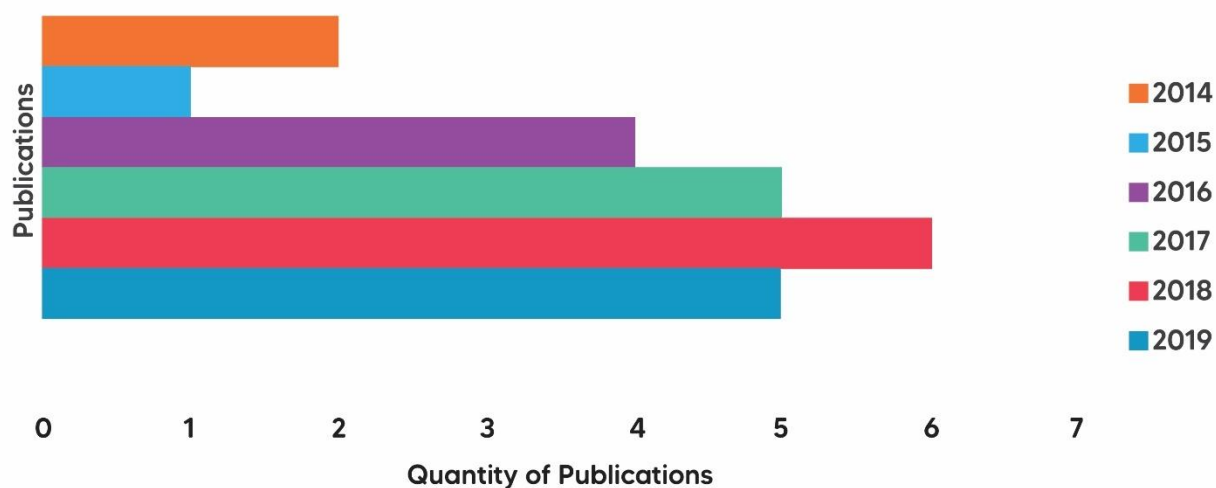
The first analysis was carried out according to Figure 4, whose objective is to observe trends in scientific

publications dealing with the topic of biorefinery and social impact from a longitudinal perspective. The first articles on the subject in question were published in 2014 (MARCIANO *et al.*, 2014; SANTIBAÑEZ-AGUILAR *et al.*, 2014). These comprise a total of 23 articles over the period (from 2014 to 2019), making an average of 3.8 articles per year, which represents 17% of the total findings found in the Scopus and Web of Science databases.

To verify the variability of publications, the experimental standard deviation of the total number of articles was calculated. This statistical measure analyzes the dispersion of data; that is, the further away from zero (0) its value is, the greater the dispersion (OLIVEIRA, E. F. T. De; GRACIO, 2011). After the analysis, a standard deviation of 1.94 was obtained, which shows the existence of little homogeneity in publications in the period studied, (MELLO; DANTAS; BOTELHO, 2018) associated with little scientific maturity on the subject since social impact research is more strongly linked to the social sciences and not engineering.

It is noteworthy that between 2014 and 2016, a total of 30% of publications were made, in relation to the total number of findings. However, from 2017 to 2019, it was the period of greatest publication of the scientific articles present in this study, 70%, this in relation to the total literature reviewed.

The authors showed a greater interest in the subject of this research in the period from 2017 to 2019 (ÁLVAREZ DEL CASTILLO-ROMO; MORALES-RODRIGUEZ; ROMÁN-MARTÍNEZ, 2018; ASAH; BARAL, 2018; BERGTOLD *et al.*, 2017; CADENA *et al.*, 2019; HEIJMAN; SZABÓ; VELDHUIZEN, 2019; HUSGAFVEL *et al.*, 2017; JOGLEKAR *et al.*, 2019; KARTTUNEN, Kalle *et al.*, 2018; KOKKINOS *et al.*, 2018; LEE, G.-E.; LOVERIDGE; JOSHI, 2017; MARTINKUS *et al.*, 2017b, 2019; MCGUIRE *et al.*, 2017; PRASARA-A *et al.*, 2019b; SOUZA, A. *et al.*, 2018; VALENTE; BREKKE; MODAHL, 2018). This phenomenon reveals the authors' concern to maximize the positive social impacts of the biorefining industries (LEE, G.-E.; LOVERIDGE; JOSHI, 2017), such as job creation and income generation while minimizing negative impacts such as land use and food insecurity (MACHADO *et al.*, 2021).



However, in general terms, it is observed that the theme is considered emerging, since engineering disciplines have only recently begun to consider social aspects in biorefining project studies.

Figure 3: Number of publications of scientific articles per year - 2014 to 2019.

Source: Author's elaboration




In addition to the analysis of **Figure 3, Chart 3** (CARNEVALLI; MIGUEL, 2008), was adapted to record the types of research and methodological approaches of scientific documents, by periods (from 2014 to 2016) and (2017 to 2019) and trends. Articles by type of research were grouped into two groups: i) conceptual research and ii) empirical research. The conceptual ones comprise theoretical-conceptual studies, literature reviews, simulations, or theoretical modeling. Empirical research encompasses case studies, action research, or experimental research (CARVALHO, M. M.; FLEURY; LOPES, 2013).

Regarding the methodological approaches of the articles, they were classified as quantitative, qualitative, and quali-quantitative, according to the decisions of the three evaluators in **Chart 1**. The identification of a trend occurred by calculating the variation of the analyzed periods.

In this sense, after analysis, it was observed that with regard to types of research, empirical studies predominate with 12 articles, representing 52%, since they seek answers/solutions through the analysis of variables. However, in relative terms, its variation was 100% in the comparison of the two periods. However, it was lower than the conceptual research with 11 articles, which showed a greater growth trend with a variation of 167%, corroborating the idea that issues related to the topic under study are still being explored and consolidated.

Regarding the analysis of methodological approaches, 15 of them are qualitative (65%), which shows a greater concern of the authors in explaining the phenomena through conclusions, more coherent and with greater credibility of the data. However, its variation during the period was 175%. Significantly lower, however, than the qualitative approach, which shows a 400% variation over the same time period. This type of research seeks to provide more emphatic opportunities for manifestations related to subjectivities, which is very common in studies aimed at social analysis. However, in absolute terms, there are only 6 articles in the entire period studied. Finally, the quantitative approach obtained the lowest percentage (8%) among the analyzed articles and a variation of -100% in the period, showing a little willingness on the part of the authors to predominantly use this type of research. Since the explanation of reality only through the emphasis on graphic representation is ineffective in scientific studies involving social impact analysis.

Chart 3 - Publications by period, type of research, and methodological approaches to articles.

Types of research/ Methodological approaches	Periods				
	2014 to 2016	2017 to 2019	Variation	Tendency	Total
Conceptual research	3	8	+ 167 (%)		11
Empirical research	4	8	+ 100 (%)		12
Total	7	16	+ 129 (%)		23

Qualitative	1	5	+ 400 (%)	↗	6
Quantitative	2	0	- 100 (%)	↘	2
Qualitative-quantitative	4	11	+ 175 (%)	↗	15
Total	7	16	+ 129 (%)	↗	23

Source: Own elaboration

To establish the journals that published the most articles on the topic of biorefineries and social impacts, Bradford's Law was used, with support from the Bibliometrix package (MARCHIORI *et al.*, 2021). According to this law, a smaller number of journals concentrate a significant part of the scientific production on a given subject, forming a core supposedly of superior quality and relevance in this area of knowledge, while a greater number of journals have fewer articles of high quality, constituting a more peripheral core of knowledge (GRACIANO; HOLANDA, 2020; KUMAR PATRA; CHAND, 2005).

Bradford's Law classifies the set of periodicals by means of three zones, each with one-third of the total number of articles: i) the one that contains the least number of periodicals, however, highly scientifically productive; ii) the one that contains the largest number of journals, however, less productive; and iii) the one that has an immense and expressive volume of journals with reduced productivity on the subject (ETO, 1988; PINHEIRO; ALMEIDA, 2020).

In this context, 16 journals were analyzed in this research. As a result, a list of the three journals that make up the first zone was obtained. That is, the most relevant, ordered in descending order from the accumulated total of publications, as expressed in **Table 2**.

Therefore, researchers interested in the topic of this research are recommended to take these journals into account at the threshold of their studies.

Table 2: Classification of journals by scientific impact indicators according to Bradford's Law.

Journal	Authors	Publications	Cite Score: (Ref. 2019)	Impact of the last 2 years	Factor CAPES classification
Biomass and Bioenergy	Karttunen et al., 2018; Martinkus et al., 2017, 2019; McGuire et al., 2017; Raman et al., 2015	5	6,6	3,551	A1
Applied Energy	Asah&Baral, 2018; Cambero&Sowlati, 2016	2	16,4	8,848	A1
Clean Technologies and Environmental Policy	Álvarez del Castillo-Romo et al., 2018; Prasara-A et al., 2019	2	4,8	2.677	A2

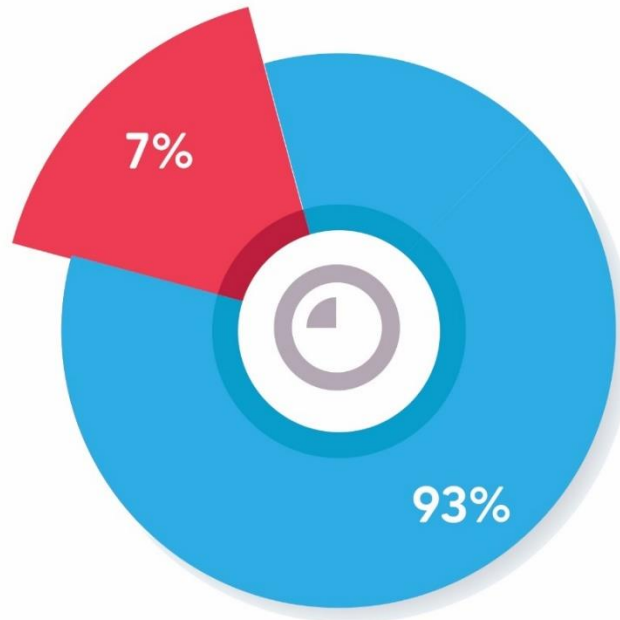
Source: Own elaboration

Figure 4 describes the frequency of authors' publications through Lotka's law, which states that the number (of authors) who publish N articles is about $1 / n^2$ of those who produce only one scientific document, (PINHEIRO; ALMEIDA, 2020; TSAI, 2011) which implies considering that a vast number of scientific documents present in the literature are produced by a small number of authors who research in a specific area of knowledge, forming, supposedly, a group that holds the greatest prestige among the total number of researchers on that topic (LEITE; MARINA BEZERRA DA SILVA, IRACEMA MACHADO DE ARAGÃO; MARIA EMILIA CAMARGO, 2019; MELLO; DANTAS; BOTELHO, 2018). For example, if 400 authors each publish only one scientific article in a certain area of knowledge, how many will publish three articles? Therefore, 400 is divided by 3 squared, that is, $400/3^2$ whose result is 44 and so on.

Another precept of Lotka's law is that approximately 61% of authors publish only once on a given topic. (PINHEIRO; ALMEIDA, 2020) Therefore, they do not continue the development of the research, which is considered negative for the advancement of scientific research. However, after analysis, it is observed that the productivity of the authors present in the sample of articles collected for this research is significantly lower than expected by Lotka's Law, since, of the total of 98 authors, 91 published only one article, which represents 93% of all authors, and not 61% as expected. Additionally, when applying Lotka's estimation calculation, considering that 91 articles consisted of unique publications by their authors, it was expected that about 23 authors would publish 2 articles. However, only 7 were published, making a relative total of 7.1 %. Therefore, the results obtained reveal that the sample is incompatible with Lotka's Law. One explanation for this phenomenon is the fact that there is a historical disengagement of the social sciences with engineering and the natural sciences. Therefore, this theme is a technical-scientific gap.

Figure 4: Relative number of authors with two publications according to Lotika – 2014 to 2019.

- Relative number of authors with only one publication
- Relative number of authors with only two publication



Source: Author's elaboration

In order to reveal the most relevant authors and co-authors of the publications, mappings were carried out in the literature using a cluster grouping technique using the VosViewer software (VAN ECK; WALTMAN, 2017b, 2017a).

In this type of study, authors are identified by circles (nodes), since their size reveals their importance in terms of the number of scientific publications; that is, the larger the circle, the more publications this researcher has; and by edges, which reflect the intellectual correspondence between the authors of the topic under study, so that the stronger the thickness of a connection, the greater the degree of collaboration between them. In turn, both the nodes and the edges of the clusters are expressed by colors, which change their frequency as the subjects between authors appear closer (LEÃO *et al.*, 2020; MARCHIORI *et al.*, 2021; VAN ECK; WALTMAN, 2017a).

Therefore, in this study, 98 (authors and co-authors) were identified, which adds up to 105 publications, which will form clusters. However, for better visualization of this network, the following criteria were established: i) a minimum number of authors in the network of 4—this includes a minimum number of items, eliminating small and uninteresting clusters; and ii) clustering Vosviewer resolution parameters of 1.04—this establishes the clustering detail level through

positive values, with the higher the value of the parameter, the more clusters displayed.60 (authors and co-authors) met the criteria, forming 9 clusters with 67 links (edges), as shown in Figure 6.

Regarding the formation of clusters, we have

a) The first and largest is made up of 12 authors, with the darker (green) and thicker links representing those who published two articles, and the edges in the more yellowish color representing those who only published one. The arguments of this cluster are led by research by Martinkus et al., who have 19 citations up to the year 2021 and which, in turn, suggest the incorporation of the use of social metrics (which estimate the collaborative nature of communities) in the feasibility analyses aimed at installing a lignocellulosic platform biorefinery in rural communities.

b) The second cluster is composed of 11 authors. They published only 1 article. In this group are the studies by Karttunen et al., which comprise a study focused on regional development from the use of forest biomass for energy generation, the result of which is an increase in regional socioeconomic well-being. However, its impact on the literature is still not very significant (it has 6 citations in 2021) when compared to the studies of the authors of clusters (c) and (i).

c) The third cluster, in the darkest lilac tone, comprises 7 authors. The most prominent, with 1 publication and 38 citations, is Raman et al., which seeks to clarify the importance of social dimensions as a requirement to compose integrated sustainability assessments of biorefineries for the production of lignocellulosic biofuels, through three different visions, based on a techno-economic, socioeconomic, and sociocultural analysis. With the exception of this cluster, none of the others presented an analysis that included cultural approaches.

d) The fourth cluster, in the lightest lilac color, is represented by 6 authors, who research the social acceptability of biorefineries whose material originates from the woody biomass of forest residues. These use random utility modeling to identify how project attributes to implement a biorefining unit and citizen characteristics interact to affect support levels. Therefore, Marciano et al. and Mcguire et al., as the main references, have respectively 19 and 5 citations in publications on the topic under discussion.

e) The fifth cluster, in dark blue, is represented by five authors, who carry out environmental and socioeconomic analyses to compare the sustainability of bioenergy production systems by biorefineries in different locations and types of raw materials. In this cluster, the studies by Parish et al. stand out, with 11 citations.

f) Additionally, the authors of the sixth cluster propose the incorporation of economic, environmental, and social analysis in the evaluations of the projects that make up the supply chain of a biorefinery as a way to obtain sustainability since they start from the premise that they need to maximize supply chain profit, minimize environmental impact, and maximize the number of jobs generated. 5 authors make up this cluster. The research by Santibañez-Aguilar et al. is the most relevant, with 171 citations.

g) The seventh cluster, in blue, is composed of 5 authors, who argue about the environmental, socioeconomic, and social impacts generated by sugarcane-based biorefineries, using the social life cycle assessment (S-LCA). The study by Prasara-A et al. is the most representative, with 9 citations.

h) The eighth cluster, in green, analyzes the socioeconomic implications and how, through them, it is possible to overcome the multiple uncertainties that occur in projects for the development of biorefinery facilities. In this cluster, the research by Kokkinos et al. stands out, with 18 citations.

i) Finally, the ninth and last cluster, in green, suggests evaluating the social effects of the stakeholders of a sugarcane-based biorefinery. Souza, A. et al. is one of the most relevant authors in this cluster since his publication has 26 citations.

Considering the arguments of the clusters, it is inferred that they are centered on i) instructing social metrics, whose objective is to understand the positive and negative aspects of biorefinery projects through the opinions of local actors; ii) consisting of the analysis of social impacts only through social indicators that quantify the jobs generated, working conditions, and income, among others, without taking into account the opinion of the communities.

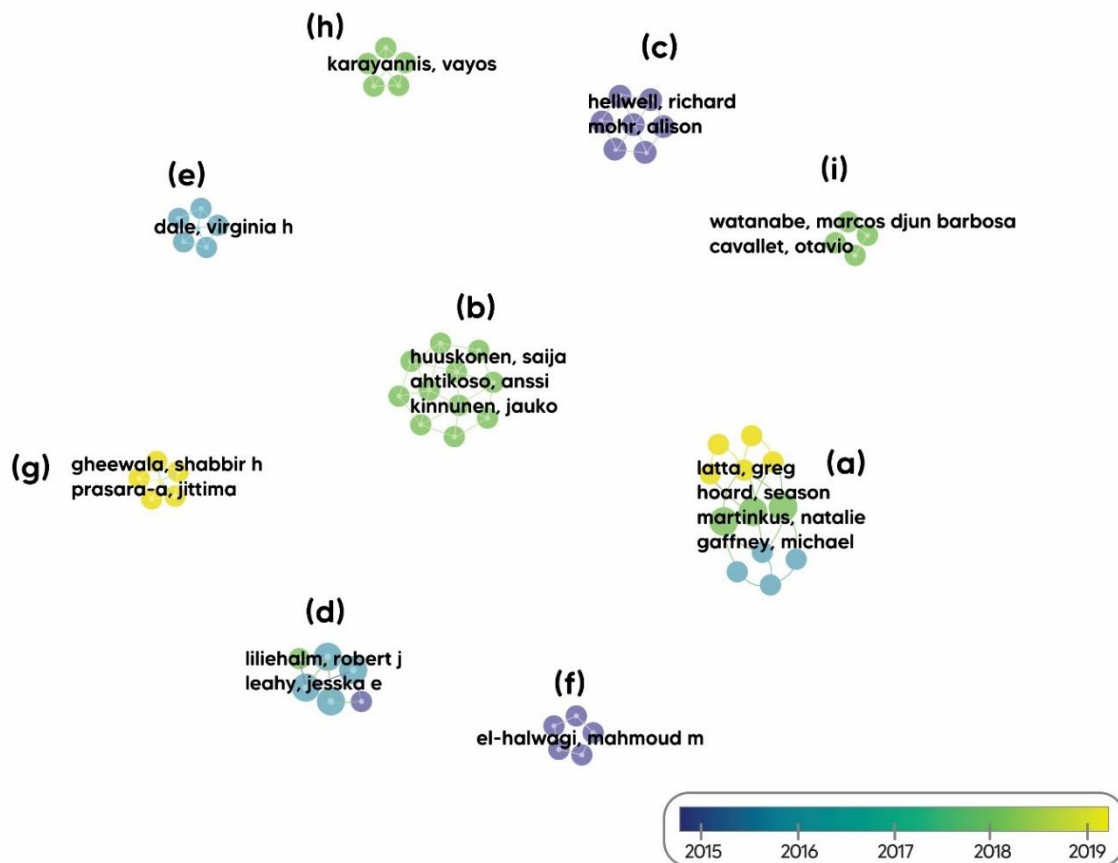


Figure 5: Cooperation networks between authors and co-authors.

Source: Author's elaboration

5 Semantic analysis

For this stage of the research, a semantic analysis was carried out (CARVALHO, M. M.; FLEURY; LOPES, 2013; DE CARVALHO, P. P. S. *et al.*, 2019), with the total number of documents approved to compose this study, whose objective is to understand the connections and the expansion of concept networks and the scope of the topic studied, using knowledge reproduction techniques defined as semantic networks (LEE, K.; JUNG, 2019).

Two categories were established for analysis using the Tropes® software: i) the universe of references, due to the similarity between the repertoire and the object; and ii) the frequency of lexical classes, due to its affinity with the linguistic elements that make up the genre. In the first case, words of the same semantic field are cataloged, creating sets of references; in the second, the occurrence of the classes is verified, dividing them into condition, cause, purpose (scope), addition, disjunction, opposition, and comparison between other linguistic phenomena (BERTUCCI, 2021).

The keywords, derived from the research topic and the proposed objective ("biorefinery", "social impact", and "multiproduct"), were extracted from the analysis, which consisted of four subcategories, namely a central concept by Tropes (Piolat & Bannour, 2009). Two types of graphs were created: i) relationships between actors (Figure 6), and ii) spheres (Figures 7 and 8). References on the left side of the center reference are the predecessors of the center reference, and references on the right are its successors.

In Figure 6, the X axis (horizontal) shows the actant/acted relationship (from left to right), and the Y axis (vertical) shows the proximity of relationships for each displayed reference (strong at the top of the graph, weak at the bottom). The unsorted lines show the most frequent relationships between the reference and the others. Therefore, it is observed that the term "biorefinery" is more strongly connected to the concept of "shoc", "development" and "sustainability". In Figure 7 and Figure 8, the size of the spheres represents the frequency of terms related to the reference, while the distance between the references indicates the degree of relationship between them. In this case, we have the term "social", but integrated with the terms "assessment", "life cycle" and "sustainability", and the term "multiproduct" with greater relation to the endings "biorefinery", "site" and "selection".

Therefore, it can be inferred that biorefinery projects are based on the concept of sustainable development. However, the supply of multi-products depends on the location of implementation, and, for the social impact, the social life cycle assessment method must be considered.

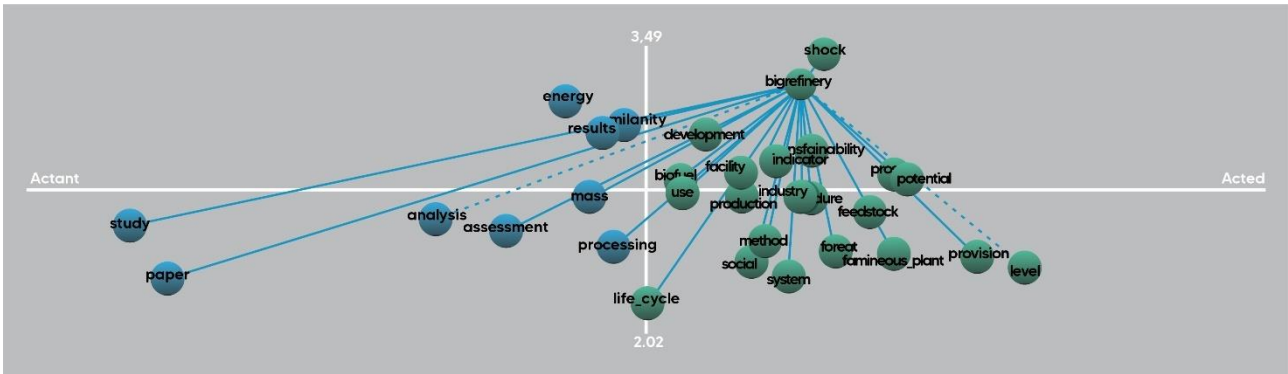


Figure 6: Semantic analysis of the central term “biorefinery”.

Source: Author's elaboration

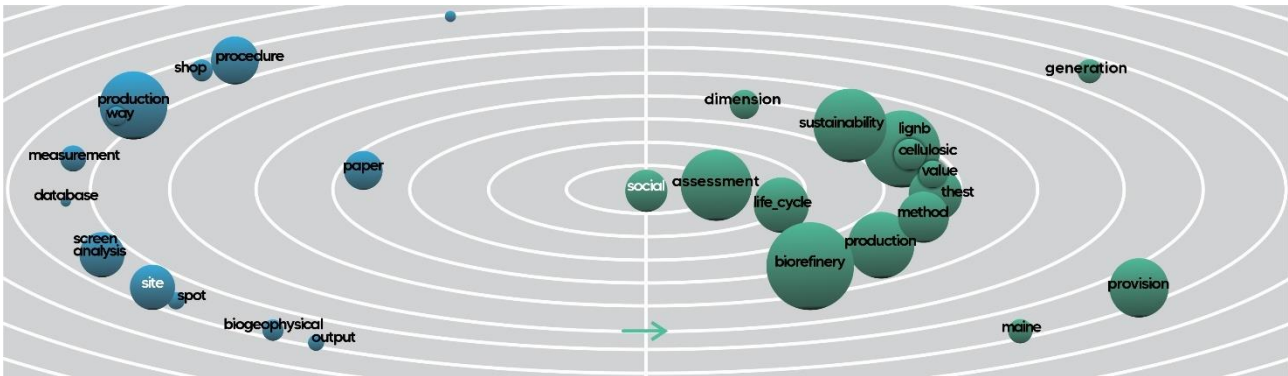


Figure 7: Semantic analysis of the central term “social”.

Source: Author's elaboration

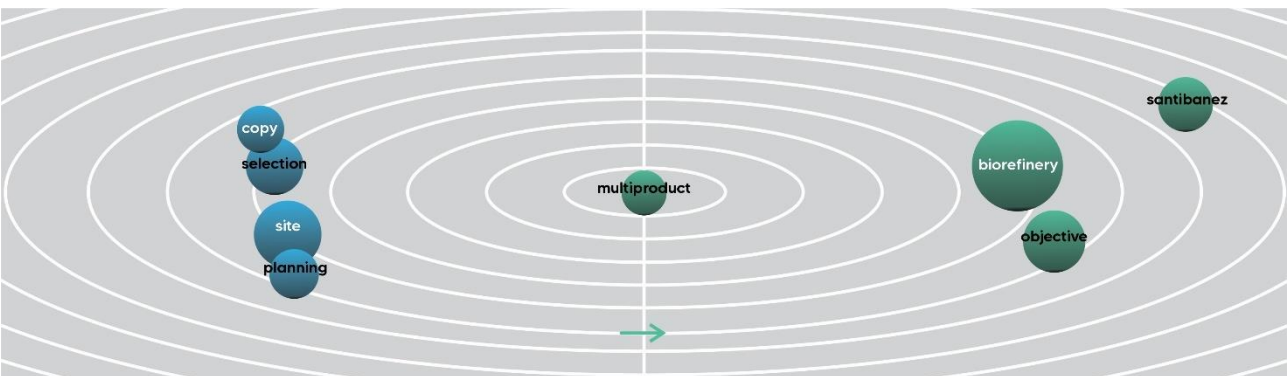


Figure 8: Semantic analysis of the central term “multiproduct”.

Source: Author's elaboration

6 Content analysis

This content analysis was divided into three stages (BARDIN, 1977), i) analysis organization (pre-analysis/exploration of the material, elementary inferences, and interpretation), ii) coding (treatment of the material to achieve a better representation of its content), categorization (which provides a simplified representation of the data), and iii) inference (what effect can this type of interpretation have on the analysis). Therefore, the scientific documents were

identified and classified using five codes, extracted from the research objective, the research hypotheses, and the analyzed data (FERREIRA *et al.*, 2012). Namely, type of platform, scale of production, social impact assessment method, social metrics, type of biomass, and purposes.

Then, in order to compare the existing relationships, the codes previously expressed are incorporated into two categories: i) concept, size, and generated products, further subdivided into i) energy and fuel production biorefineries; and ii) another, the one that most interests us, which discusses biorefineries that produce substances with high added value. These include the respective codes—type of platform, scale of production, type of biomass, and purposes; and ii) methods and social dimensions, which correspond to the codes—social impact assessment method and respective social metrics. It is noteworthy that coding and subsequent categorization is the most consistent way of conducting an unscathed content analysis (POCRIFKA; CARVALHO, 2015). Finally, inferences and interpretations are made of the data treated according to the categories available in the **Appendix B**.

6.1 Concepts, size, and products generated

This section discussed the concepts of biorefineries as well as the scale of production and products extracted. applied by social impact assessment methods.

6.1.1 Biorefineries for energy and fuel production

Biorefineries can be classified using seven concepts (VAN REE *et al.*, 2007). although they can also be understood in a more simplified way, as first, second, and third generation, according to the raw materials used and the technological route of conversion (BAUER *et al.*, 2017). The first generation (1G) are those that use resources from food crops such as soy, sugar cane, and palm oil, among others, while the second generation (2G) are those that process non-food agricultural products, wood, and energy crops typically rich in lignocellulose. Third generation (3G) are those that use hydrogen from biomass, marine algae, and microalgae as raw materials. In order to obtain a holistic view of biorefineries, it is interesting to consider the combination of different concepts in the analysis. (CHERUBINI; JUNGMEIER, 2010)

In this sense, this research reveals the existence of greater adherence to social impact studies, notably focused on second-generation lignocellulosic biorefineries, that use the fractionation of inedible materials (composed of cellulose, hemicellulose, and lignin) for the production of food, feed, materials, products, chemicals, fuels, energy, or heat, and which, due to their enormous availability, should become one of the main sources of renewable resources in the future (ÁLVAREZ DEL CASTILLO-ROMO; MORALES-RODRIGUEZ; ROMÁN-MARTÍNEZ, 2018; ASAH;

BARAL, 2018; CADENA *et al.*, 2019; CAMBERO; SOWLATI, 2016b; HEIJMAN; SZABÓ; VELDHUIZEN, 2019; KARTTUNEN, Kalle *et al.*, 2018; KOKKINOS *et al.*, 2018; LEE, G.-E.; LOVERIDGE; JOSHI, 2017; MARTINKUS *et al.*, 2019; PARISH *et al.*, 2016; SANTIBAÑEZ-AGUILAR *et al.*, 2014; VALENTE; BREKKE; MODAHL, 2018).

A very positive aspect of lignocellulosic biorefineries is food safety because they do not compete with food production, making this design compatible with the interests of small raw material producers as well as all parties interested (SANTIBAÑEZ-AGUILAR *et al.*, 2014).

Additionally, it is observed that many existing industries have started an accelerated process of adding value to their main products through the use of second-generation lignocellulosic biomass, to commercialize new products in other sectors of the economy. These industrial unit designs are, in fact, already conventional biorefineries, as observed in studies that assess the social impacts of the sugar industry in Thailand and Brazil as they seek to improve the use of biomass derived from sugarcane. of sugar to generate more refined products in existing mills (PRASARA-A *et al.*, 2019b; SOUZA, A. *et al.*, 2018).

Analyses of social impacts can also be observed, aimed at conventional biorefineries, because they are proposed to revitalize cellulose plants in the United States of America (USA), with the goal of producing biofuels (MARCIANO *et al.*, 2014; MARTINKUS *et al.*, 2017b). One of the characteristics of these conventional platforms is the use of high temperatures (biomass burning) and the presence or absence of an oxidizing agent, such as air, oxygen, or water vapor, which, given these facts, can also be classified as thermochemical biorefineries (HUSGAFVEL *et al.*, 2017; PARISH *et al.*, 2016; SACRAMENTO-RIVERO; NAVARRO-PINEDA; VILCHIZ-BRAVO, 2016a).

However, despite the fact that both concepts (conventional and thermochemistry) have positive trends in terms of financial issues, it is agreed that they contain social challenges to be overcome, mainly concerning land use and the supply of raw materials, since these production processes require great demand for the industrialization of products (HUSGAFVEL *et al.*, 2017; MARCIANO *et al.*, 2014; MARTINKUS *et al.*, 2017b; PARISH *et al.*, 2016; PRASARA-A *et al.*, 2019b; SACRAMENTO-RIVERO; NAVARRO-PINEDA; VILCHIZ-BRAVO, 2016a; SOUZA, A. *et al.*, 2018).

Many of the studies analyzed in this review, observe the social impacts through large-scale production (large-scale biorefineries), and interpret that the insertion of products, such as biofuels in the various markets, is a way to meet global energy demand and reduce greenhouse gas emissions (ÁLVAREZ DEL CASTILLO-ROMO; MORALES-RODRIGUEZ; ROMÁN-MARTÍNEZ, 2018; ASAH; BARAL, 2018; BERGTOLD *et al.*, 2017; CADENA *et al.*, 2019; CAMBERO; SOWLATI, 2016b; GOLECHA, Rajdeep; GAN, 2016; HEIJMAN; SZABÓ; VELDHUIZEN, 2019; HUSGAFVEL *et al.*, 2017; KARTTUNEN, Kalle *et al.*, 2018; KOKKINOS *et al.*, 2018; LEE, G.-E.; LOVERIDGE;

JOSHI, 2017; MARCIANO *et al.*, 2014; MARTINKUS *et al.*, 2017b, 2019; MCGUIRE *et al.*, 2017; PARISH *et al.*, 2016; PRASARA-A *et al.*, 2019b; RAMAN *et al.*, 2015; SACRAMENTO-RIVERO; NAVARRO-PINEDA; VILCHIZ-BRAVO, 2016a; SOUZA, A. *et al.*, 2018; VALENTE; BREKKE; MODAHL, 2018). However, they emphasize that, in order to meet this demand, it is necessary to supply significant amounts of raw materials, which often makes the large-scale production model unfeasible since the supply chain depends on land availability, seasonality, storage, and distances where raw materials are located, as well as road infrastructure (LEE, G.-E.; LOVERIDGE; JOSHI, 2017).

6.1.2 Biorefineries that produce substances with high added value

In contrast to the authors mentioned above, scientific findings also include studies that seek to analyze the social impacts of small and medium-sized biorefineries (JOGLEKAR *et al.*, 2020; SANTIBAÑEZ-AGUILAR *et al.*, 2014). Although from the point of view of the owners of capital, they have limited economic advantages, because they allow farmers to produce and process quality products with high added value, as well as access to technologies at various levels of the supply chain and transformation of raw materials, in addition to facilitating the penetration of their products in new markets, since production costs tend to be cheaper, due to the proximity of inputs to the location of biorefineries.

Regarding the biomass used, it is observed that there is diverse energy, biochemical, and biotechnological potential, with conditions to generate different products and different social impacts, depending on costs, market values, and benefits for society. Therefore, mostly, studies that make up this research, carry out analyzes of social factors from the processing of multiple raw materials to generate biofuels, biochemicals, bioenergy, and food compounds, confirming a worldwide trend in this area of knowledge, since global efforts are on the search for knowing the energy and biochemical potential of the various raw materials for the production of the most varied sources of energy and bioproducts (BERGTOLD *et al.*, 2017; CADENA *et al.*, 2019; JOGLEKAR *et al.*, 2019; KOKKINOS *et al.*, 2018; LEE, G.-E.; LOVERIDGE; JOSHI, 2017; RAMAN *et al.*, 2015; SANTIBAÑEZ-AGUILAR *et al.*, 2014; VALENTE; BREKKE; MODAHL, 2018).

Other scientific publications, consider the application of biomass of forest origin for the production of biofuel for aviation—a product with high added value, different from fuel for domestic use—whose value is many times lower when purchased with cited earlier (ASAH; BARAL, 2018; CAMBERO; SOWLATI, 2016b; KARTTUNEN, Kalle *et al.*, 2018; MARCIANO *et al.*, 2014; MARTINKUS *et al.*, 2017b, 2019; MCGUIRE *et al.*, 2017).

In turn, the identification of biorefinery projects that use corn husk (biomass with significant worldwide availability) for the production of bioethanol, animal feed, and oils is observed in the literature as a path to the

sustainability of the planet because of the possible social impacts analyzed (GOLECHA, Rajdeep; GAN, 2016; HEIJMAN; SZABÓ; VELDHUIZEN, 2019).

Additionally, scientific efforts are observed in order to interpret social phenomena, from the use of Agave in the production of bioethanol and bioproducts, such as the extraction of furfural, a solvent with several industrial applications, such as the production of furfuryl alcohol and resins, but still very incipient (ÁLVAREZ DEL CASTILLO-ROMO; MORALES-RODRIGUEZ; ROMÁN-MARTÍNEZ, 2018).

Scientific analyses reveal that sugarcane, an essential material for the production of bioenergy in Brazil, is undergoing a profound transition all over the world with the introduction of various technological processes, especially in harvesting, since manual work is being surpassed by mechanization, and in processing, with the extraction of various biocompounds that have several applications in various industries, such as chemical and biotechnology (PRASARA-A *et al.*, 2019b; SOUZA, A. *et al.*, 2018).

Studies on the supply of *Panicum virgatum* for the production of bioethanol and bioenergy present themselves as emerging but with regional limits since the raw material used is cultivated exclusively in Mexico and North American (PARISH *et al.*, 2016; SACRAMENTO-RIVERO; NAVARRO-PINEDA; VILCHIZ-BRAVO, 2016a).

The use of urine and cow dung in the generation specifically of bioproducts such as soaps, face masks, massage oil, and other products, has social impacts that are different from the studies mentioned above since it does not adhere to the production of biofuels, bioenergy, or something equivalent (JOGLEKAR *et al.*, 2019). Finally, the supply of pig iron slag for the production of microcrystalline cellulose and biogas is considered a seminal study since the aforementioned raw material has its best-known use in the steel industry in the production of concrete. Several studies may emerge, with the aim of understanding forms and conversions and which products can be generated with the slag (HUSGAFVEL *et al.*, 2017).

6.2 Methods and social dimension.

Notably, it observes the need to use social evaluation methods in biorefinery projects, either for the selection of alternatives that involve decision making, or for their improvement, and fulfillment of these functions. Therefore, several methods used, the example of multi-objective optimization, is applied in social impact analysis when there are more than one conflicting objectives, from the point of view of the owners of capital, such as labor, salary, production, and profit (ÁLVAREZ DEL CASTILLO-ROMO; MORALES-RODRIGUEZ; ROMÁN-MARTÍNEZ, 2018; CAMBERO; SOWLATI, 2016b; SANTIBAÑEZ-AGUILAR *et al.*, 2014). Even though one of the colliding goals could be passed over as a constraint and the problem could be solved for a single goal. Based on this understanding, certain optimization models

seek to monetize social impacts by transforming them into economic impacts, since, in most cases, the solution to problems is peremptorily backed by economic factors, such as cost minimization and revenue maximization, rather than social benefits or losses, which makes this method limited for social analyses. It is noteworthy that, in the scientific findings of this research, it is verified that optimization methods also focus on the social analysis of small and medium-sized biorefineries, a fundamental model for local development and the income generation of family farmers, since they can start producing products with high added value (SANTIBAÑEZ-AGUILAR *et al.*, 2014).

Other methods present in the articles of this review are based on macroeconomic analysis, that applies input-output analysis (IO) to assess social impacts in the implementation phases of biorefineries (HEIJMAN; SZABÓ; VELDHUIZEN, 2019; MARTINKUS *et al.*, 2019). However, one of the problems with this method is that its results are presented in an aggregated way, not allowing the comparison between the analyzed sectors of the economy, nor is it possible to analyze the quality of social impacts (KARTTUNEN, Kalle *et al.*, 2018).

These issues mentioned above are also present in research developed through the computable general equilibrium method, which describes the markets for goods and services and the markets for factors of production in a multisectoral way (KARTTUNEN, Kalle *et al.*, 2018). Reproducing the general flow of income, however, does not incorporate the various social components that comprise society, since these, by the method in question, do not integrate the production functions, which makes this method an abstraction for social impact analysis. This understanding is also applied in studies that use game theory for the social analysis of biorefineries, considering, for example, the behavior of market trade-offs (GOLECHA, Rajdeep; GAN, 2016).

On the other hand, there is another active research front, (KOKKINOS *et al.*, 2018; PARISH *et al.*, 2016) that uses multi-criteria analysis as a way of evaluating the social impacts of large-scale biorefineries, as well as in small and medium-sized units (JOGLEKAR *et al.*, 2020). The multi-criteria methods have significant importance when compared to the others because they allow the entry of qualitative data through social research techniques, which makes it possible, for example, to identify the degree of participation or acceptance of a certain industry by the impacted community, as well as quantitative data that assists in stakeholder decision making based on probabilistic forecasts. In general, some shortcomings observed in the multi-criteria methods are the poor structuring of the evaluation criteria and the ambiguous definitions of impact descriptors.

The Social Life Cycle Analysis-LCSA, is used for external ex-ante evaluations—before the execution of biorefinery projects, as a way to analyze possible barriers existing prior to the implementation of the projects (CADENA *et al.*, 2019; PRASARA-A *et al.*, 2019b; SOUZA, A. *et al.*, 2018; VALENTE; BREKKE; MODAHL, 2018). However, it needs to make clear the criteria for comparison, as well as the standards used for social evaluation, in a way that

minimizes the different perceptions about the results. To mitigate the limits presented above, the use of LCSA combined with other quantitative methods, such as input-output (IO), is recommended (SOUZA, A. *et al.*, 2018). There is a more significant adherence of the authors to the LCSA in the reviewed literature when compared to the other methods.

There are also methods that seek to assess the social impacts of biorefineries by analyzing the behavior of stakeholders, as they seek to identify and establish the priorities of these individuals. This method is called declared preference (MARCIANO *et al.*, 2014; MCGUIRE *et al.*, 2017), with applications in studies of the social acceptability of biorefineries in Maine and Kansas, to observe the willingness of farmers to produce and supply sorghum to the bio-based industry in both locations in the United States of America (USA) (BERGTOLD *et al.*, 2017).

The use of the contingent assessment method seeks to educate the interested parties to understand the usefulness of a biorefinery for the community. Its application was carried out in Michigan, United States of America (USA), and, allowed to guide decision-makers on the main concerns of society in relation to the biorefining industry (LEE, G.-E.; LOVERIDGE; JOSHI, 2017). The protocol for participatory social impact assessments is a method that assesses stakeholder perceptions through a psychometric scale. It was applied to the members of the interactive social forums existing in the Pacific Northwest region in the USA when a biorefinery was implemented.

Both methods mentioned above help in the analysis of scenarios and assess the opinions of stakeholders regarding positive and negative issues involving the implementation of a biorefinery. They are also considered multi-criteria methods; thus, they enable the entry of qualitative data through the use of some subjective and quantitative evaluation, which can even be used in the construction of linear utility models or for analysis through scales, as a way of expressing the influences of decisions. However, these two methods mentioned above use arbitrary weighting, which can generate incoherent information.

The use of a method for assessing impacts on sustainability (which encompasses social issues) based on a framework based on four categories: i) raw materials, ii) processes, iii) products, and iv) environment and corporate issues, was observed in just one scientific finding.(SACRAMENTO-RIVERO; NAVARRO-PINEDA; VILCHIZ-BRAVO, 2016a) Its use is oriented towards the monitoring and design phases of the project, that is, ex-ante. In this case, it verifies that there are some limits with regard to the analysis of social impacts, such as the non-externalization of intentions involving the interested parties. Therefore, to overcome this limitation, this approach must be used in combination with other methods, like the LCSA and the declared preference.

With an architecture equivalent to the aforementioned study, the sustainability index for the evaluation of biorefinery projects is based on four dimensions: i) environmental aspects; ii) economic aspects; iii) social aspects; and iv) legal aspects (HUSGAFVEL *et al.*, 2017). However, the method uses predominantly qualitative data inputs, which

implies difficulties in harmonizing the different limits and units, as well as in the measurability of social indicators. Therefore, in a complementary way, it lacks a multi-criteria analysis or LCSA approach. Additionally, the Community Capitals Framework method, used to analyze the location of biorefinery facilities, assesses their social impacts through cultural capital, human capital, and social capital, which express the existing skills in communities (MARTINKUS *et al.*, 2017b). However, the quantitative analysis of the social components presents limits regarding the accuracy of the information; therefore, they need to be better measured.

In this research, the existence of a single article, which considers only the metric "degree of toxicity" in the social impact analysis, whose objective is to assess the harmfulness of chemicals to humans, is observed (ÁLVAREZ DEL CASTILLO-ROMO; MORALES-RODRIGUEZ; ROMÁN-MARTÍNEZ, 2018). Therefore, this research, from the point of view of social impact, is very limited. Another relevant aspect is that studies that use non-metric or purely qualitative variables have significant limitations in discriminating the opinions of interested parties. In this case, the issues addressed do not include any mention of the quantification of jobs generated or labor laws, among others. However, not using quantitative metrics can negatively influence the interpretation of results.

Regarding the social dimension that groups the specific metrics that assess the performance of the social impacts of biorefineries, this review observes studies that exclusively consider the employment metric and understand it as a social function to be maximized for the benefit of the impacted populations (CAMBERO; SOWLATI, 2016a; GOLECHA, R; GAN, 2016; HEIJMAN; SZABO; VELDHUIZEN, 2019; KARTTUNEN, K *et al.*, 2018; SACRAMENTO-RIVERO; NAVARRO-PINEDA; VILCHIZ-BRAVO, 2016b; SANTIBAÑEZ-AGUILAR *et al.*, 2014). A study with the aforementioned approach has a limited view of the concept of social impact since it does not consider, for example, the social well-being of the target population or labor laws, among other metrics.

In contrast to what was verified in the previous paragraph, the social dimension in studies that use the LCSA is composed of several metrics that consider labor legislation, work analogous to slavery, health, social security, poverty, freedom of association, and poverty and education, as guided by the ILO-International Labor Organization and the UN-United Nations (CADENA *et al.*, 2019; PRASARA-A *et al.*, 2019b; SOUZA, A. *et al.*, 2018; VALENTE; BREKKE; MODAHL, 2018).

Additionally, studies were observed in this review that use metrics that capture the social impacts of biorefinery projects in a way that the existence of labor relations and social welfare is not evident since these metrics only express a picture of the possible effects, negative and positive, insofar as the different expectations of society are evaluated, for example, the generation of employment and income; health and safety; community asset; and population, among others (JOGLEKAR *et al.*, 2019; KOKKINOS *et al.*, 2018; MARTINKUS *et al.*, 2017b, 2019; PARISH *et al.*, 2016). It is latent

in the set of scientific findings, the need for conceptual integration of the metrics of employment and income, and health and safety at work, with the social dimension, since, notably, they appear categorized, respectively, as an economic or socioeconomic dimension.

Notably, several metrics are present in the social dimension, which analyze the technologies and creativity of society when implementing a biorefinery (BERGTOLD *et al.*, 2017; HUSGAFVEL *et al.*, 2017; LEE, G.-E.; LOVERIDGE; JOSHI, 2017; MARCIANO *et al.*, 2014; MCGUIRE *et al.*, 2017; RAMAN *et al.*, 2015). However, this form of expression of social impact does not occur in all the works reviewed.

There is also a profusion of metrics that are understood by the literature as environmental, such as air pollution, and greenhouse gases, among others. However, in the studies of the authors mentioned above, they appear as social. That is, there is a need for a conceptualization of different metrics, regarding their allocation in the three dimensions of sustainability, as pursued by the United Nations.

7 Gaps and future agendas

This review makes it possible to identify gaps in the literature on biorefinery social impact assessment and recommendations for future research. Therefore, the following subsections present the discussions of the two key areas of the topic, namely, social impact assessment and technology and social development.

7.1.1 Social impact assessment

In the context of social impact assessment (SIA), it was found that by using variables that analyze the perceptions of the decision maker and stakeholders through quantitative and qualitative indicators to maximize positive aspects or minimize negative aspects, the methods of multi-criteria are the most consistent for this type of assessment (SIA), since its main objective is to assist in complex decisions (that have multiple characteristics and that there are at least two alternatives for choices that conflict with each other), so that there is a reduction in errors, given that a significant part of the wrongly taken decisions are associated with the way the decision maker arrived at them, that is when there is no clarity on how the alternatives were defined and how the important information was well collected.

Therefore, it is necessary to overcome the limitations regarding metrics, as they are basically related to employment, and therefore, they need to represent the local context, location, community, stakeholders, and scope of projects, as well as the three pillars of human development, namely: i) being able to live a long and healthy life; ii) being able to obtain knowledge; and, iii) having access to resources sufficient to guarantee a basic standard of living; Additionally, when choosing the criteria that are not in the revised documents, which technique was used to choose them?

As well, when there is no characterization of the decision maker, that is, who makes the preferred decisions for the project. In this case, the application of the SODA (Strategic Options Development and Analysis) method, proposed by Colin Eden in 1988, is recommended to overcome the lack of operational research methods that do not use a qualitative as well as a quantitative approach.

These limitations interfere with decision-making and can harm the set of stakeholders since the social impact assessment must be carried out based on their perceptions.

7.1.2 Technology and social development

In these analyses, a series of important discoveries were verified, for example, that the subject under study is under development. This is the need for the combined use of various analysis techniques and methods, such as the inclusion of additional keywords in a new literature search. Thus, it is possible to locate a new, more comprehensive dataset that allows for new interpretations as well as experiments with different time periods from what was adopted in this research. This can lead to the identification of additional articles, especially potentially seminal works on the topic in question, and present new perspectives.

However, there is a theoretical gap in the reviewed articles, that is, a gap in the relationship between the technological aspects of a small biorefinery, as there is a need for different technologies for the processing of different types of biomass as they have different constitutions. Therefore, it is necessary to identify the most suitable technological route for converting the raw materials of the products that you want to produce and their social impact on society, namely in job generation, health, education, energy, food, transport, and culture, among others, since the identified studies do not take this issue into account.

In this case, the application of patentometric studies is suggested, which are important indicators of activities related to research, development, and innovation (RD & I) and have the capability to measure, in certain areas of knowledge, the technological advances present in the field of biorefineries of small and medium size, combined with multi-criteria methods, which can contribute to identifying the positive and negative aspects of the relationship between technology and society. This is mainly because these studies (technological prospecting) present a temporal map of emerging technologies and the decision makers from the MCDM model present their preferences on which can generate value and social development when applied to small biorefineries, and thus add new knowledge of the subject under study, enabling science to progress sustainably in terms of technological innovation for industry, economy, and society.

8 Conclusion.

The objective of this article was to present a systematic review of the literature on the methods and metrics of social impact used in multipurpose biorefinery projects, taking into account decent work and human development. The reviewed articles suggest that there is a need for a greater intersection between the social sciences and the areas of knowledge that are dedicated to research involving the development and implementation of biorefinery projects since the first allows considering the subjectivities of the interested parties and the second, for the most part, analyzes the physical-chemical conversion processes of materials or supply chains (Figure 3; Figure 5). Therefore, considering social sustainability in a holistic way, between the social sciences and engineering, mainly, means that the most relevant impacts on society within the scope of biorefinery projects are likely to be mitigated (Section 6.1.2).

Two questions were asked in this survey. To answer the first: A) What methods for social impact assessment are applied in multipurpose biorefinery projects? It is concluded that, in a significant way, the social impact methods consider large-scale biorefinery projects geared almost exclusively to the production of biofuel or bioethanol (Section 6.1.1). Therefore, there is a lack of research aimed at investigating the social aspects of these bio-industries on smaller scales of production, which produce multi-products, since, of the total number of articles reviewed, only two established investigations with this objective in their scope, using the methods of multi-objective linear programming and multi-criteria decision analysis. Thus, it is recommended that social impact analysis be widely applied in the ex-ante and ex-post phases of carrying out small and medium-sized biorefinery projects, including through other methods when applicable, like the LCSA combined with multi-criteria, and always considering the context in which the industrial unit is located (Section 6.2).

Regarding the answer to the second question: B) How are social indicators (i) decent employment generation according to ILO – International Labor Organization (in relation to labor and social security laws, decent wages, equity), and (ii) quality of life for the people involved, according to the Human Development Index – HDI – and the Gini Index, considered in the methods listed in the answer to the 1st question? It was observed that the articles used a series of metrics related to society to analyze biorefinery projects; however, five publications are limited to analyzing the generation of employment and income as the only metrics to express the social impact, even omitting such impacts on the interested parties. Therefore, they do not answer the question described here in Section 6.2. Other articles, comprising 10 publications in terms of quantity, present social metrics in accordance with the guidelines of multilateral organizations described in the question asked, for example, employment and income generation; education; health and safety; social welfare; labor laws, among others (Section 6.2). However, there is still a need to adjust the weighting or validate the metrics criteria as discussed in Section 6.2. Because this method allows for greater accuracy in the results.

This study has limitations with regard to the possibility of capturing other works that deal with the topic through references, resulting in selection bias. However, future studies can expand the research, using ball techniques, for example, which would make it possible to include other published works considered relevant and partially mitigate this bias (GEISSDOERFER *et al.*, 2017).

Finally, for future research, the objective is to develop a method of social impact integrated into the technological map, using metrics that aim to evaluate human development and decent work in small and medium-sized biorefineries, since this design of biorefineries is more susceptible to the use of technologies due to their lower implementation cost and the fact that they are located closer to local communities.

9. Declarations

91. Declaration of interests

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

9.2 Funding statement

Not applicable.

9.3 Ethical Approval Statement

Not applicable.

9.4 Declaration of Data Availability

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author, Dayvid Souza Santos upon reasonable request.

9 References:

- Aboagye, E., Jensen, I., Bergström, G., Brämberg, E. B., Pico-Espinosa, O. J., & Björklund, C. (2021). Investigating the association between publication performance and the work environment of university research academics: a systematic review. *Scientometrics*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03820-y>
- Aguiar, G. T., Oliveira, G. A., Tan, K. H., Kazantsev, N., & Setti, D. (2019). Sustainable implementation success factors of AGVs in the Brazilian industry supply chain management. *Procedia Manufacturing*, 39(2019), 1577–1586. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.284>
- Ahmed, S., Warne, T., Smith, E., Goemann, H., Linse, G., Greenwood, M., Kedziora, J., Sapp, M., Kraner, D., Roemer, K., Haggerty, J. H., Jarchow, M., Swanson, D., Poulter, B., & Stoy, P. C. (2021). Systematic review on effects of bioenergy from edible versus inedible feedstocks on food security. *Npj Science of Food*, 5(1), 9. <https://doi.org/10.1038/s41538-021-00091-6>
- Ait Sair, A., Kansou, K., Michaud, F., & Cathala, B. (2021). Multicriteria definition of small-scale biorefineries based on a statistical classification. *Sustainability (Switzerland)*, 13(13), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su13137310>
- Alencar, E. M. de A. (2014). Ferramentas computacionais para análise de textos sob o enfoque do interacionismo sociodiscursivo: aplicabilidade dos softwares. *Caminhos Em Linguística Aplicada*, 17, 509–532. <http://periodicos.unitau.br/ojs-2.2/index.php/caminhoslinguistica>
- Álvarez del Castillo-Romo, A., Morales-Rodríguez, R., & Román-Martínez, A. (2018). Multiobjective optimization for the socio-eco-efficient conversion of lignocellulosic biomass to biofuels and bioproducts. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20(3), 603–620. <https://doi.org/10.1007/s10098-018-1490-x>
- Amato, F., Cozzolino, G., Moscato, V., & Moscato, F. (2019). Analyse digital forensic evidences through a semantic-based methodology and NLP techniques. *Future Generation Computer Systems*, 98, 297–307. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.02.040>
- Arden, S. V., Pentimonti, J. M., Cooray, R., & Jackson, S. (2018). A Categorical Content Analysis of Highly Cited Literature Related to Trends and Issues in Special Education. *Journal of Learning Disabilities*, 51(6), 589–599. <https://doi.org/10.1177/0022219417720931>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Aristizábal-Marulanda, V., Solarte-Toro, J. C., & Cardona Alzate, C. A. (2020). Economic and social assessment of biorefineries: The case of Coffee Cut-Stems (CCS) in Colombia. *Bioresource Technology Reports*, 9(October 2019), 100397. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2020.100397>
- Aristizábal M., V., Gómez P., Á., & Cardona A., C. A. (2015). Biorefineries based on coffee cut-stems and sugarcane bagasse: Furan-based compounds and alkanes as interesting products. *Bioresource Technology*, 196, 480–489. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.07.057>
- Asah, S. T., & Baral, N. (2018). Technicalizing non-technical participatory social impact assessment of prospective cellulosic biorefineries: Psychometric quantification and implications. *Applied Energy*, 232, 462–472. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.09.199>
- Barbosa, D. D. S., Quintana, A. C., & Machado, D. G. (2011). Análise da Produção Científica sobre os fluxos de caixa e a demonstração dos fluxos de caixa: um estudo da Revista de Contabilidade e Finanças da Universidade de São Paulo, no período de 1989 a 2009. *Enfoque: Reflexão Contábil*, 30(2), 52–66.

<https://doi.org/10.4025/enfoque.v30i2.12452>

Bardin, L. (1977). Análise de Conteúdo retirar. In *Revista Educação* (Vol. 22, Issue 37). http://books.google.com/books?id=AFpxPgAACAAJ%5Cnhttp://cliente.argo.com.br/~mgos/analise_de_conteudo_mor_aes.html#_ftn1

Bauer, F., Coenen, L., Hansen, T., McCormick, K., & Palgan, Y. V. (2017). Technological innovation systems for biorefineries: a review of the literature. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 11(3), 534–548. <https://doi.org/10.1002/bbb.1767>

Bergtold, J. S., Shanoyan, A., Fewell, J. E., & Williams, J. R. (2017). Annual bioenergy crops for biofuels production: Farmers' contractual preferences for producing sweet sorghum. *Energy*, 119, 724–731. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.032>

Bertucci, R. A. (2021). Propriedades linguísticas da redação do Enem: uma análise computacional / Linguistic properties of Enem essays: a computational analysis. *REVISTA DE ESTUDOS DA LINGUAGEM*, 29(2), 999. <https://doi.org/10.17851/2237-2083.29.2.999-1032>

Blake, R., & Gutierrez, O. (2011). A semantic analysis approach for assessing professionalism using free-form text entered online. *Computers in Human Behavior*, 27(6), 2249–2262. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.07.004>

Buchspies, B., Kaltschmitt, M., & Neuling, U. (2020). Potential changes in GHG emissions arising from the introduction of biorefineries combining biofuel and electrofuel production within the European Union – A location specific assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 134, 110395. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110395>

Budzianowski, W. M., & Postawa, K. (2016). Total Chain Integration of sustainable biorefinery systems. *APPLIED ENERGY*, 184, 1432–1446. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.06.050>

Cadena, E., Rocca, F., Gutierrez, J. A., & Carvalho, A. (2019). Social life cycle assessment methodology for evaluating production process design: Biorefinery case study. *Journal of Cleaner Production*, 238, 117718. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117718>

Camero, C., & Sowlati, T. (2016a). Incorporating social benefits in multi-objective optimization of forest-based bioenergy and biofuel supply chains. *APPLIED ENERGY*, 178, 721–735. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.06.079>

Camero, C., & Sowlati, T. (2016b). Incorporating social benefits in multi-objective optimization of forest-based bioenergy and biofuel supply chains. *Applied Energy*, 178, 721–735. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.06.079>

Campos, A. C. S. M., & de Almeida, A. T. (2011). A Multicriteria Decision model for managing business processes. 2011 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 71–75. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2011.6117881>

Carnevali, J. A., & Miguel, P. C. (2008). Review, analysis and classification of the literature on QFD—Types of research, difficulties and benefits. *International Journal of Production Economics*, 114(2), 737–754. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.03.006>

Carvalho, M. M., Fleury, A., & Lopes, A. P. (2013). An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): Contributions and trends. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(7), 1418–1437. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.11.008>

Cavalcanti, M., Szklo, A., Machado, G., & Arouca, M. (2012). Taxation of automobile fuels in Brazil: Does

ethanol need tax incentives to be competitive and if so, to what extent can they be justified by the balance of GHG emissions? *Renewable Energy*, 37(1), 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.06.005>

Cherubini, F. (2010). The biorefinery concept: Using biomass instead of oil for producing energy and chemicals. *Energy Conversion and Management*, 51(7), 1412–1421. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.01.015>

Cherubini, F., & Jungmeier, G. (2010). LCA of a biorefinery concept producing bioethanol, bioenergy, and chemicals from switchgrass. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(1), 53–66. <https://doi.org/10.1007/s11367-009-0124-2>

Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2012). SciMAT: A new science mapping analysis software tool. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63(8), 1609–1630. <https://doi.org/10.1002/asi.22688>

Darda, S., Papalas, T., & Zabaniotou, A. (2019). Biofuels journey in Europe: Currently the way to low carbon economy sustainability is still a challenge. *Journal of Cleaner Production*, 208, 575–588. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.147>

de Carvalho, P. P. S., de Araújo Kalid, R., Rodríguez, J. L. M., & Santiago, S. B. (2019). Interactions among stakeholders in the processes of city logistics: a systematic review of the literature. *Scientometrics*, 120(2), 567–607. <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03149-1>

Dias, T. A. da C., Lora, E. E. S., Maya, D. M. Y., & Olmo, O. A. del. (2021). Global potential assessment of available land for bioenergy projects in 2050 within food security limits. *Land Use Policy*, 105(April 2020), 105346. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105346>

Dodd, V., Hooley, T., & Burke, C. (2019). Decent work in the UK: Context, conceptualization, and assessment. *Journal of Vocational Behavior*, 112(July 2018), 270–281. <https://doi.org/10.1016/j.jvb.2019.04.002>

Doerfel, M. L., & Barnett, G. A. (1999). A Semantic Network Analysis of the International Communication Association. *Human Communication Research*, 25(4), 589–603. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2958.1999.tb00463.x>

Dresch, A. (2018). *Desenvolvimento Científico Em Design Science Para a Engenharia De Produção: Formulações Conceituais E Análise Empírica*. 268.

Drieger, P. (2013). Semantic Network Analysis as a Method for Visual Text Analytics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 79, 4–17. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.05.053>

Duffy, R. D., Allan, B. A., England, J. W., Blustein, D. L., Autin, K. L., Douglass, R. P., Ferreira, J., & Santos, E. J. R. (2017). The development and initial validation of the Decent Work Scale. *Journal of Counseling Psychology*, 64(2), 206–221. <https://doi.org/10.1037/cou0000191>

Ebadian, M., van Dyk, S., McMillan, J. D., & Saddler, J. (2020). Biofuels policies that have encouraged their production and use: An international perspective. *Energy Policy*, 147, 111906. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111906>

Ellegaard, O., & Wallin, J. A. (2015). The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact? *Scientometrics*, 105(3), 1809–1831. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1645-z>

Etikan, I. (2016). Comparison of Convenience Sampling and Purposive Sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>

Eto, H. (1988). Rising tail in Bradford distribution: Its interpretation and application. *Scientometrics*, 13(5–6), 271–287. <https://doi.org/10.1007/BF02019963>

- Falotico, R., & Quatto, P. (2015). Fleiss' kappa statistic without paradoxes. *Quality & Quantity*, 49(2), 463–470. <https://doi.org/10.1007/s11135-014-0003-1>
- Ferreira, I. do R. C., Vosgerau, D. S. A. R., Moysés, S. J., & Moysés, S. T. (2012). Diplomas normativos do programa saúde na escola: Análise de conteúdo associada à ferramenta ATLAS TI. *Ciencia e Saude Coletiva*, 17(12), 3385–3398. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012001200023>
- Fleiss, J. L., Levin, B., & Paik, M. C. (2003). *Statistical Methods for Rates and Proportions*. John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/0471445428>
- Galvão, M. C. B., & Ricarte, I. L. M. (2019). Revisão Sistemática Da Literatura: Conceituação, Produção E Publicação. *Logeion: Filosofia Da Informação*, 6(1), 57–73. <https://doi.org/10.21728/logeion.2019v6n1.p57-73>
- García, A., Toledano, A., Andrés, M. Á., & Labidi, J. (2010). Study of the antioxidant capacity of *Miscanthus sinensis* lignins. *Process Biochemistry*, 45(6), 935–940. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.02.015>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Golecha, R., & Gan, J. (2016). Optimal contracting structure between cellulosic biorefineries and farmers to reduce the impact of biomass supply variation: Game theoretic analysis. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 10(2), 129–138. <https://doi.org/10.1002/bbb.1626>
- Golecha, Rajdeep, & Gan, J. (2016). Optimal contracting structure between cellulosic biorefineries and farmers to reduce the impact of biomass supply variation: game theoretic analysis. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 10(2), 129–138. <https://doi.org/10.1002/bbb.1626>
- Graciano, P. F., & Holanda, L. A. de. (2020). Análise bibliométrica da produção científica sobre turismo de base comunitária de 2013 a 2018. *Revista Brasileira de Pesquisa Em Turismo*, 14(1), 161–179. <https://doi.org/10.7784/rbtur.v14i1.1736>
- Guedes, V. L. S., & Borschiver, S. (2005). Bibliometria : Uma Ferramenta Estatística Para a Gestão Da Informação E Do Conhecimento , Em Sistemas De Informação , De Comunicação E De. *CINFORM - Encontro Nacional de Ciência Da Informação*, 1–18. <http://dici.ibict.br/archive/00000508/01/VaniaLSGuedes.pdf>
- Hassan, N. F., Puteh, S., & Muhamad Sanusi, A. (2019). Fleiss's Kappa: Assessing The Concept Of Technology Enabled Active Learning (Teal). *Journal of Technical Education and Training*, 11(1), 109–118. <https://doi.org/10.30880/jtet.2019.11.01.014>
- Heijman, W., Szabo, Z., & Veldhuizen, E. (2019). The Contribution of Biorefineries to Rural Development: The Case of Employment in Hungary. *STUDIES IN AGRICULTURAL ECONOMICS*, 121(1), 1–12. <https://doi.org/10.7896/j.1820>
- Heijman, W., Szabó, Z., & Veldhuizen, E. (2019). The Contribution of Biorefineries to Rural Development: The Case of Employment in Hungary. *Studies in Agricultural Economics*, 121(1), 1–12. <https://doi.org/10.7896/j.1820>
- Husgafvel, R., Poikela, K., Honkatukia, J., & Dahl, O. (2017). Development and Piloting of Sustainability Assessment Metrics for Arctic Process Industry in Finland—The Biorefinery Investment and Slag Processing Service Cases. *Sustainability*, 9(10), 1693. <https://doi.org/10.3390/su9101693>
- Ianda, T. F., & Padula, A. D. (2020). Exploring the Brazilian experience to design and simulate the impacts of a biodiesel program for sub-Saharan countries: The case of Guinea-Bissau. *Energy Strategy Reviews*, 32, 100547. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100547>

- Joglekar, S. N., Darwai, V., Mandavgane, S. A., & Kulkarni, B. D. (2019). A methodology of evaluating sustainability index of a biomass processing enterprise: a case study of native cow dung–urine biorefinery. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(22), 27435–27448. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06309-1>
- Joglekar, S. N., Darwai, V., Mandavgane, S. A., & Kulkarni, B. D. (2020). A methodology of evaluating sustainability index of a biomass processing enterprise: a case study of native cow dung–urine biorefinery. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(22), 27435–27448. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06309-1>
- Joshi, A. (2016). Comparison Between Scopus ; ISI Web of Science. *Journal Global Values ISSN*, VII(1), 976–9447.
- Kalpokaite, N., & Radivojevic, I. (2020). Teaching qualitative data analysis software online: a comparison of face-to-face and e-learning ATLAS.ti courses. *International Journal of Research & Method in Education*, 43(3), 296–310. <https://doi.org/10.1080/1743727X.2019.1687666>
- Karttunen, K., Ahtikoski, A., Kujala, S., Törmä, H., Kinnunen, J., Salminen, H., Huuskonen, S., Kojola, S., Lehtonen, M., Hynynen, J., & Ranta, T. (2018). Regional socio-economic impacts of intensive forest management, a CGE approach. *Biomass and Bioenergy*, 118, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.07.024>
- Karttunen, Kalle, Ahtikoski, A., Kujala, S., Törmä, H., Kinnunen, J., Salminen, H., Huuskonen, S., Kojola, S., Lehtonen, M., Hynynen, J., & Ranta, T. (2018). Regional socio-economic impacts of intensive forest management, a CGE approach. *Biomass and Bioenergy*, 118, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.07.024>
- Kircher, M. (2014). The Emerging Bioeconomy: Industrial Drivers, Global Impact, and International Strategies. *Industrial Biotechnology*, 10(1), 11–18. <https://doi.org/10.1089/ind.2014.1500>
- Kitchenham, B. A., Sjøberg, D. I. K., Dybå, T., Pfahl, D., Brereton, P., Budgen, D., Höst, M., & Runeson, P. (2012). Three empirical studies on the agreement of reviewers about the quality of software engineering experiments. *Information and Software Technology*, 54(8), 804–819. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2011.11.008>
- Klar, N. (2003). The statistical Analysis if Kappa Statistics in Multiple Samples. 49(9), 1–6. [papers2://publication/uuid/D0D52F78-65B7-494F-8C65-D16F574ADF03](https://publication/uuid/D0D52F78-65B7-494F-8C65-D16F574ADF03)
- Klein, B. C., Chagas, M. F., Watanabe, M. D. B., Bonomi, A., & Maciel Filho, R. (2019). Low carbon biofuels and the New Brazilian National Biofuel Policy (RenovaBio): A case study for sugarcane mills and integrated sugarcane-microalgae biorefineries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 115(3, SI), 109365. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109365>
- Kokkinos, K., Lakioti, E., Papageorgiou, E., Moustakas, K., & Karayannis, V. (2018). Fuzzy Cognitive Map-Based Modeling of Social Acceptance to Overcome Uncertainties in Establishing Waste Biorefinery Facilities. *Frontiers in Energy Research*, 6. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2018.00112>
- Kovacevic, M. S., & States, U. (2014). Human Development Index Human Development Research Paper Uncertainty and Sensitivity Analysis of the Human Development Index Clara García Aguña. 1(November 2010), 61. <https://www.researchgate.net/publication/235945388>
- Kratky, L., & Zamazal, P. (2020). Economic feasibility and sensitivity analysis of fish waste processing biorefinery. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118677. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118677>
- Kumar Patra, S., & Chand, P. (2005). Biotechnology research profile of India. *Scientometrics*, 63(3), 583–597. <https://doi.org/10.1007/s11192-005-0229-8>
- Lacerda, R. T. de O., Ensslin, L., & Ensslin, S. R. (2012). Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia

e avaliação de desempenho. *Gestão & Produção*, 19(1), 59–78. <https://doi.org/10.1590/s0104-530x2012000100005>

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159. <https://doi.org/10.2307/2529310>

Leal, M. R. L. V., Horta Nogueira, L. A., & Cortez, L. A. B. (2013). Land demand for ethanol production. *Applied Energy*, 102, 266–271. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.09.037>

Leão, A. S., Tavares, A. do C., Maranduba, H. L., & Almeida, E. dos S. (2020). Avaliação ambiental da produção de ferro gusa: revisão sistemática da literatura, bibliometria e patentes. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 7(16), 905–936. [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2020\)071629](https://doi.org/10.21438/rbgas(2020)071629)

Lee, G.-E., Loveridge, S., & Joshi, S. (2017). Local acceptance and heterogeneous externalities of biorefineries. *Energy Economics*, 67, 328–336. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.08.013>

Lee, K., & Jung, H. (2019). Dynamic semantic network analysis for identifying the concept and scope of social sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 233, 1510–1524. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.390>

Leite, R. A. S., Marina Bezerra Da Silva, Iracema Machado de Aragão, & Maria Emilia Camargo. (2019). Bibliometria Como Trilha De Conhecimento E Pesquisa. *Enpi*, 5, 1094–1105. <http://www.api.org.br/conferences/index.php/ENPI2019/ENPI2019/paper/viewFile/847/431>

Li, J., Wang, Y., & Yan, B. (2018). The hotspots of life cycle assessment for bioenergy: A review by social network analysis. *Science of The Total Environment*, 625, 1301–1308. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.030>

Lima, D. O., Sogabe, V. P., & Calarge, T. C. C. (2008). Uma Análise sobre o Mercado Mundial do Biodiesel. *XLVI COngresso Da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*, 1, 44–59. <http://www.sober.org.br/palestra/9/718.pdf>

Longati, A. A., Batista, G., & Cruz, A. J. G. (2020). Brazilian integrated sugarcane-soybean biorefinery: Trends and opportunities. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 26, 100400. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.100400>

Machado, P. G., Cunha, M., Walter, A., Faaij, A., & Guilhoto, J. J. M. (2021). Biobased economy for Brazil: Impacts and strategies for maximizing socioeconomic benefits. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 139(November 2020), 110573. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110573>

Maranduba, H. L., Robra, S., Nascimento, I. A., da Cruz, R. S., Rodrigues, L. B., & de Almeida Neto, J. A. (2015). Reducing the life cycle GHG emissions of microalgal biodiesel through integration with ethanol production system. *Bioresource Technology*, 194, 21–27. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.06.113>

Marchiori, D. M., Popadiuk, S., Mainardes, E. W., & Rodrigues, R. G. (2021). Innovativeness: a bibliometric vision of the conceptual and intellectual structures and the past and future research directions. In *Scientometrics* (Vol. 126, Issue 1). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03753-6>

Marciano, J. A., Lilieholm, R. J., Teisl, M. F., Leahy, J. E., & Neupane, B. (2014). Factors affecting public support for forest-based biorefineries: A comparison of mill towns and the general public in Maine, USA. *Energy Policy*, 75, 301–311. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.08.016>

Martinkus, N., Latta, G., Rijkhoff, S. A. M., Mueller, D., Hoard, S., Sasatani, D., Pierobon, F., & Wolcott, M. (2019). A multi-criteria decision support tool for biorefinery siting: Using economic, environmental, and social metrics for a refined siting analysis. *Biomass and Bioenergy*, 128, 105330. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.105330>

Martinkus, N., Rijkhoff, S. A. M., Hoard, S. A., Shi, W., Smith, P., Gaffney, M., & Wolcott, M. (2017).

Biorefinery site selection using a stepwise biogeophysical and social analysis approach. *Biomass and Bioenergy*, 97, 139–148. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.12.022>

Matheus, W. E., Ferreira, U., Brandão, E. A., Ferruccio, A. A., & Billis, A. (2019). The importance of histopathologic review of biopsies in patients with prostate cancer referred to a tertiary uro - oncology center. *International Braz J Urol*, 45(1), 32–37. <https://doi.org/10.1590/S1677-5538.IBJU.2018.0099>

McCormick, K., Bomb, C., & Deurwaarder, E. (2012). Governance of biofuels for transport in Europe: lessons from Sweden and the UK. *Biofuels*, 3(3), 293–305. <https://doi.org/10.4155/bfs.12.15>

McFarland, L., Williams, J., & Miciak, J. (2013). Ten Years of Research: A Systematic Review of Three Refereed LD Journals. *Learning Disabilities Research & Practice*, 28(2), 60–69. <https://doi.org/10.1111/ldrp.12007>

McGuire, J. B., Leahy, J. E., Marciano, J. A., Lilieholm, R. J., & Teisl, M. F. (2017). Social acceptability of establishing forest-based biorefineries in Maine, United States. *Biomass and Bioenergy*, 105, 155–163. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.06.015>

Mello, I. R., Dantas, K. M. F. B. J. A., & Botelho, D. R. (2017). Mello et al. (2017). *Revista de Estudos Contábeis*, 8(15), 45–65.

Miot, H. A. (2016). Análise de concordância em estudos clínicos e experimentais. *Jornal Vascular Brasileiro*, 15(2), 89–92. <https://doi.org/10.1590/1677-5449.004216>

Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., & Stewart, L. A. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>

Moreira, P. S. da C., Guimarães, A. J. R., & Tsunoda, D. F. (2020). Qual ferramenta bibliométrica escolher? Um estudo comparativo entre softwares. *P2P E INOVAÇÃO*, 6, 140–158. <https://doi.org/10.21721/p2p.2020v6n2.p140-158>

Ocampo, J. R., Hernández-Matías, J. C., & Vizán, A. (2017). A method for estimating the influence of advanced manufacturing tools on the manufacturing competitiveness of Maquiladoras in the apparel industry in Central America. *Computers in Industry*, 87, 31–51. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2017.02.001>

Okoli, C. (2015). A guide to conducting a standalone systematic literature review. *Communications of the Association for Information Systems*, 37(1), 879–910. <https://doi.org/10.17705/1cais.03743>

Okoli, C., & Schabram, K. (2010). Working Papers on Information Systems A Guide to Conducting a Systematic Literature Review of Information Systems Research. *Working Papers on Information Systems*, 10(2010). <https://doi.org/10.2139/ssrn.1954824>

Oliveira, E. F. T. de, & Gracio, M. C. C. (2011). Indicadores bibliométricos em ciência da informação: análise dos pesquisadores mais produtivos no tema estudos métricos na base Scopus. *Perspectivas Em Ciência Da Informação*, 16(4), 16–28. <https://doi.org/10.1590/S1413-99362011000400003>

Oliveira, N. S., Oliveira, J. M. de, & Bergamaschi, D. P. (2006). Concordância entre avaliadores na seleção de artigos em revisões sistemáticas. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 9(3), 309–315. <https://doi.org/10.1590/s1415-790x2006000300005>

Ou, L., & Cai, H. (2020). Dynamic Life-Cycle Analysis of Fast Pyrolysis Biorefineries: Impacts of Feedstock Moisture Content and Particle Size. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(16), 6211–6221. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b06836>

Parish, E. S., Dale, V. H., English, B. C., Jackson, S. W., & Tyler, D. D. (2016). Assessing multimetric aspects

of sustainability: Application to a bioenergy crop production system in East Tennessee. *Ecosphere*, 7(2). <https://doi.org/10.1002/ecs2.1206>

Pena, S. B., Guimarães, H. C. Q. C. P., Lopes, J. L., Guandalini, L. S., Taminato, M., Barbosa, D. A., & Barros, A. L. B. L. de. (2019). Medo de cair e o risco de queda: revisão sistemática e metanálise. *Acta Paulista de Enfermagem*, 32(4), 456–463. <https://doi.org/10.1590/1982-0194201900062>

Pereira, M. G., Cepel, E., & Freitas, M. (2019). Mudanças Climáticas e seus Desdobramentos sobre a Pobreza e Equidade. February.

Pham, V. M., Van Nghiem, S., Bui, Q. T., Pham, T. M., & Van Pham, C. (2019). Quantitative assessment of urbanization and impacts in the complex of Huê Monuments, Vietnam. *Applied Geography*, 112(August). <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.102096>

Pinheiro, R. G., & Almeida, B. E. de. (2020). AAs estratégias de internacionalização: um estudo bibliométrico aplicando as leis de Lotka, Bradford e Zipf na base Spell no período de 2008 a 2018. *Revista de Administração, Contabilidade e Economia Da Fundace*, 11(1). <https://doi.org/10.13059/racef.v11i1.656>

Piolat, A., & Bannour, R. (2009). An example of text analysis software (EMOTAIX-Tropes) use: The influence of anxiety on expressive writing. *Current Psychology Letters: Behaviour, Brain and Cognition*, 25(2). <https://doi.org/10.4000/cpl.4879>

Pocriška, D. H., & Carvalho, A. (2015). O êxito do uso do software Atlas TI na pesquisa qualitativa - Uma experiência com análise de conteúdo. *Investigação Qualitativa Em Ciências Sociais - Atas CIAIQ 2014*, 3, 20–25.

Prasara-A, J., Gheewala, S. H., Silalertruksa, T., Pongpat, P., & Sawaengsak, W. (2019). Environmental and social life cycle assessment to enhance sustainability of sugarcane-based products in Thailand. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 21(7), 1447–1458. <https://doi.org/10.1007/s10098-019-01715-y>

Pyrgakis, K. A., & Kokossis, A. C. (2019). A Total Site Synthesis approach for the selection, integration and planning of multiple-feedstock biorefineries. *Computers & Chemical Engineering*, 122, 326–355. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2018.09.003>

Raman, S., Mohr, A., Helliwell, R., Ribeiro, B., Shortall, O., Smith, R., & Millar, K. (2015). Integrating social and value dimensions into sustainability assessment of lignocellulosic biofuels. *Biomass and Bioenergy*, 82, 49–62. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.04.022>

Ribas, H. de O., Gonçalves, D. S., & Mazur, C. E. (2018). Benefícios funcionais do Cacau (*Theobroma Cacao*) e seus derivados. *Visão Acadêmica*, 19(4), 67–74. <https://doi.org/10.5380/acd.v19i4.61915>

Roitman, T. (2019). Programas internacionais de incentivo aos biocombustíveis e o renovabio. *FGV Caderno Opinião*, 19–25. https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/27829/A27_coluna_opinioao_3_-_marco.pdf

Sacramento-Rivero, J. C., Navarro-Pineda, F., & Vilchiz-Bravo, L. E. (2016a). Evaluating the sustainability of biorefineries at the conceptual design stage. *Chemical Engineering Research and Design*, 107(SI), 167–180. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2015.10.017>

Sacramento-Rivero, J. C., Navarro-Pineda, F., & Vilchiz-Bravo, L. E. (2016b). Evaluating the sustainability of biorefineries at the conceptual design stage. *CHEMICAL ENGINEERING RESEARCH & DESIGN*, 107(SI), 167–180. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2015.10.017>

Salvador, G. V., Salim, V. M. M., & Toniolo, F. S. (2022). Sustainability assessment of a decentralized green

diesel production in small-scale biorefineries. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 16(6), 1527–1550. <https://doi.org/10.1002/bbb.2419>


Santibañez-Aguilar, J. E., González-Campos, J. B., Ponce-Ortega, J. M., Serna-González, M., & El-Halwagi, M. M. (2014). Optimal planning and site selection for distributed multiproduct biorefineries involving economic, environmental and social objectives. *Journal of Cleaner Production*, 65, 270–294. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.004>

Santos, D. S., Kalid, R. de A., Pessoa, F. L. P., & Guzman, S. J. M. (2020). Economia solidária e o controverso impacto da crise da cacauicultura no território litoral sul da bahia. *Revista Da ABET - Brazilian Journal of Labour Studies*, 19(no 2), 453–472. <https://doi.org/10.22478/ufpb.1676-4439.2020v19n02.50100>

Santos, P. H. dos. (2020). Artigo original cooperação na gestão da cadeia de suprimentos: Uma análise bibliométrica utilizando o biblioshiny. *Gestão Contemporânea*, v.10, n.1(2017), 100–128. <http://periodicos.estacio.br/index.php/gestaocontemporanea>

Secchi, M., Castellani, V., Orlandi, M., & Collina, E. (2019). Use of Lignin side-streams from biorefineries as fuel or co-product? Life cycle analysis of bio-ethanol and pulp production processes. *BioResources*, 14(2), 4832–4865. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85065896295&partnerID=40&md5=40722ede0b0d123eeb90d81e17480782>

Shamseer, L., Moher, D., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., & Stewart, L. A. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: elaboration and explanation. *BMJ*, 349(jan02 1), g7647–g7647. <https://doi.org/10.1136/bmj.g7647>

Silva, R. de S. e, & Paes, Â. T. (2012).  Por Dentro da Estatística: teste de concordância de Kappa. *Educ. Contin. Saúde Einstein*, 10(4), 165–166. [papers2://publication/uuid/3E5F4C37-E639-43D6-89C9-96597CA6AB40](https://publicacao.uuid/3E5F4C37-E639-43D6-89C9-96597CA6AB40)

Sims, R. E. H., Mabee, W., Saddler, J. N., & Taylor, M. (2010). An overview of second generation biofuel technologies. *Bioresource Technology*, 101(6), 1570–1580. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.11.046>

Singh, S., Jaiswal, D. K., Krishna, R., Mukherjee, A., & Verma, J. P. (2020). Restoration of degraded lands through bioenergy plantations. *Restoration Ecology*, 28(2), 263–266. <https://doi.org/10.1111/rec.13095>

Solarte-Toro, J. C., & Cardona Alzate, C. A. (2021). Perspectives of the sustainability assessment of biorefineries. *Chemical Engineering Transactions*, 83, 307–312. <https://doi.org/10.3303/CET2183052>

Souza, A., Watanabe, M. D. B., Cavalett, O., Ugaya, C. M. L., & Bonomi, A. (2018). Social life cycle assessment of first and second-generation ethanol production technologies in Brazil. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(3), 617–628. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1112-y>

Souza, A. C. de, Alexandre, N. M. C., Guirardello, E. de B., Souza, A. C. de, Alexandre, N. M. C., & Guirardello, E. de B. (2017). Propriedades psicométricas na avaliação de instrumentos: avaliação da confiabilidade e da validade. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 26(3), 649–659. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742017000300022>

Spellman, R. (2011). Using Microsoft Excel to Generate Usage Statistics. *Journal of Access Services*, 8(4), 150–156. <https://doi.org/10.1080/15367967.2011.585576>

Tague-Sutcliffe, J. (1992). An introduction to informetrics. *Information Processing & Management*, 28(1), 1–3. [https://doi.org/10.1016/0306-4573\(92\)90087-G](https://doi.org/10.1016/0306-4573(92)90087-G)

Taheripour, F., & Tyner, W. (2013). Biofuels and Land Use Change: Applying Recent Evidence to Model Estimates. *Applied Sciences*, 3(1), 14–38. <https://doi.org/10.3390/app3010014>

Teigiserova, D. A., Hamelin, L., & Thomsen, M. (2019). Review of high-value food waste and food residues biorefineries with focus on unavoidable wastes from processing. *Resources, Conservation and Recycling*, 149(April), 413–426. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.05.003>

Tey, T. O., Chen, S., Cheong, Z. X., Choong, A. S. X., Ng, L. Y., & Chemmangattuvalappil, N. G. (2021). Synthesis of a sustainable integrated biorefinery to produce value-added chemicals from palm-based biomass via mathematical optimisation. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 288–315. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.012>

Thomas, H., & Turnbull, P. (2018). From horizontal to vertical labour governance: The International Labour Organization (ILO) and decent work in global supply chains. *Human Relations*, 71(4), 536–559. <https://doi.org/10.1177/0018726717719994>

Toledano, A., Serrano, L., Balu, A. M., Luque, R., Pineda, A., & Labidi, J. (2013). Fractionation of Organosolv Lignin from Olive Tree Clippings and its Valorization to Simple Phenolic Compounds. *ChemSusChem*, 6(3), 529–536. <https://doi.org/10.1002/cssc.201200755>

Tsai, H.-H. (2011). Research trends analysis by comparing data mining and customer relationship management through bibliometric methodology. *Scientometrics*, 87(3), 425–450. <https://doi.org/10.1007/s11192-011-0353-6>

Valente, C., Brekke, A., & Modahl, I. S. (2018). Testing environmental and social indicators for biorefineries: bioethanol and biochemical production. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(3), 581–596. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1331-x>

van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>

van Eck, N. J., & Waltman, L. (2017a). VOSviewer Manual. October.

van Eck, N. J., & Waltman, L. (2017b). Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. *Scientometrics*, 111(2), 1053–1070. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2300-7>

van Ree, R., Annevelink, B., René van Ree, A., de Jong, E., Reijnders, J., & Kwant, K. (2007). Status Report Biorefinery 2007 Colophon Title Status Report Biorefinery 2007. www.afsg.wur.nl/0Awww.biorefinery.nl

Vaz, J. (2010). *Uso dos Coprodutos e Resíduos de Biomassa para Obtenção de Produtos Químicos Renováveis*. Embrapa. ISSN 2177-4420, 1–4.

Verbeek, A., Debackere, K., Luwel, M., & Zimmermann, E. (2002). Measuring progress and evolution in science and technology – I: The multiple uses of bibliometric indicators. *International Journal of Management Reviews*, 4(2), 179–211. <https://doi.org/10.1111/1468-2370.00083>

Walter, S. A., & Bach, T. M. (2015). Adeus papel, marca-textos, tesoura e cola: inovando o processo de análise de conteúdo por meio do Atlas.Ti. *Administração: Ensino e Pesquisa*, 16(2), 275. <https://doi.org/10.13058/raep.2015.v16n2.236>

Wenger, J., & Stern, T. (2019). Reflection on the research on and implementation of biorefinery systems – a systematic literature review with a focus on feedstock. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 13(5), 1347–1364. <https://doi.org/10.1002/bbb.2021>

Xie, H., Zhang, Y., Wu, Z., & Lv, T. (2020). A Bibliometric Analysis on Land Degradation: Current Status, Development, and Future Directions. *Land*, 9(1), 28. <https://doi.org/10.3390/land9010028>

Yu, Y., Bartle, J., Li, C.-Z., & Wu, H. (2009). Mallee Biomass as a Key Bioenergy Source in Western Australia:

Importance of Biomass Supply Chain. *Energy & Fuels*, 23(6), 3290–3299. <https://doi.org/10.1021/ef900103g>

Zang, G., Shah, A., & Wan, C. (2020). Techno-economic analysis of an integrated biorefinery strategy based on one-pot biomass fractionation and furfural production. *Journal of Cleaner Production*, 260, 120837. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120837>

Appendix A: Publications found in the Scopus and Web of Science database from 2000 to 2019 (excluding duplicate articles) on the topic of biorefineries.

Quantity publication	Authors	Journals	Title	Year of publication
P1	Stoklosa; Nghiem; Latona	Fermentation	Xylose-enriched ethanol fermentation stillage from sweet sorghum for xylitol and astaxanthin production	2019
P2	Parsons <i>et al</i>	Journal Of Chemical Technology And Biotechnology	Techno-economic analysis (tea) of microbial oil production from waste resources as part of a biorefinery concept: assessment at multiple scales under uncertainty	2019
P3	Cadena <i>et al</i>	Journal Of Cleaner Production	Social Life Cycle Assessment Methodology for Evaluating Production Process Design: Biorefinery Case Study	2019
P4	Tabatabaei <i>et al</i>	Progress In Energy And Combustion Science	Reactor technologies for biodiesel production and processing: a review	2019
P5	Sadhukhan <i>et al</i>	Green Chemistry	Novel macroalgae (seaweed) biorefinery systems for integrated chemical, protein, salt, nutrient and mineral extractions and environmental protection by green synthesis and life cycle sustainability assessments	2019
P6	Nieder-Heitmann; Haigh; Gorgens	Journal Of Cleaner Production	Life cycle assessment and multi-criteria analysis of sugarcane biorefinery scenarios: finding a sustainable solution for the south African sugar industry	2019
P7	Wang	Bioresource Technology	Integrated biorefinery strategy for tofu wastewater biotransformation and biomass valorization with the filamentous microalga <i>tribonema minus</i>	2019
P8	Gunukula <i>et al</i>	Fuel	Influence of upstream, distributed biomass-densifying technologies on the economics of biofuel production	2019
P9	Venturini; Pizarro; Munster	Applied Energy	How to maximise the value of residual biomass resources: the case of straw in denmark	2019
P10	Roni;Thompson ;Hartley	Applied Energy	Distributed biomass supply chain cost optimization to evaluate multiple feedstocks for a biorefinery	2019
P11	Budzinski <i>et al</i>	Journal Of Industrial Ecology	Assessment of lignocellulosic biorefineries in germany using a hybrid lca multi-objective optimization model	2019
P12	Pyrgakis; Kokossis	Computers And Chemical Engineering	A total site synthesis approach for the selection, integration and planning of multiple-feedstock biorefineries	2019
P13	Martinkus <i>et al</i>	Biomass & Bioenergy	A multi-criteria decision support tool for biorefinery siting: using economic, environmental, and social metrics for a refined siting analysis	2019

P14	Joglekar <i>et al</i>	Environmental Science and Pollution Research	A methodology of evaluating sustainability index of a biomass processing enterprise: a case study of native cow dung-urine biorefinery	2019
P15	Prasara <i>et al</i>	Clean Technologies and Environmental Policy	Environmental and social life cycle assessment to enhance sustainability of sugarcane-based products in thailand	2019
P16	Heijman; Szabo; Veldhuizen	Studies In Agricultural Economics	The contribution of biorefineries to rural development: the case of employment in hungary	2019
P17	Pachon <i>et al</i>	Applied Energy	Transition of a south African sugar mill towards a biorefinery. A feasibility assessment	2018
P18	Zhang <i>et al</i>	Gcb Bioenergy	The multi-feedstock biorefinery assessing the compatibility of alternative feedstocks in a 2g wheat straw biorefinery process	2018
P19	Li; Wang; Yan	Science of The Total Environment	The hotspots of life cycle assessment for bioenergy: a review by social network analysis	2018
P20	Philp	New Biotechnology	The bioeconomy, the challenge of the century for policy makers	2018
P21	Valente; Brekke; Modahl	International Journal of Life Cycle Assessment	Testing environmental and social indicators for biorefineries: bioethanol and biochemical production	2018
P22	Reeb <i>et al</i>	Biofuels, Bioproducts And Biorefining	Techno-economic analysis of various biochemical conversion platforms for biosugar production: trade-offs of co-producing biopower versus pellets for either a greenfield, repurpose, or co-location siting context	2018
P23	Asah; Baral	Applied Energy	Technicalizing non-technical participatory social impact assessment of prospective cellulosic biorefineries: psychometric quantification and implications	2018
P24	Zetterholm <i>et al</i>	Applied Energy	Resource efficiency or economy of scale: biorefinery supply chain configurations for co-gasification of black liquor and pyrolysis liquids	2018
P25	Karttunen <i>et al</i>	Biomass And Bioenergy	Regional socio-economic impacts of intensive forest management, a cge approach	2018
P26	Castillo-Romo <i>et al</i>	Clean Technologies and Environmental Policy	Multiobjective optimization for the socio-eco-efficient conversion of lignocellulosic biomass to biofuels and bioproducts	2018
P27	Serna-Loaiza <i>et al</i>	Environmental Science and Pollution Research	Integral use of plants and their residues: the case of cocoyam (xanthosoma sagittifolium) conversion through biorefineries at small scale	2018
P28	Kokkinos <i>et al</i>	Frontiers In Energy Research	Fuzzy cognitive map-based modeling of social acceptance to overcome uncertainties in establishing waste biorefinery facilities	2018

P29	Mardawati <i>et al</i>	International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology	Fungal production of xylanase from oil palm empty fruit bunches via solid state cultivation	2018
P30	He-Lambert <i>et al</i>	Applied Energy	Determining a geographic high resolution supply chain network for a large scale biofuel industry	2018
P31	Wheeler; Paez; Guillen; Mele	Computers And Chemical Engineering	Combining multi-attribute decision-making methods with multi-objective optimization in the design of biomass supply chains	2018
P32	Mengal et al	New Biotechnology	Bio-based industries joint undertaking: the catalyst for sustainable bio-based economic growth in europe	2018
P33	Zinkone et al	Bioresource Technology	Bead milling disruption kinetics of microalgae: process modeling, optimization and application to biomolecules recovery from chlorella sorokiniana	2018
P34	Troschl et al	Algal Research-Biomass Biofuels and Bioproducts	Pilot-scale production of poly-beta-hydroxybutyrate with the cyanobacterium <i>synechocytis sp ccala192</i> in a non-sterile tubular photobioreactor	2018
P35	Rueda et al.	Biofuels Bioproducts \& Biorefining-Biofpr	Expansion assessment of the sugarcane and ethanol production in the llanos orientales region in colombia	2018
P36	Asadi; Farahani	Computers & Chemical Engineering	Optimization of dimethyl ether production process based on sustainability criteria using a homotopy continuation method	2018
P37	Souza et al.	International Journal of Life Cycle Assessment	Social life cycle assessment of first and second-generation ethanol production technologies in Brazil	2018
P38	Bauer et al	Biofuels, Bioproducts and Biorefining	Technological innovation systems for biorefineries: a review of the literature	2017
P39	Julio et al	Biofuels, Bioproducts and Biorefining	Sustainable design of biorefinery processes: existing practices and new methodology	2017
P40	Mcguire et al	Biomass & Bioenergy	Social acceptability of establishing forest-based biorefineries in maine, united states	2017
P41	Klein et al	Biofuels, Bioproducts and Biorefining	Process development and techno-economic analysis of bio-based succinic acid derived from pentoses integrated to a sugarcane biorefinery	2017
P42	Lythcke-Jorgensen et al	Applied Energy	Optimization of a flexible multi-generation system based on wood chip gasification and methanol production	2017

P43	Gargalo <i>et al</i>	Industrial and Engineering Chemistry Research	Optimal design and planning of glycerol-based biorefinery supply chains under uncertainty	2017
P44	Osmani; Zhang	Land Use Policy	Multi-period stochastic optimization of a sustainable multi-feedstock second generation bioethanol supply chain a logistic case study in midwestern united states	2017
P45	Prunescu <i>et al</i>	Biochemical Engineering Journal	Model-based plantwide optimization of large scale lignocellulosic bioethanol plants	2017
P46	Lee; Loveridge; Joshi	Energy Economics	Local acceptance and heterogeneous. Externalities of biorefineries	2017
P47	Wang <i>et al</i>	Applied Energy	Impact of the biorefinery size on the logistics of corn stover supply a scenario analysis	2017
P48	Baral; Rabotyagov	Forest Policy and Economics	How much are wood-based cellulosic biofuels worth in the pacific northwest? Ex-ante and ex-post analysis of local people's willingness to pay	2017
P49	Rajendran; Murthy	Biotechnology For Biofuels	How does technology pathway choice influence economic viability and environmental impacts of lignocellulosic biorefineries?	2017
P50	Yang <i>et al</i>	Green Chemistry	Fluoride-free and low concentration template synthesis of hierarchical sn-beta zeolites: efficient catalysts for conversion of glucose to alkyl lactate	2017
P51	Husgafvel <i>et al</i>	Sustainability	Development and piloting of sustainability assessment metrics for arctic process industry in finland-the biorefinery investment and slag processing service cases	2017
P52	Martinkus <i>et al</i>	Biomass & Bioenergy	Biorefinery site selection using a stepwise biogeophysical and social analysis approach	2017
P53	Bergtold <i>et al</i>	Energy	Annual bioenergy crops for biofuels production: farmers' contractual preferences for producing sweet sorghum	2017
P54	Hun; Mele; Perez	International Journal of Life Cycle Assessment	A comparative life cycle assessment of the sugarcane value chain in the province of tucuman (argentina) considering different technology levels	2017
P55	Fu <i>et al</i>	Green Chemistry	Suppression of oligomer formation in glucose dehydration by co2 and tetrahydrofuran	2017
P56	Budzianowski; Postawa	Applied Energy	Total chain integration of sustainable biorefinery systems	2016
P57	Junqueira; Cavalett; Bonomi	Industrial Biotechnology	The virtual sugarcane biorefinery - a simulation tool to support public policies formulation in bioenergy	2016

P58	Aghazadeh; Engelberth	Biotechnology Progress	Techno-economic analysis for incorporating a liquid-liquid extraction system to remove acetic acid into a proposed commercial scale biorefinery	2016
P59	Clauser <i>et al</i>	Chemical Engineering Research and Design	Small-sized biorefineries as strategy to add value to sugarcane bagasse	2016
P60	Iitan <i>et al</i>	Energy Conversion And Management	Product quality optimization in an integrated biorefinery: conversion of pistachio nutshell biomass to biofuels and activated biochars via pyrolysis	2016
P61	Martinez-Guido <i>et al</i>	Clean Technologies and Environmental Policy	Optimal reconfiguration of a sugar cane industry to yield an integrated biorefinery	2016
P62	Golecha; Gan	Biofuels, Bioproducts and Biorefining	Optimal contracting structure between cellulosic biorefineries and farmers to reduce the impact of biomass supply variation: game theoretic analysis	2016
P63	Bairamzadeh	Industrial & Engineering Chemistry Research	Multiobjective robust possibilistic programming approach to sustainable bioethanol supply chain design under multiple uncertainties	2016
P64	Pinedo <i>et al</i>	Chemical Engineering Research & Design	Microalgae biorefinery alternatives and, hazard evaluation	2016
P65	Seghetta <i>et al</i>	Journal of Cleaner Production	Life cycle assessment of macroalgal biorefinery for the production of ethanol, proteins and fertilizers a step towards a regenerative bioeconomy	2016
P66	Cambero; Sowlati	Applied Energy	Incorporating social benefits in multi-objective optimization of forest-based bioenergy and biofuel supply chains	2016
P67	Garcia <i>et al</i>	Resources, Conservation And Recycling	Evolution of palm oil mills into bio-refineries: literature review on current and potential uses of residual biomass and effluents	2016
P68	Sacramento <i>et al</i>	Chemical Engineering Research & Design	Evaluating the sustainability of biorefineries at the conceptual design stage	2016
P69	Zhang <i>et al</i>	Biofuels, Bioproducts and Biorefining	Estimation of economic impacts of cellulosic biofuel production: acomparative analysis of three biofuel pathways	2016
P70	Reeb <i>et al</i>	Bioresources	Environmental lca and financial analysis to evaluate the feasibility of bio-based sugar feedstock biomass supply globally: part 2. Application of multi-criteria decision-making analysis as a method for biomass feedstock comparisons	2016
P71	Chagas <i>et al</i>	Biofuels, Bioproducts and Biorefining	Environmental and economic impacts of different sugarcane production systems in the ethanol biorefinery	2016
P72	Assemany <i>et al</i>	Algal Research	Energy potential of algal biomass cultivated in a photobioreactor using effluent from a meat processing plant	2016

P73	Portugal; Lee	Journal of Cleaner Production	Economic and environmental benefits of waste-to-energy technologies for debris recovery in disaster-hit northeast japan	2016
P74	Manara; Zabaniotou	Waste and Biomass Valorization	Co-valorization of crude glycerol waste streams with conventional and/or renewable fuels for power generation and industrial symbiosis perspectives	2016
P75	Gargalo <i>et al</i>	Journal Of Cleaner Production	Assessing the environmental sustainability of early stage design for bioprocesses under uncertainties: an analysis of glycerol bioconversion	2016
P76	Parish <i>et al</i>	Ecosphere	Assessing multimetric aspects of sustainability: application to a bioenergy crop production system in east tennessee	2016
P77	Borah <i>et al</i>	Rsc Advances	An assessment of the potential of invasive weeds as multiple feedstocks for biofuel production	2016
P78	Rudie <i>et al</i>	Bioenergy Research	A survey of bioenergy research in forest service research and development	2016
P79	Gargalo <i>et al</i>	Biochemical Engineering Journal	A framework for techno-economic \& environmental sustainability analysis by risk assessment for conceptual process evaluation	2016
P80	Iglesias <i>et al</i>	Chemcatchem	Dehydration of xylose to furfural in alcohol media in the presence of solid acid catalysts	2016
P81	Romero <i>et al.</i>	Bioenergy Research	An olive tree pruning biorefinery for co-producing high value-added bioproducts and biofuels: economic and energy efficiency analysis	2016
P82	Verma; Suthar	Bioenergy Research	Utility of duckweeds as source of biomass energy: a review	2015
P83	Aaberg; Pommer; Nordin	Energy and Fuels	Syngas production by combined biomass gasification and in situ biogas reforming	2015
P84	Silverman;John	Journal of Agricultural and Food Chemistry	Biobased fat mimicking molecular structuring agents for medium-chain triglycerides (mcts) and other edible oils	2015
P85	Kumar <i>et al</i>	Journal of Materials Science	Polyurethanes preparation using proteins obtained from microalgae	2014
P86	Santibanez-Aguilar <i>et al</i>	Journal Of Cleaner Production	Optimal planning and site selection for distributed multiproduct biorefineries involving economic, environmental and social objectives	2014
P87	Raman <i>et al</i>	Biomass And Bioenergy	Integrating social and value dimensions into sustainability assessment of lignocellulosic biofuels	2014
P88	Marciano <i>et al</i>	Energy Policy	Factors affecting public support for forest-based biorefineries: a comparison of mill towns and the general public in Maine, USA	2014

P89	Verdugo; Lim; Rubilar	Journal of Polymers and The Environment	Electrospun protein concentrate fibers from microalgae residual biomass	2014
P90	Sukumara et al	Clean Technologies and Environmental Policy	A multidisciplinary decision support tool for evaluating multiple biorefinery conversion technologies and supply chain performance	2014
P91	Pesonen; Hamalainen	J-For-Journal of Science & Technology For Forest Products And Processes	Business opportunities for small and medium-sized enterprises in biorefinery networks	2014
P92	Maung et al	Applied Energy	The logistics of supplying single vs. Multi-crop cellulosic feedstocks to a biorefinery in southeast north dakota	2013
P93	Shi et al	Bioenergy Research	Isolation and structural characterization of lignin polymer from dendrocalamus sinicus	2013
P94	Wang et al	Journal of Polymers and The Environment	Green composites of poly (lactic acid) and sugarcane bagasse residues from bio-refinery processes	2013
P95	Gonzalez et al	International Journal of Life Cycle Assessment	Environmental life cycle assessment for rapeseed-derived biodiesel	2013
P96	Agostinho; Ortega	Journal Of Cleaner Production	Energetic-environmental assessment of a scenario for brazilian cellulosic ethanol	2013
P97	Aguilar-Rivera et al	Sugar Tech	The mexican sugarcane industry: overview, constraints, current status and long-term trends	2012
P98	Konur	Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research	The evaluation of the biorefinery research: a scientometric approach	2012
P99	Mkoma; Mabiki	Agris On-Line Papers in Economics and Informatics	Jatropha as energy potential biofuel in tanzania	2012
P100	Zhao et al	Plant Molecular Biology	Duckweed rising at chengdu: summary of the 1st international conference on duckweed application and research	2012
P101	Engel; Hein; Spiess	Biotechnology For Biofuels	Derivatization-free gel permeation chromatography elucidates enzymatic cellulose hydrolysis	2012
P102	Serrano et al	Catalysis Science \& Technology	Efficient microwave-assisted production of furfural from c-5 sugars in aqueous media catalysed by bronsted acidic ionic liquids	2012
P103	Aksoy et al	Environmental Progress and Sustainable Energy	Woody biomass and mill waste utilization opportunities in Alabama: transportation cost minimization, optimum facility location, economic feasibility, and impact	2011

P104	Nghiem et al	Applied Biochemistry And Biotechnology	Scale-up of ethanol production from winter barley by the edge (enhanced dry grind enzymatic) process in fermentors up to 300 l	2011
P105	Zhu; Yao	Bioresource Technology	Logistics system design for biomass-to-bioenergy industry with multiple types of feedstocks	2011
P106	Xiao et al	Industrial Biotechnology	Direct fermentation of triticale starch to lactic acid by <i>Rhizopus oryzae</i>	2011
P107	Cavka et al	Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology	Biorefining of wood: combined production of ethanol and xylanase from waste fiber sludge	2011
P108	Bailey; Dyer; Teeter	Biomass And Bioenergy	Assessing the rural development potential of lignocellulosic biofuels in Alabama	2011
P109	Song et al	Bioresource Technology	Annual performance analysis and comparison of pellet production integrated with an existing combined heat and power plant	2011
P110	Shastri et al	Bioenergy Research	Agent-based analysis of biomass feedstock production dynamics	2011
P111	Leduc et al	Energy	Optimal location of lignocellulosic ethanol refineries with polygeneration in Sweden	2010
P112	Wellisch et al	Biofuels Bioproducts & Biorefining-Biofpr	Biorefinery systems - potential contributors to sustainable innovation	2010
P113	Langeveld; Dixon; Jaworski	Crop Science	Development perspectives of the biobased economy: a review	2010
P114	Filho; Leal; Macambira	Biotechnology Advances	The hard choice for alternative biofuels to diesel in Brazil	2009
P115	Kwiecinska	International Sugar Journal	A snapshot of second-generation biofuels	2009
P116	Singh	Recent Patents On Biotechnology	Process optimization for biodiesel production	2008

Source: Author's elaboration.

Appendix B: Coding of documents according to the research objectives, research hypotheses and analyzed data.

Codes						References
Platform Type	Production Scale	Social impact assessment method	Social metrics	Biomass	Purposes	Authors
Thermo-Chemical Biorefineries (TCBR)	Large and Small Scale	Social Life Cycle Analysis (S-LCA)	Occupational injuries and death and toxins and occupational hazards; Child labor; Forced labor; Freedom of association and collective bargaining; salary evaluation; office hour; social benefits and social security; Equal Opportunity and Discrimination; poverty; work laws; unemployment	Multiple	Biochemical production (cellulose, lignin, and vanillin) and bioethanol	Valente; Brekke & Modahl, 2018
Lignocellulosic biochemical refineries (LCBR)	Large and Small Scale	Multi-objective linear programming,	Job creation.	Multiple	Production of biofuels and bioproducts	Santibañez-Aguilar et al., 2014
Lignocellulosic biochemical refineries (LCBR)	Big scale	Contingent evaluation.	Poverty rate; unemployment rate; race, political ideology, average property size.	Multiple	Biofuel production	Lee ge; Scott & Satish, 2017
Lignocellulosic biochemical refineries (LCBR)	Big scale	Multi-criteria decision analysis	Generation of local jobs; stakeholder training; specific knowledge of interested parties; stakeholder participation; acceptability, inclusiveness; flexibility; equity in decision-making processes; equity in the division of the profit of the product; uncertainty about news release; advertising in mass media; public trust; Tendencies.	Multiple	Biofuel production	Kokkinos et al., 2018
Thermo-Chemical Biorefineries (TCBR)	Big scale	Sustainability framework	Extension of employment; Local investment;	Panicum virgatum (switchgrass)	Production of bioethanol, methane, heat, electricity, and phenols	Sacramento-Rivero; Navarro-Pineda & Vilchiz-Bravo, 2016

Codes						References
Platform Type	Production Scale	Social impact assessment method	Social metrics	Biomass	Purposes	Authors
Lignocellulosic biochemical refineries (LCBR)	Big scale	Input-output (IO) analysis	Job creation and added income;	Maize	Production of bioethanol, animal feed, corn oil, and other feed derivatives.	Heijman W; Szabó&Veldhuizen, 2019
Conventional Biorefineries (RBC)	Big scale	Análise de ciclo de vida social (S-LCA)	Job creation; work accidents; salary profile; education profile and gender profile	Sugar cane	Bioethanol production	Souza a et al., 2018
Lignocellulosic biochemical refineries (LCBR)	Big scale	Input-output (IO) analysis	Number of regional jobs; active community.	Forest Wood	Production of isoparaffinic kerosene or aviation biofuels	Martinkus, 2019.
Lignocellulosic biochemical refineries (LCBR)	Big scale	Stated Preference Search	Net returns from maize/sorghum production; contract duration; biorefinery harvesting; availability of insurance; and government incentive payments.	Multiple	Bioenergy production	Bergtold et al., 2017
Conventional Biorefineries (RBC)	Big scale	Community Capitals Framework (CCF)	Percentage of adults who reported having fair or poor health reported physically bad days per month, and reported mentally bad days per month; Creative Vitality Index; Sum of political organizations, labor organizations, business organizations, and professional organizations	Forest Wood	Production of aviation biofuels	Martinkus, et al., 2017

Codes						References
Platform Type	Production Scale	Social impact assessment method	Social metrics	Biomass	Purposes	Authors
Conventional Biorefineries (RBC)	Big scale	Stated Preference Search	Economic insecurity family income; Education Level; reducing greenhouse gas emissions; Increase in local jobs; Increased sustainability; Increased energy independence; limits residential development on forest lands; increased economic development; Increased local air pollution; increased local water pollution; increased local noise pollution; increased competition for wood; Increased pressure for unsustainable registration; odor associated with the biorefining process;	Forest Wood	Biofuel production	Marciano, et al., 2014
Lignocellulosic biochemical refineries (LCBR)	Big scale	Multi-Objective and Multi-Period Mixed Integer Linear Programming Model (MILP)	Number of jobs created; worked hours.	Forest Wood	Bioenergy and/or biofuel production	Camero&Sowlati, 2016
Lignocellulosic biochemical refineries (LCBR)	Big scale	Bibliographic search and expert panel	Food; Water; energy; Greenhouse gas emissions; biodiversity; Water, soil, and air quality; Land use; harvest residues; technical-economic proficiency; socioeconomic justice; economic-cultural preservation;	Multiple	Biofuel production	Raman et al., 2015
Lignocellulosic biochemical refineries (LCBR)	Big scale	Game theoryanalysis	Cost; farmer participation; government incentives; supply of biomass; price	Corn husk	Biofuel production	Golecha&Gan, 2016

Codes						References
Platform Type	Production Scale	Social impact assessment method	Social metrics	Biomass	Purposes	Authors
Lignocellulosic biochemical refineries (LCBR)	Big scale	Reg Fin Dyn - Computable General Equilibrium Modeling (CGE)	Regional GDP; private consumption; job; investment; population	Forest Wood	Biofuelproduction	Karttunen, et al., 2018
Conventional Biorefineries (RBC)	Big scale	Stated Preference Search	Population; family income; Reduction of greenhouse gas emissions; increase in local jobs; increased sustainability; increased energy independence; Increased competition for wood supplies; Increased local air pollution; increased local water pollution; increased local noise pollution; increased competition for wood; Increased pressure for unsustainable registration; odor associated with the biorefining process; economic development;	Forest Wood	Biofuel production	Mcguire et al., 2017.
Lignocellulosic biochemical refineries (LCBR)	Big scale	Social Life Cycle Analysis (S-LCA)	Job; labor and management relations; Occupational health and safety; employee welfare; innovation and competitiveness; non-discrimination; basic human rights practices; community; public policy;conformity; stakeholders; customer health and safety;	Multiple	Production of biofuels, green chemicals, or food compounds	Cadena et al., 2019
Lignocellulosic biochemical refineries (LCBR)	Big scale	Protocol for participatory social impact assessments	-	Forest Wood	Biofuel production	Asah, &Baral, (2018)

Codes						References
Platform Type	Production Scale	Social impact assessment method	Social metrics	Biomass	Purposes	Authors
Lignocellulosic biochemical refineries (LCBR)	Small and Medium Scale	Multicriteria decision analysis	Financial situation; satisfaction with health; prerequisite skills (training requirements) and social status	Urine and cow dung	Bioproduct production	Joglekar, et al., 2018
Thermo-Chemical Biorefineries (TCBR)	Demonstration	Multi-criteria decision analysis	Employment as the number of full-time equivalent jobs; Family income; Work days lost due to injuries on average; lost work days per worker per year; Food security as % change in food price volatility; Depletion of non-renewable energy resources as amount of oil extracted per year (MT); Return on investment in fossil energy (fossil EROI) as proportion of the amount of fossil energy inputs to the amount of useful energy output (MJ) (adjusted for energy quality); Public opinion as a percentage of favorable opinion; Transparency as percentage of indicators for which relevant and timely performance data is reported; Effective stakeholder participation as a percentage of documented responses that address stakeholder concerns and suggestions; Catastrophic risk as an annual probability of a catastrophic event; Energy safety premium in \$/gal of biofuel; Fuel price volatility as standard deviation of monthly percentage changes in prices over 1 year; Terms of trade such as export price / import price;	Panicum virgatum (switchgrass) corn, corn husks	Bioethanol production	Parish, 2016

Codes						References
Platform Type	Production Scale	Social impact assessment method	Social metrics	Biomass	Purposes	Authors
			Dollar trade volume (net exports or balance of payments); Return on investment (ROI) as a percentage based on net investment / initial investment; Net present value (NPV) in dollars (present value of benefits less present value of costs); Profit variability			
Thermo-Chemical Biorefineries (TCBR)	Big scale	sustainability index	Location; supply chain; social innovation; labor practices; training and skills; report production; health and safety; legal aspects	Slag	Production of Microcrystalline Cellulose (MCC), Biogas, Energy	Husgafvel, 2017
Conventional Biorefineries (RBC)	Big scale	Social Life Cycle Analysis (S-LCA)	Land ownership by farmers; net income from product sales; salaries paid; Job creation; working conditions and standards	Sugar cane	Bioenergy production	Prasara et al., 2019
Lignocellulosic biochemical refineries (LCBR)	Big scale	Multi-Objective Linear Programming Model (MILP)	Toxicity	Agave bagasse	Bioethanol production by bioproducts (furfural)	Castillo-Romo, Morales-Rodriguez & Román-Matrínez, 2018

Source: Author's elaboration

Cite this article

Santos, D.S., Ianda, T.F., de Carvalho, P.P.S. et al. Multi-purpose biorefineries and their social impacts: a systematic literature review. *Environ Dev Sustain* (2023).

<https://doi.org/10.1007/s10668-023-03445-0>

Received

02 February 2023

Accepted

01 June 2023

Published

27 June 2023

DOI

<https://doi.org/10.1007/s10668-023-03445-0>

**ECONOMIA SOLIDÁRIA E O CONTROVERSO IMPACTO DA CRISE DA
CACAUICULTURA NO TERRITÓRIO LITORAL SUL DA BAHIA**

*SOLIDARY ECONOMY AND THE CONTROVERSIAL IMPACT OF THE COCOA
CULTURE CRISIS IN THE SOUTHERN COAST TERRITORY OF BAHIA*

Dayvid Souza

Santos¹Ricardo de Araújo

Kalid² Fernando Luiz

Pellegrini Pessoa³

Sócrates Jacobo Moquete Guzman⁴

RESUMO

Os indicadores sociais IDH e Índice de Gini são ferramentas de suma importância para realizar comparações e análises das evoluções dos fatores socioeconômicos. No Território Litoral Sul da Bahia (TLS), esses índices apontam uma melhora nas 26 cidades nas últimas duas décadas, contrariando a maior parte da literatura vigente, que apregoa a existência de uma crise prolongada. Nesse mesmo período, no TLS inúmeras experiências de produção coletivas emergiram, dando forma à economia solidária, trazendo consigo ideias de solidariedade, autogestão, entre outras. Este artigo apresenta uma análise envolvendo 147 empreendimentos econômicos solidários diagnosticados no TLS, nos quais as políticas sociais incidiram. O caráter metodológico da pesquisa é o dedutivo, com investigação de cunho descritivo e analítico. Os resultados apontam para existência de empreendimentos com baixo uso de tecnologias modernas no processo produtivo, gerando, dessa forma, pouca renda para os empreendimentos pesquisados.

Palavras-chave: desenvolvimento; economia solidária; Território Litoral Sul da Bahia.

ABSTRACT

The IDH and Gini Social Indicators are extremely important tools for comparing and analyzing the evolution of socioeconomic factors in the Southern Coastal Territory of Bahia (TLS). These indicators indicate an improvement in the 26 cities in the last two decades, contrary to the current literature that proclaims the existence of a protracted crisis. In this same period in the TLS countless collective production experiences emerged, giving shape and solidarity economy, bringing with its ideas of solidarity, self-management among others. Moreover, this article presents an analysis involving 147 socio-economic enterprises diagnosed in the TLS where social policies substantially affect. The methodological character of the research is the deductive, with exploratory and descriptive research. The results point to enterprises with low employment of modern technologies in the productive process, generating little income so that these experiences can cope with their costs.

Keywords: development; solidarity economy; Southern Coast Territory of Bahia.

1. INTRODUÇÃO

As políticas sociais no Território Litoral Sul da Bahia (TLS) produziram avanços extremamente significativos. Os números apresentados pelo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e pelo Índice de Gini⁹ demonstram que em duas décadas ocorreu uma evolução da renda *per capita*, da educação e da saúde combinada com a redução da concentração de renda na população do território (CERQUEIRA; JESUS, 2016; BAHIA, 2016). Para Dowbor (2015), os resultados desses índices são extremamente importantes para a compreensão e análise do desenvolvimento socioeconômico, uma vez que permitem medir a fraqueza e o potencial de um território em questão e auxiliar no direcionamento das políticas públicas. (BAHIA, 2016; CHACON, 2014).

Entretanto, são observadas na literatura produções científicas sobre os efeitos de uma doença conhecida como vassoura-de-bruxa¹⁰ na lavoura cacaeira, iniciada nos anos 1980 no TLS, os autores (COSTA, 2012; AGUIAR; DE MOURA PIRES, 2019; BAIARDI; TEIXEIRA, 2010; RANGEL; TONELLA, 2013; CHIAPETTI, 2014.) consideram em suas análises indicadores de desenvolvimento humano. Na maioria, os estudos publicados fazem análises baseados nas premissas do crescimento econômico, o qual valoriza o tamanho da economia com base em variações do Produto Interno Bruto (PIB) (NEVES, 2018; CHACON, 2014, p. 49), critério criticado por Dowbor (2015). Eles sustentam que esse indicador não permite uma visão sistêmica e em múltiplas dimensões, pois sua estrutura analítica é orientada para quantificar apenas a intensidade de uso dos recursos, não possibilitando a análise de informações das pequenas dinâmicas econômicas e sociais (CHACON, 2014, p. 49). São exemplo as organizações de produção e serviços de caráter coletivo, que surgiram nesse período de forma mais consolidada organizacionalmente e que Morais (2013) chama de *economia solidária*, definidas por ele como um fenômeno social expressivo, cujas iniciativas se baseiam nas ideias de solidariedade e antagonismo ao individualismo competitivo.

De acordo com o Plano de Desenvolvimento Territorial Sustentável Solidária (BAHIA, 2016), esses empreendimentos coletivos possibilitaram a uma parcela da população do TLS mudanças nos hábitos de produção e consumo, com valorização e preservação do meio ambiente, geração de postos de trabalho e renda e incentivo ao trabalho cooperativo e emancipador. Esses fatores, somados às políticas públicas, foram fundamentais para melhorar as informações geradas pelo IDH e pelo Índice de Gini nos últimos 20 anos, contrariando a maior parte da literatura vigente sobre o tema. Isso evidencia que a crise ficou circunscrita aos médios e grandes produtores de cacau que não conseguiram retomar a quantidade produzida até a década de 1980. De fato, esses produtores continuam com alto grau de endividamento, o que vem impossibilitando a retomada do investimento mesmo porque os custos de produção do cacau na região de Ilhéus-Itabuna para esses

⁹ É um instrumento criado pelo matemático italiano Conrado Gini, usado para medir o grau de concentração de renda. Nesse contexto, ele aponta a diferença entre os rendimentos dos mais pobres e dos mais ricos. Numericamente, varia de 0 a 1, sendo 0 – Sem concentração e 1 – Completo concentração. O coeficiente de Gini pode ser calculado por meio da Fórmula de Brown (DATASUS, 2010) (DESIGUALDADE SOCIAL, 2018).

¹⁰ Sua denominação científica é *Crinipellis pernicioso* e tem como agente causal o fungo *Moniliophthora pernicioso*, que provoca principalmente inchaço, superbrotamento nos cacaeiros e sua morte (CEPLAC, 2017).

produtores superaram as receitas (MIRA, 2013) e continuaram assim até 2017¹¹.

Nessa perspectiva, este artigo pretende refletir sobre a experiência de cidadãos brasileiros radicados no Território Litoral Sul da Bahia que buscaram outro modelo de desenvolvimento para superar os desafios gerados pela monocultura do cacau. Nesse percurso analítico-descritivo, pode-se perceber que muitas experiências da economia solidária no território em questão são desenvolvidas com suas peculiaridades.

Nesse sentido, este artigo está estruturado da seguinte forma: uma análise da realidade socioeconômica com base em dados do IDH e do Índice de Gini do TLS da Bahia; na segunda seção, pretende-se apresentar o surgimento da economia solidária no território e sua interface com as políticas públicas de desenvolvimento territorial; no terceiro momento é apresentada a metodologia utilizada para a construção da análise dos empreendimentos; já a quarta seção se refere à interpretação dos dados concernentes à pesquisa realizada nos 147 empreendimentos econômicos solidários diagnosticados no TLS, principalmente com as definições referenciadas que dão suporte teórico a esta abordagem; por fim, na quinta seção, são apresentadas algumas considerações elaboradas com base nos dados coletados e analisados.

2. ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO ÍNDICE DE GINI E DO IDH DO TLS

O Território Litoral Sul da Bahia (TLS) foi criado por meio do projeto de lei n.º 12.638, de 10 de janeiro de 2013, e abrange uma área de aproximadamente 15 mil km², o que corresponde a 2,6% do território estadual, sendo que 26 municípios compõem este território (BAHIA, 2016). Nessa região, a falência dos grandes produtores de cacau, provocada pela infestação da praga vassoura-de-bruxa, possibilitou a desestruturação do poder político dos “coronéis”, que se utilizavam de modos de produção quase escravocratas. Esse fator impactou diretamente as médias e grandes propriedades, que diminuíram significativamente sua produção (COSTA, 2012).

Porém, a tese de que os municípios do TLS vivem uma estagnação econômica desde o início da década de 1990 até a atualidade como reflexo da crise do cacau na microrregião Ilhéus-Itabuna e em grande parte da mesorregião do Sul Baiano não parece se sustentar. De fato, embora abrangendo um período um pouco menor, Mira (2013) calcula que

Entre os anos comparados (2009-1999), o IPCA teve uma variação acumulada da ordem de 90% enquanto o PIB dos municípios da microrregião Ilhéus-Itabuna cresceram, em média, 214%. Estes resultados, inclusive, se repetem em toda a mesorregião sulbaiano. (MIRA, 2013, p. 85).

Como a economia depende da produção do cacau em amêndoas para garantir a subsistência da população, ex-trabalhadores rurais adquiriram, por meio da reforma agrária, 142 mil hectares de terra dos antigos proprietários que detinham áreas acima de 300 hectares (BAHIA, 2016; BRASIL, 2015a). Esse acontecimento possibilitou uma desconcentração fundiária no TLS, redistribuindo a terra entre os que atuam na cadeia do cacau, segundo o

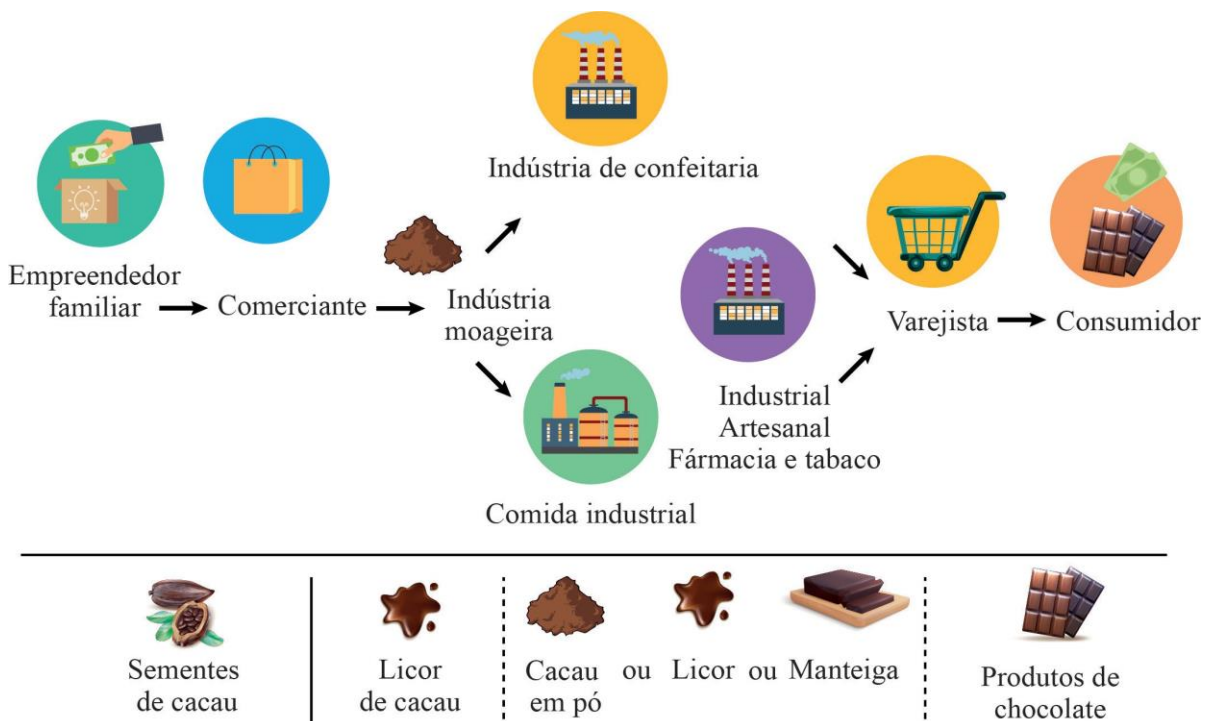
¹¹Sobre esse assunto, ver artigo “Cacau: Custos de produção passam de R\$ 106 por arroba”, disponível em: <http://mercadocacau.com/artigo/cacau-custos-de-producao-passam-de-r-106-por-arroba>. Acesso em: 27 maio 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), da seguinte forma: pequenos estabelecimentos rurais (de 10 a 50 hectares), representando 37% dos imóveis rurais, seguidos dos minifúndios (com área menor do que o módulo fiscal regional de 20 hectares), com 27% dos estabelecimentos rurais.

Com a produção de aproximadamente 40 mil toneladas de cacau em amêndoas por ano, 64% destas oriundas de pequenas propriedades (SIDRA, 2018; SILVA *et al.*, 2017), os empreendimentos familiares pugnaram por rearticular o comércio de cacau do TLS. De fato, até chegar a ser comercializado o produto sofre beneficiamento nas áreas rurais (quebra, fermentação e secagem das amêndoas) (UNCTAD, 2016) e é vendido para atravessadores, que o comercializa para as indústrias moageiras.

Nas moageiras, a amêndoa seca pode seguir dois caminhos: 1) a indústria de confeitaria ou 2) a indústria de alimentos. Trilhando a primeira rota, a amêndoa vai para a indústria de confeitaria, em seguida para o mercado varejista e daí ao consumidor final. Pela segunda rota, a amêndoa passa pela indústria de confeitaria, de fármacos e tabacos antes de ir ao varejo, até chegar à última etapa, que é o consumo final (COUTO, 2011), conforme Figura 1.

Dentre os produtos intermediários que podem ser obtidos do processamento do cacau destacam-se quatro: o *liquor*, a manteiga, o *cake* e o pó de cacau (UNCTAD, 2016).



Fonte: Couto (2011).

Simultaneamente, ocorreu uma diversificação da produção do TLS no período de 1990 a 2009, a exemplo da produção de banana, que saltou de 30 toneladas mil para 31 mil; de coco, que aumentou de sete mil toneladas para 42 mil, e de café, que obteve uma ampliação de mil toneladas para seis mil (CERQUEIRA; JESUS, 2016). Entre os empreendedores familiares do TLS, o comércio predominante é o da amêndoa de cacau (SILVA *et al.*, 2015). Esse produto tem uma demanda significativa na indústria de chocolates e derivados, porém tem baixo valor agregado (COUTO, 2011; FONTES, 2013;

SILVA *et al.*, 2015). Mas, mesmo com pouca agregação de valor, o fato de a terra e a renda estarem melhor distribuídas tem reflexo positivo no TLS.

Recentemente, empreendimentos solidários têm se esforçado para produzir chocolate, bebidas e outros derivados do cacau. Essas iniciativas segundo Prezotto *apud* Lima e Wilkinson (2002), agregam valor ao produto, aumentam a renda do produtor e ampliam a arrecadação de impostos por parte do estado e de municípios.

No entanto Silva e Carneiro (2014) pontuam que os empreendedores solidários têm as mesmas dificuldades que as pequenas empresas, já que suas estruturas produtivas são similares, com baixo padrão tecnológico, com pequena escala de produção, sem dispor de condições financeiras para modernização, além de dependerem de atravessadores, salvo algumas exceções. No TLS, esses empreendimentos apresentam grande diversidade, contendo experiências com alto grau de precariedade e outras mais estruturadas.

Um exemplo de empreendimento mais bem estruturado é a Cooperativa de Desenvolvimento Sustentável da Agricultura Familiar do Sul da Bahia (Coofasulba), que conta com 42 associações a ela vinculadas e 298 agricultores cooperados. Esse empreendimento realizou transações comerciais entre 2006 a 2015 no valor de R\$ 3,7 milhões de reais, conforme Tabela 1, exclusivamente para o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), criado em 2 de julho de 2003 pelo Governo Federal (SANTANA, 2013; BRASIL, 2003). A cooperativa destinou seus produtos para aproximadamente 31 instituições do TLS, e mais de 400 famílias receberam seus *kits* (cesta com produtos agrícolas produzidos pelos associados) quinzenalmente (CEPLAC, 2013). Apesar de ser uma iniciativa positiva que deve ser mantida, os produtos comercializados têm baixo valor agregado, pois são alimentos *in natura* ou com beneficiamento primário.

TABELA 1 – VALORES COMERCIALIZADOS PELA COOFASULBA POR MEIO DO PROGRAMA DE AQUISIÇÃO DE ALIMENTOS (PAA)

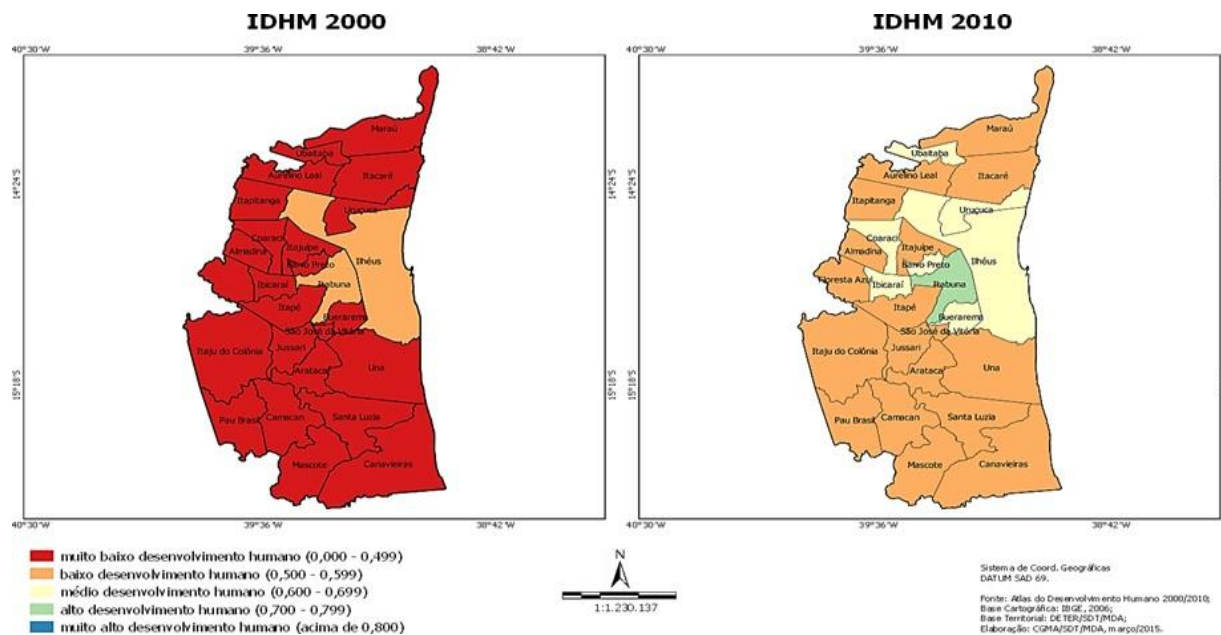
ANO	VALOR / (R\$)
2006	80 504,50
2007	291 536,28
2008	510 263,04
2009	556 549,30
2010	–
2011	229 449,00
2012	1 091 800,00
2013	–
2014	–
2015	910 610,03

Fonte: Elaboração própria, com base em Conab (2015) e Santana (2013).

Outra situação pode ser observada na Cooperativa de Produção Agropecuária Construindo o Sul (Cooprasul), situada no assentamento Terra Vista, município de Arataca/BA, que transforma 60% das frutas em polpa e 40% em doces e geleias para o consumo das famílias cooperadas e para venda externa. Desses produtos, 40% são comercializados por meio do PAA (CAMPOS *et. al.* 2018). Apesar de a cooperativa buscar industrializar os frutos, a produção ainda não é economicamente significativa para modificar o perfil produtivo de produtos de baixo valor agregado no TLS.

Dessa forma, apesar da dita “crise cacaueteira”, Rangel e Tonella (2013) explicitam que as políticas sociais funcionaram como uma resposta a favor da inclusão social, com observáveis melhorias nas condições de vida da população do TLS. A Figura 2 mostra dados do IDH¹², de acordo com o qual todos os municípios do TLS melhoraram seu índice.

FIGURA 2 – ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO DO TLS (2000-2010)



Fonte: BRASIL, 2015a.

¹² O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma medida resumida do progresso em longo prazo de três dimensões básicas do desenvolvimento humano: renda, educação e saúde. Seu cálculo é feito inferindo a média geométrica dos três índices das respectivas dimensões, ou seja, seu valor resulta da seguinte fórmula: $IDH = \sqrt[3]{(I_{Vida} \times I_{Educação} \times I_{Rendimento})}$ (PNUD, 2013, 2018).

Na Tabela 2, é possível observar que no período 1991-2010 o IDH desses municípios aumentou, como em Barro Preto (de 0,226 para 0,662), Mascote (de 0,208 para 0,581) e Maraú (de 0,224 para 0,593). Isso representa uma variação de 166%, 179% e 143%, respectivamente. Esses foram os três municípios que apresentaram as maiores variações de IDH. Já o município de Floresta Azul apresentou a menor variação dentre os municípios avaliados, com exceção do período 1991-2000, em que a cidade de Coaraci expressou a menor variação.

A cidade de Itabuna, apesar de ter apresentado a menor variação do IDH, ou seja, 57% no período 1991-2010, obteve o melhor índice entre os municípios nos respectivos censos, com IDH de 0,453, 0,581 e 0,712, ficando com o melhor IDH entre as cidades do TLS no período estudado. A cidade de Ilhéus também apresentou significativo aumento nos decênios estudados, com crescimento no IDH de 0,389 para 0,521, alcançando 0,690 nos respectivos períodos censitários de 1991, 2000 e 2010 e mantendo-se em segundo lugar em todos os anos. Em relação à variação, a cidade de Ilhéus obteve a quinta menor variação, com 77% no período 2010-1991 (BAHIA, 2015).

TABELA 2 – ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO DOS MUNICÍPIOS DO TLS DA BAHIA EM 1991, 2000 E 2010

Município	Anos			Variação do IDH entre anos			Posição do município em relação à variação do IDH		
	1991	2000	2010	2000 a 1991	2010 a 2000	2010 a 1991	2000 a 1991	2010 a 2000	2010 a 1991
Barro Preto	0,226	0,421	0,602	0,195	0,181	0,376	1	10	1
Mascote	0,208	0,356	0,581	0,148	0,225	0,373	5	2	2
Marauí	0,244	0,354	0,593	0,110	0,239	0,349	22	1	3
Uruçuca	0,269	0,438	0,616	0,169	0,178	0,347	3	13	4
Itacaré	0,241	0,384	0,583	0,143	0,199	0,342	7	4	5
Itapé	0,263	0,448	0,599	0,185	0,151	0,336	2	20	6
Pau-Brasil	0,259	0,401	0,583	0,142	0,182	0,324	8	9	7
Itaju do Colônia	0,270	0,431	0,592	0,161	0,161	0,322	4	18	8
Arataca	0,247	0,372	0,559	0,125	0,187	0,312	14	7	9
Santa Luzia	0,249	0,378	0,556	0,129	0,178	0,307	10	12	10
Aurelino Leal	0,263	0,365	0,568	0,102	0,203	0,305	25	3	11
Buerarema	0,309	0,420	0,613	0,111	0,193	0,304	21	6	12
Almadina	0,261	0,405	0,563	0,144	0,158	0,302	6	19	13
Una	0,259	0,366	0,560	0,107	0,194	0,301	24	5	14
Ilhéus	0,389	0,521	0,690	0,132	0,169	0,301	9	16	15
São José da Vitória	0,246	0,361	0,546	0,115	0,185	0,300	18	8	16
Ubaítaba	0,316	0,434	0,611	0,118	0,177	0,295	17	14	17
Ibicaraí	0,334	0,449	0,625	0,115	0,176	0,291	19	15	18
Bahia	0,386	0,512	0,660	0,126	0,148	0,274	13	22	19
Canavieiras	0,318	0,439	0,590	0,121	0,151	0,272	16	21	20
Jussari	0,299	0,426	0,567	0,127	0,141	0,268	12	24	21
Camacã	0,316	0,441	0,581	0,125	0,140	0,265	15	25	22
Itajuípe	0,338	0,451	0,599	0,113	0,148	0,261	20	23	23
Coaraci	0,354	0,433	0,613	0,079	0,180	0,259	27	11	24
Itabuna	0,453	0,581	0,712	0,128	0,131	0,259	11	26	25
Itapitanga	0,325	0,409	0,571	0,084	0,162	0,246	26	17	26
Floresta Azul	0,347	0,454	0,557	0,107	0,103	0,210	23	27	27

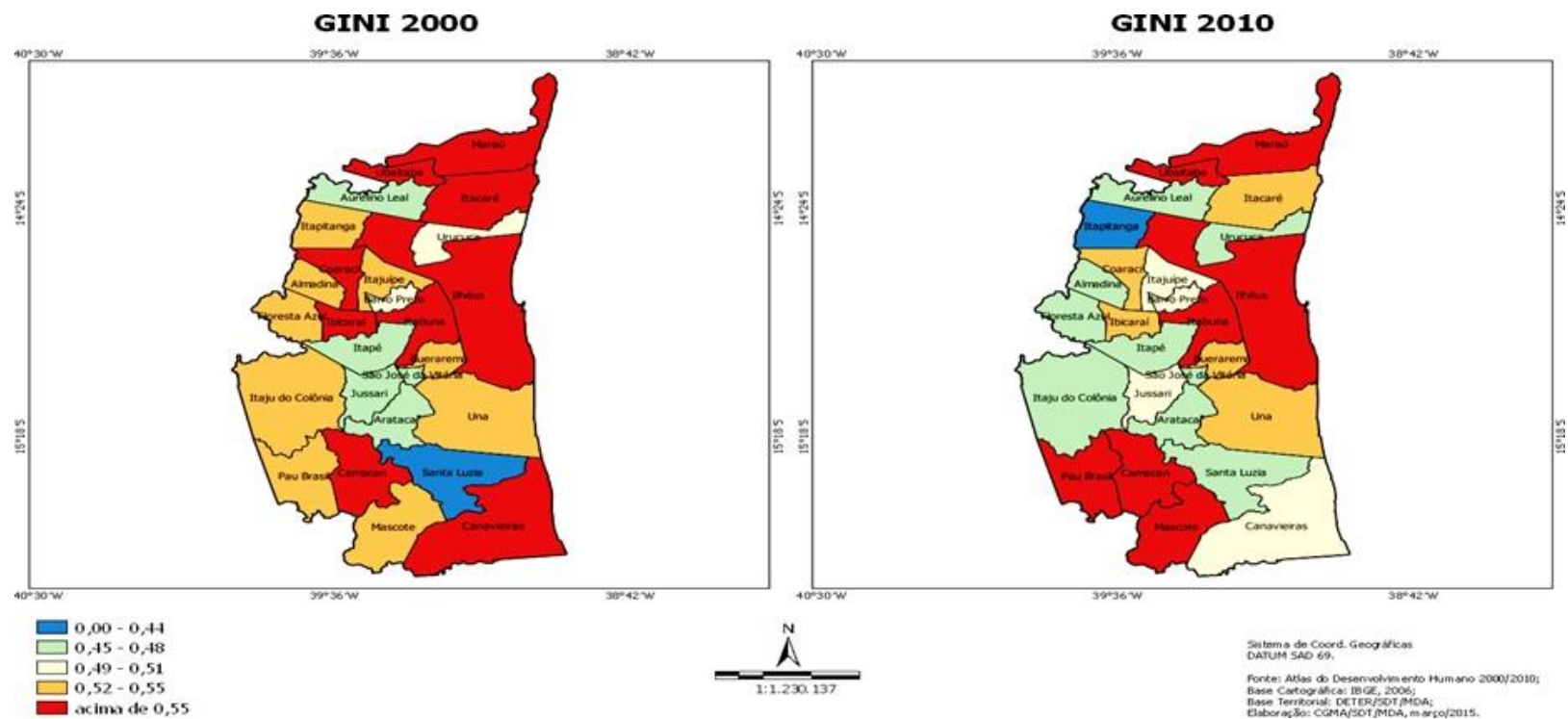
Fonte: ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL, 2013.

Na Figura 3 e na Tabela 3, a seguir, é possível observar o progresso de alguns municípios do TLS da Bahia, avaliado com base no Índice de Gini, entre os anos de 1991 e 2010. Na maioria dos municípios do TLS melhorou a distribuição de renda, comprovada pela diminuição da média do Índice de Gini. A quantidade de municípios que teve uma melhora distribuição de uma avaliação da outra também foi sempre acima dos 60%. Ou seja, no TLS o Índice de Gini diminuiu, pois houve melhor distribuição de renda na região.

A melhor distribuição de renda entre 1991 e 2010 pode ser atribuída às políticas sociais implementadas no país, as quais ajudaram as populações mais carentes a obterem algum tipo de renda, a exemplo do Programa Bolsa Família, do Governo Federal, que em 2011 beneficiou cerca 18% da população total da microrregião Ilhéus/Itabuna, ou 141 mil pessoas (IPEADATA, 2012). Além disso, o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) concedeu aproximadamente 106 milhões de reais em financiamentos para a pecuária e a agricultura familiar no território (BCB, 2012), e em 2010 a Previdência Social concedeu ao TLS 109 mil benefícios: uma média de 4.2 mil benefícios por município, totalizando R\$ 803 milhões por ano (RIBEIRO *et al.*, 2018).

Em face desses fatos, o discurso disseminado no TLS de que existe uma crise, estagnada ou crescente desde os piores cenários com a praga vassoura-de-bruxa, é inconsistente. O lucro dos médios e grandes produtores do cacau do TLS diminuiu, mas os indicadores sociais (IDH e Índice de Gini) da região melhoraram, ou seja, se há uma crise ela ocorre na parcela da sociedade proprietária de grandes extensões de terra, uma vez que no restante da população houve avanços sociais significativos.

FIGURA 3 – ÍNDICE DE GINI TLS (2000-2010)



Fonte: BRASIL, 2015a.

TABELA 3 – ÍNDICE DE GINI DO RENDIMENTO MÉDIO MENSAL DOMICILIAR PER CAPITA NOS MUNICÍPIOS DO TLS

MUNICÍPIOS DO TLS	Índice de Gini dos anos			Varição	Varição	Varição
	1991	2000	2010	2000 a 1991	2010 a 2000	2010 a 1991
Almadina	0,514	0,520	0,534	0,006	0,014	0,020
Arataca	0,510	0,479	0,526	-0,031	0,047	0,016
Aurelino Leal	0,547	0,502	0,533	-0,045	0,031	-0,014
Barro Preto	0,441	0,496	0,513	0,055	0,017	0,072
Buerarema	0,605	0,545	0,524	-0,060	-0,021	-0,081
Camacan	0,694	0,627	0,566	-0,067	-0,061	-0,128
Canavieiras	0,560	0,603	0,490	0,043	-0,113	-0,070
Coaraci	0,626	0,598	0,548	-0,028	-0,050	-0,078
Floresta Azul	0,562	0,549	0,469	-0,013	-0,080	-0,093
Ibicaraí	0,638	0,615	0,549	-0,023	-0,066	-0,089
Ilhéus	0,641	0,642	0,589	0,001	-0,053	-0,052
Itabuna	0,698	0,628	0,576	-0,070	-0,052	-0,122
Itacaré	0,628	0,612	0,556	-0,016	-0,056	-0,072
Itaju do Colônia	0,496	0,551	0,483	0,055	-0,068	-0,013
Itajuípe	0,615	0,576	0,507	-0,039	-0,069	-0,108
Itapé	0,537	0,478	0,480	-0,059	0,002	-0,057
Itapitanga	0,625	0,555	0,445	-0,070	-0,110	-0,180
Jussari	0,488	0,478	0,526	-0,010	0,048	0,038
Maraú	0,621	0,703	0,728	0,082	0,025	0,107
Mascote	0,577	0,553	0,605	-0,024	0,052	0,028
Pau-Brasil	0,535	0,560	0,569	0,025	0,009	0,034
Santa Luzia	0,520	0,427	0,500	-0,093	0,073	-0,020
São José da Vitória	0,465	0,475	0,461	0,010	-0,014	-0,004
Ubaitaba	0,655	0,571	0,564	-0,084	-0,007	-0,091
Una	0,532	0,567	0,519	0,035	-0,048	-0,013
Uruçuca	0,517	0,515	0,494	-0,002	-0,021	-0,023
Média	0,571	0,555	0,533	-0,016	-0,022	-0,038
Decréscimo médio nos quais o índice de Gini diminuiu				-0,043	-0,056	-0,069
Quantidade de municípios do TLS nos quais o índice de Gini diminuiu				17	16	19
Quantidade relativa de municípios do TLS nos quais o índice de Gini diminuiu / %				65	62	73
Acréscimo médio nos quais o índice de Gini aumentou				0,03	0,03	0,04
Quantidade de municípios do TLS nos quais o índice de Gini aumentou				5	2	5
Quantidade relativa de municípios do TLS nos quais o índice de Gini aumentou / %				9	10	7
Quantidade relativa de municípios do TLS nos quais o índice de Gini aumentou / %				35	38	27

Fonte: Elaboração própria, com base em Bahia (2016).

3. A ECONOMIA SOLIDÁRIA E AS POLÍTICAS SOCIAIS DO TLS

No TLS, desde a suposta crise até a atualidade os trabalhadores buscaram construir outro modelo de desenvolvimento. Os setores mais vulneráveis socioeconomicamente do território passaram a se organizar por meio de experiências coletivas de produção, como cooperativistas, associativas, microempresas, pequenos negócios familiares, entre outros, dando origem a empreendimentos econômicos solidários (BAHIA, 2016).

Segundo Oliveira *et al.* (2013), essas organizações são conceitualmente consideradas como de economia solidária e emergem como uma possibilidade de geração de renda, inclusão e mudança social, nas quais o determinante é repartir os ganhos obtidos com aqueles que exercem o trabalho. Já Utting (2015) ressalta que a economia solidária tem três características fundantes: 1) os objetivos econômicos e sociais não são ambíguos; 2) envolvem graus e formas diferentes de relações de cooperação, associação e solidariedade entre trabalhadores, produtores e consumidores; e 3) praticam democracia e autogestão no local de trabalho.

Giovanni (2020) avalia que as características apresentadas por Utting (2015) permitem destacar o caráter transformador da economia solidária, porém Moraes e Bacic (2019) entendem que para a economia solidária se consolidar como ecossistema inovador capaz de se emancipar e se transformar em um vetor promotor do desenvolvimento econômico e social é necessário investimento para estruturar processos tecnológicos e inovadores.

Entretanto, Lee (2019) ressalta que mesmo tendo baixa capacidade estrutural a economia solidária tem alto potencial para contribuir com o desenvolvimento local, territorial e conseguir avanços socioeconômicos.

Dessa forma, Fuini (2014) explicita que a crescente presença dessas múltiplas formas de organizações no TLS, sobretudo pela ressignificação do trabalho, foi fundamental para desencadear um processo de questionamentos do papel do Estado no planejamento e no desenvolvimento territorial.

Para Perico (2009), essas reivindicações possibilitaram a constituição de políticas públicas correspondentes às demandas sociais e o fortalecimento de processos de desenvolvimento socioeconômicos endógenos, pois os investimentos públicos feitos por meio desses instrumentos aumentaram a cobertura social do Estado no TLS, conforme explicitam Araújo (2000), Becker (2009) e Silva e Silva (2003).

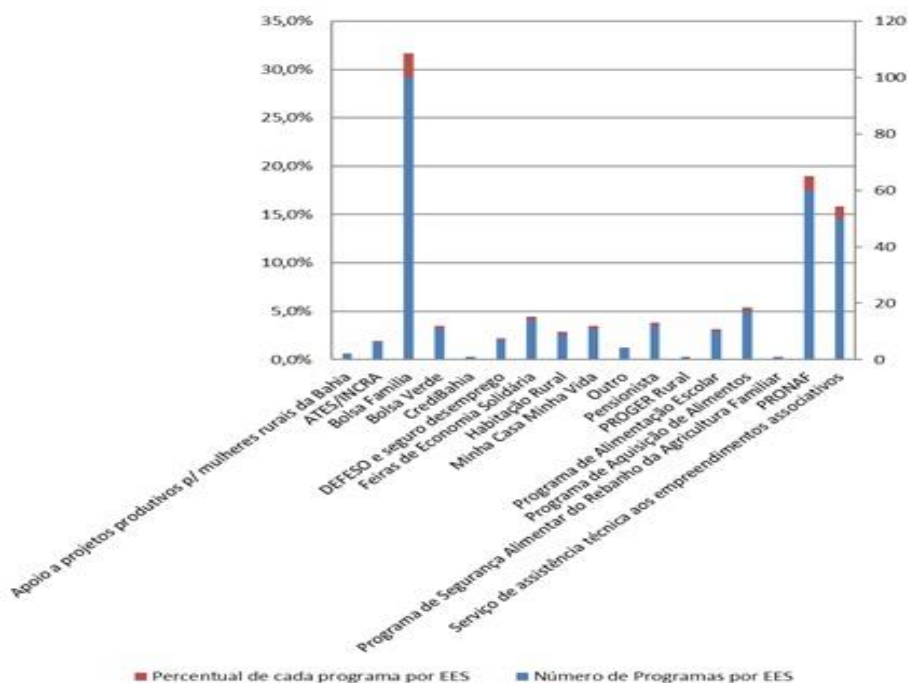
Dessa forma, as políticas de promoção social desenvolvidas no TLS, conforme Figura 3, melhoraram as condições de vida da população mais carente e, conseqüentemente, criaram um ambiente para a subsistência de organizações econômicas, cuja base de produção é o trabalho coletivo, como mostra o IDH na Tabela 2, além de distribuir renda conforme mostra Índice de Gini na Tabela 3.

Entretanto, essas políticas se mostraram insuficientes para que ocorra um fluxo contínuo de desenvolvimento da economia solidária, já que elas não têm caráter de desenvolvimento estruturante e pouco tem contribuído para suprir as necessidades dos empreendimentos da economia solidária no TLS (BECKER; ANJOS; CALDAS, 2009), conforme Figura 4.

Por outro lado, uma vez aplicados investimentos públicos de forma a promover

mudanças estruturais, espera-se que estes proporcionem um processo de engendramento civilizatório e racional, numa perspectiva de diminuir as diferenças sociais e territoriais, garantindo a sustentabilidade e menor dependência do Estado provedor, dessa forma o desenvolvimento terá uma perspectiva para além do crescimento econômico (ROCHA, 2015).

FIGURA 4 – POLÍTICAS PÚBLICAS RECEBIDAS PELOS EES NO TLS



Fonte: Elaboração própria, com base em BAHIA (2017).

4. METODOLOGIA

Esta pesquisa busca evidenciar com maior exatidão o que está ocorrendo no TLS da Bahia por meio da análise das características socioeconômicas dos grupos de indivíduos, bem como procura desvendar a relação entre eventos.

Para tal, o método utilizado é o dedutivo, que pressupõe a razão como única forma de chegar ao conhecimento verdadeiro, combinando meios de verificação com base em uma abordagem analítica e descritiva, de modo a entender o comportamento dos empreendimentos na realidade em que estão inseridos (GIL, 2008).

Para compreender as lacunas existentes e aprimorar o conhecimento com novas investigações, esta pesquisa utiliza técnicas de análise bibliográfica e de descrição dos fatos e fenômenos característicos da realidade, portanto, é considerada exploratória e descritiva (GIL, 2008).

Para Lakatos e Marconi (2003), quando se estabelece uma conexão da metodologia exploratória com a descritiva, possibilita-se uma narrativa na qual a compreensão dos eventos fica mais próxima da realidade.

A determinação da amostra da pesquisa, em termos qualitativos, foi obtida com

base em parâmetros do Ministério do Trabalho (BRASIL, 2015b), pelos quais pertencem à economia solidária. Já a coleta de dados ocorreu por meio de pesquisa de campo realizada com base em um questionário, abrangendo questões abertas e de múltiplas respostas. Quantitativamente, a amostra pesquisada abrangeu o universo total de 100% dos 147 empreendimentos econômicos solidários acompanhados pelo Centro Público de Economia Solidária do Litoral Sul da Bahia, nos 26 municípios do TLS da Bahia, distribuídos conforme Tabela 4.

As informações obtidas passaram por uma sistematização e organização por meio de análise descritiva e comparativa. Segundo Gerhardt e Silveira (2009), na primeira se realiza uma síntese das informações e na segunda se verificam diferenças e similaridades de indivíduos. Os dados foram compilados em um gráfico tipo radar (Figura 4) descrito por Ornstein (1989) como um procedimento original para expressar e comparar o desempenho de atividades econômicas. De acordo com os autores Rebollo (1991) e Ornstein (1989) o Gráfico Radar representa um método positivo, e por isso garante vantagens frente a outros instrumentos de análise similares, como a Matriz de Ansoff, o Gráfico BCG e o Gráfico GE/Mckinsey.

Dessa forma, por ser possível representar as inúmeras variáveis com dimensões e escalas diferentes em um único gráfico, o Radar será adotado como forma de interpretar o objetivo proposto.

TABELA 4 – QUANTIDADE DE EMPREENDIMENTOS ECONÔMICOS SOLIDÁRIOS NOS MUNICÍPIOS PESQUISADOS DO TLS

MUNICÍPIOS	QUANTIDADE	QUANTIDADE RELATIVA/%
Itapé	2	1,4
Almadina	1	0,7
Arataca	1	0,7
Aurelino Leal	3	2,0
Barro Preto	2	1,4
Buerarema	7	4,8
Camacã	4	2,7
Canavieiras	11	7,5
Coaraci	3	2,0
Floresta Azul	8	5,4
Ibicaraí	6	4,1
Ilhéus	15	10,2
São José da Vitória	1	0,7
Itabuna	22	15,0
Itacaré	14	9,5
Itaju do Colônia	5	3,4
Itajuípe	4	2,7
Itapitanga	2	1,4
Jussari	2	1,4
Maraú	6	4,1
Mascote	4	2,7
Pau Brasil	5	3,4
Santa Luzia	5	3,4
Ubaítaba	4	2,7
Una	4	2,7
Uruçuca	6	4,1
TOTAL	147	100,0

Fonte: Elaboração própria, com base em BAHIA (2018).

5. RESULTADOS

Ao dividir a análise do Gráfico Radar (Figura 5) em dois blocos de dez variáveis, é possível compreender melhor os dados. No primeiro bloco, é observado que três itens se destacam com os maiores percentuais: a formalização dos empreendimentos (84%); a produção de matéria-prima pelos empreendimentos, (73%) e a venda da produção (74%).

Pode-se considerar que 84% dos empreendimentos formalizados é um número significativo, pois permite realizar parcerias com outros modelos de sociedades jurídicas, seja para pesquisa, seja para outros fins econômicos – ou não. Já os investimentos realizados pelos empreendimentos com recursos oriundos de empréstimos e fundos não

reembolsáveis chegam a 12%, sendo um possível limitante para o avanço econômico, científico, tecnológico e produtivo dos mesmos – contudo, foi observado que 84% dos investimentos são feitos por meio de doações dos próprios sócios ou de terceiros.

Com relação à participação em rede, os responsáveis pelos 16% dos empreendimentos relataram ter algum envolvimento nela, demonstrando que preferem desenvolver iniciativas de cunho individual, acarretando um possível aumento de custo ao produto. Por outro lado, 74% dos EES vendem seus produtos e/ou serviços para o mercado; embora esses produtos ou serviços comercializados tenham pouco valor agregado. Por outro lado, a produção da matéria-prima realizada pelos próprios empreendimentos é significativa (60%). Contudo, apenas 30% dos empreendimentos conseguem remunerar seus sócios.

No bloco 2 observamos outras fragilidades, sobretudo a financeira, pois apenas 14% dos empreendimentos pesquisados conseguem remunerar seus sócios com valores superiores a um salário mínimo. Isso é corroborado pela baixa capacidade produtiva e tecnológica. Portanto, pode-se deduzir que, apesar de seu alto percentual de comercialização e formalização, esses empreendimentos não dispõem de tecnologia para aumentar a produtividade do trabalho e contribuir no aumento de renda das famílias. Outro fator de impacto é o fato de que em apenas 5% dos empreendimentos seus responsáveis sabem qual é a quantidade mínima a ser produzida e 5% informarem que têm reservas para a manutenção das máquinas. Provavelmente, essa condição está vinculada também à sua baixa capacidade financeira e a sua falta de conhecimento sobre planejamento financeiro.

Com relação aos apoiadores dos empreendimentos no TLS, 12% relataram que o Governo do Estado da Bahia está entre um dos principais. Não obstante, 49% não informaram na etapa de coleta de dados quem os apoia. Assim, é possível entender que parte desses empreendimentos não tem nenhum tipo de apoio.

Além disso, 17% dos sócios relataram que o empreendimento funciona como um complemento de renda e não como a fonte principal. Já no tocante à comercialização, em apenas 20% dos empreendimentos os responsáveis informaram que têm facilidade de comercializar, mesmo 74% comercializando, como visto no Bloco 1. É importante ressaltar que 72% desse comércio é realizado no próprio território. Entretanto, o agravante é que, mesmo comercializando, apenas 17% dos sócios têm algum direito social, benefícios ou garantias. Por outro lado, 57% dos sócios informaram que têm alguma experiência no ramo da atividade em execução. Contudo, é preciso combinar maior apoio institucional para aumentar a capacidade desses empreendimentos de buscar melhorias de suas condições socioeconômicas, uma vez que essas experiências são altamente dependentes dos contextos locais.

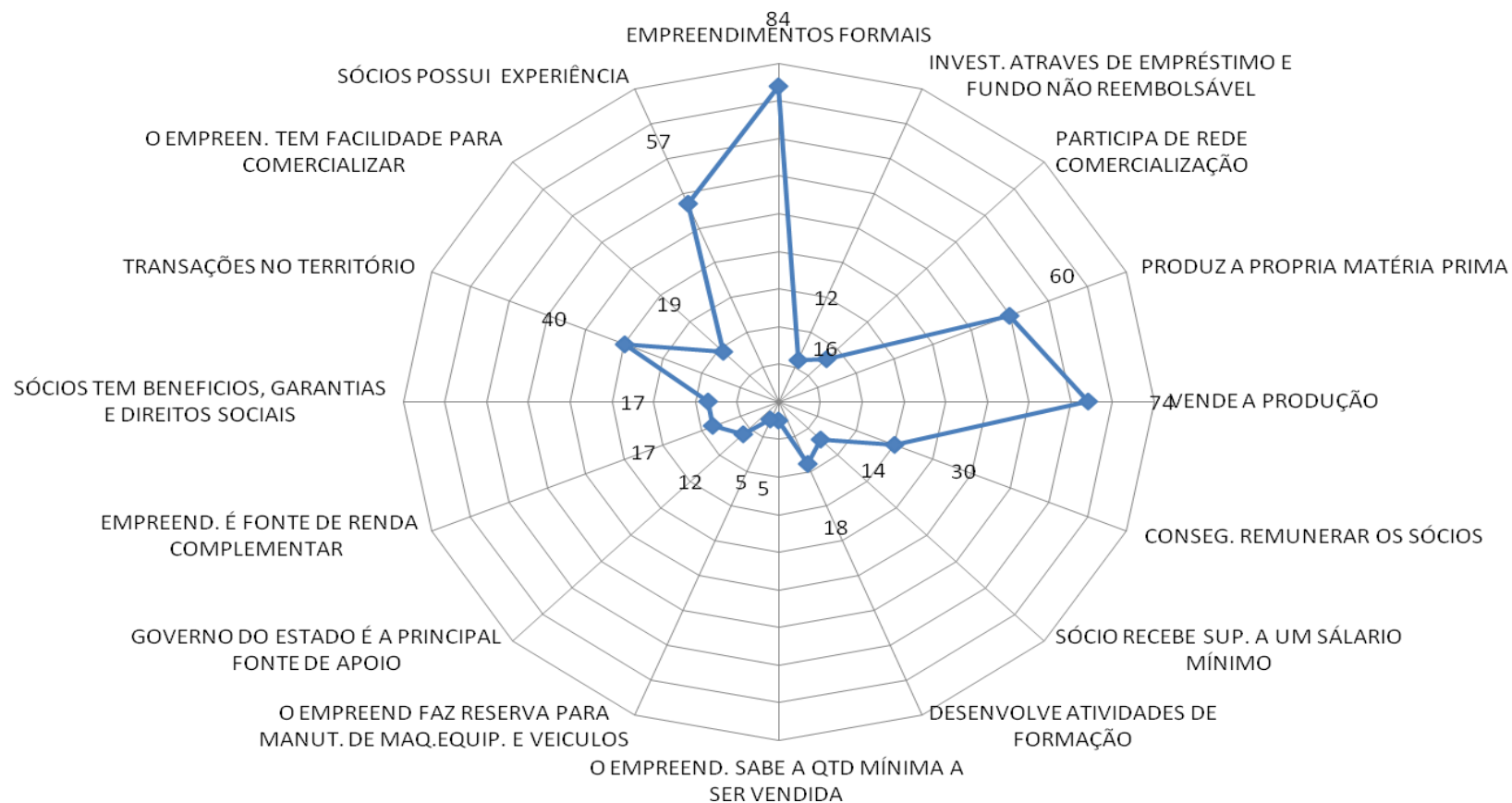
A origem desses fatores pode estar na falta de investimento de cunho estruturante, que impede os empreendimentos estudados de se modernizarem econômica, social, cultural e tecnologicamente, por isso a comercialização é feita de produtos basicamente *in natura* e de baixo valor agregado.

No entanto, de acordo com Lee (2019), mesmo que esses empreendimentos sejam caracterizados por pequena escala de produção e pouca tecnificação, realizam grande integração econômica e territorial com vistas a superar o desequilíbrio na distribuição da riqueza e o aumento do desemprego, por meio da organização de cooperativas, associações e outros modelos institucionais coletivos, abrindo caminhos alternativos que contribuem para os avanços sociais, conforme apresentado na Tabela 2 (IDH) e Tabela 3

(Gini).

Na Figura 5, é possível verificar a disposição dos dados que compõem as características dos EES do TLS da Bahia, em um cenário de ascensão social e econômica.

FIGURA 5 – GRÁFICO RADAR DAS CARACTERÍSTICAS DOS EMPREENDIMENTOS ECONÔMICOS SOLIDÁRIOS NOS MUNICÍPIOS DO TLS PESQUISADOS



Fonte: Elaboração própria

6. CONCLUSÃO

Com base em um conjunto de práticas derivadas das políticas públicas no TLS, foi possível provocar melhorias no IDH e no Índice de Gini de todas as cidades que o compõem, além de fortalecer o potencial endógeno do território na capacidade de promoção do próprio processo de desenvolvimento. Essas ações possibilitaram ainda a ampliação de dinâmicas socioprodutivas locais por meio de empreendimentos econômicos solidários, que impulsionaram as diversas formas de reprodução econômica e social, conforme observados nas tabelas 2 e 3.

Por outro lado, são visíveis no TLS processos produtivos rudimentares, sem uso de modernas tecnologias e sem estarem integrados a unidades agroindustriais ou a algum centro de pesquisa, o que os impossibilita de gerar condições para um desenvolvimento sustentado, com condições de suplantarem o baixo valor agregado dos produtos comercializados, conforme visto na Figura 5.

Isso pode ser entendido por meio da história da região do TLS, na qual a economia solidária tem sido conduzida de forma marginalizada e precária, tanto em termos jurídicos como econômicos e sociais, por conta da condição “coronelistas” e “elitistas” que povoa a região até os dias atuais.

Para alterar a realidade, é necessário um redirecionamento das políticas públicas de fomento, uma vez que os empreendimentos precisam buscar meios de sobreviver no mercado em que atuam por meio da inovação dos produtos, do processo produtivo e dos meios de comercialização. Esses elementos não são contraditórios conceitualmente com os princípios da economia solidária, pois possibilitam intensificar a ampliação da produtividade e de rendimentos.

É preciso ainda persistir na formação de novos arranjos e dispositivos institucionais inovadores para que, por meio deles, seja possível o desenvolvimento de outra economia que valorize a diversificação da produção, realce os efeitos positivos na conservação do meio ambiente e sirva como um elemento estratégico para a formulação de uma agenda renovada em matéria de desenvolvimento territorial.

Para isso, é necessário uma mudança de paradigma de cunho técnico-econômico das iniciativas governamentais que possibilite aos empreendimentos do TLS inovações com agregação de valor não apenas na tecnologia, mas também no tecido social e econômico, permitindo que os indicadores de desenvolvimento humano continuem avançando de forma positiva. Isso inclui apoio ao desenvolvimento de novos produtos e processos, investimento nas atividades de penetração de novos mercados, como também a exploração de uma nova fonte de suprimentos e o estabelecimento de métodos organizacionais.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Paulo César Bahia de.; DE MOURA PIRES, Mônica. A região cacauceira do sul do estado da Bahia (Brasil): crise e transformação. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, v. 28, n. 1, p. 7, 2019.

ARAÚJO, Tânia Barcelar de. Dinâmica regional brasileira: rumo à desintegração competitiva? In: CASTRO, Iná Elias; MIRANDA, Mariana; EGLER, Claudio. (org.). **Redescobrimo o Brasil: 500 anos depois**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil/FAPERJ, 2000.

ATLAS do Desenvolvimento Humano no Brasil. 2013. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br>. Acesso em: 28 nov. 2019.

BAHIA. Secretaria do Planejamento. **Plano de Desenvolvimento Territorial Sustentável Solidária**. Salvador: Seplan, 2016.

_____. Secretaria do Planejamento do Estado da Bahia. Territórios de Identidade do Estado da Bahia. 2018. Disponível em: <http://www.seplan.ba.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=17> Acesso em: 20 Abril. 2020.

_____. Secretaria do Trabalho, Emprego, Renda e Esporte do Estado da Bahia. **Sistema de Informação em Economia Solidária**. Salvador: Setre, 2017.

_____. Superintendência de Estudos Econômicos e Estatística da Bahia. **Perfil dos Territórios de Identidade da Bahia**. 2015. Disponível em: http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2000&Itemid=28 . Acesso em: 20 out. 2019.

BAIARDI, A.; TEIXEIRA, F. **O desenvolvimento dos territórios do Baixo Sul e do Litoral Sul da Bahia: a rota da sustentabilidade, perspectivas e vicissitudes**. Salvador: Escola de Administração da UFBA, 2010. Disponível em: <http://www.observatorio.ufba.br/arquivos/desenvolvimento.pdf>. Acesso em: 30 set. 2019.

BCB – Banco Central do Brasil. **Anuário Estatístico do Crédito Rural: 2012**. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/htms/creditorural/2012/pronaf.asp?idpai=RELRURAL2012>. Acesso em: 8 out. 2017.

BECKER, Cláudio; ANJOS, Flávio S. dos Anjos; CALDAS, Nádia Veleda. Políticas públicas estruturantes e segurança alimentar: o caso do PAA. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47., 2009, Porto Alegre. **Anais** [...] Porto Alegre, UFRGS, 2009. CD-ROM.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Trabalho. **Economia solidária**. 2015b. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/trabalhador-economia-solidaria>. Acesso em: 26 nov. 2019.

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria de Trabalho. **Economia solidária**. 2015b. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/trabalhador-economia-solidaria>. Acesso em: 26 nov. 2019

_____. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Secretaria de Desenvolvimento Territorial). **Perfil Territorial:** Território Litoral Sul da Bahia. Brasília: Secretaria de Desenvolvimento Territorial, 2015a. Disponível em: http://sit.mda.gov.br/download/caderno/caderno_territorial_090_Litoral%20Sul%20-%20BA.pdf. Acesso em: 10 abr. 2020

_____. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Secretaria de Desenvolvimento Territorial. **Plano de Desenvolvimento Territorial Rural Sustentável.** 2010. Disponível em: http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territorio090.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2020.

_____. Ministério do Desenvolvimento Sustentável. **Programa de Aquisição de Alimentos.** 2003. Disponível em: <http://mds.gov.br/assuntos/seguranca-alimentar/programa-de-aquisicao-de-alimentos-paa/programa-de-aquisicao-de-alimentos>. Acesso em: 8 nov. 2019.

CAMPOS, Telmara *et al.* Consumo, beneficiamento e comercialização de frutas no assentamento Terra Vista – Arataca-BA. In: CONGRESSO DE PESQUISADORES DE ECONOMIA SOLIDÁRIA, 2., 2018, São Carlos. **Anais** [...] São Carlos: Diagrama Editorial, 2018. Disponível em <http://www.conpes.ufscar.br/anais-ii-conpes>. Acesso em: 12 out. 2019

CEPLAC – Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. **Premiados no Dia Internacional do Cacau destacam suporte técnico da Ceplac.** Bahia, 2013. Disponível em: <http://www.ceplac.gov.br/restrito/lerNoticia.asp?id=2095> Acesso em: 20 Abril. 2020.

CEPLAC – Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. **Vassoura de Bruxa.** Espírito Santo, 2017. Disponível em: [http://www.ceplac.gov.br/radar/Vassoura de Bruxa.htm](http://www.ceplac.gov.br/radar/Vassoura%20de%20Bruxa.htm). Acesso em: 9 nov. 2019.

CERQUEIRA, Cristiane Aparecida de; JESUS, Clesio Marcelino de. O Território Litoral Sul. In: ORTEGA, Antonio C.; PIRES, Murilo J. de Souza. (org.). **As políticas territoriais rurais e a articulação Governo Federal e Estadual:** um estudo de caso da Bahia. Brasília: Ipea, 2016.

CHACON, S. Desenvolvimento. In: BOULLOSA, Rosana F. (org.). **Dicionário para a formação em gestão social.** Salvador: CIAGS/UFBA, 2014.

CHIAPETTI, Jorge. A crise da atividade cacaueira no contexto do reordenamento da economia mundial. **Agrotrópica**, v. 26, n. 3, p. 157-166, 2014.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Transparência Pública do PAA – Programa de Aquisição de Alimentos. 2015. Disponível em: <https://consultaweb.conab.gov.br/consultas/consultatransparenciapaa.do?method=abrirConsulta>, Acesso em: 20 Abril. 2020.

COSTA, Francisco Mendes. **Políticas públicas e atores sociais na evolução da cacauicultura baiana.** 2012. Tese (Doutorado em Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade) – Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

COUTO, Matheus Teixeira Pires do. **Análise dos desafios socioambientais e papel da certificação na cacauicultura do Sul da Bahia.** 2011. Dissertação (Mestrado em Ecologia) –

Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Uruçuca, 2011.

DATASUS – Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil. **Índice de Gini da renda domiciliar per capita**. 2010. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/tabdata/livroidb/idb2010/b09.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2018.

DE MELLO SILVA, Sylvio Bandeira; SILVA, Barbara-Christine Nentwig. **Estudos sobre globalização, território e Bahia**. Universidade Federal da Bahia, 2003.

DESIGUALDADE SOCIAL. **Índice de Gini**. 2018. Disponível em: <http://desigualdade-social.info/indice-de-gini.html>. Acesso em: 5 dez. 2019.

OLIVEIRA BARRETO, R.; LOPES, F. T.; DE PAULA, A. P. P. A economia solidária na inclusão social de usuários de álcool e outras drogas: reflexões a partir da análise de experiências em Minas Gerais e São Paulo. *Cadernos de Psicologia Social do Trabalho*, v. 16, n. 1, p. 41-56, 2013.

DOWBOR, Ladislau. Que crise é esta?. **Ponto-e-Vírgula**, n. 17, 2015. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/pontoevirgula/article/view/25449>. Acesso em: 27 maio 2020.

FONTES, M. J. V. **Do cacau ao chocolate**: trajetória, inovações e perspectivas das micro e pequenas agroindústrias de cacau/chocolate. 2013. Tese (Doutorado em Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade) – Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013

FUINI, Lucas Labigalini. A territorialização do desenvolvimento: construindo uma proposta metodológica. **Interações**, Campo Grande, v. 15, n. 1, p. 21-34, jan./jun. 2014.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIOVANNINI, Michela. Solidarity economy and political mobilization: insights from Barcelona. **Business Ethics: A European Review**. abr. 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/beer.12283>. Acesso em: 27 maio 2020

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em: <http://ibge.gov.br>. Acesso em: 29 nov. 2019.

IPEADATA – Base de dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Base de dados macroeconômicos**. 2012. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br>. Acesso em: 23 out. 2019.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LEE. SUYEON. Role of the social and solidarity economy in locating sustainable development

goals, **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**. v. 27, n. 1, p. 65-71. 24 set. 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13504509.2019.1670274>. Acesso em: 28 maio 2020.

MIRA, Elson Cedro. **Mudança institucional e reconversão produtiva no Sul da Bahia**. 2013. Tese (Doutorado em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade) – Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MORAIS, Leandro Pereira. **As políticas públicas de Economia Solidária (ESOL): avanços e limites para a inserção sociolaboral dos grupos-problema**. 2013. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

MORAIS, Leandro Pereira; BACIC, Miguel Juan. A importância do ecossistema empreendedor para a economia social e solidária (ESS): avanços, retrocessos e desafios atuais no incunábulo do Brasil. **Revista da Abet**, Salvador, v. 18, p. 1-19, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/abet/article/view/38568>. Acesso em: 27 maio 2020.

NEVES, Karina Fernanda Travagim Viturino. **Formação territorial do sul da Bahia e produção não convencional do cacau**. 2018. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

ORNSTEIN, Rudolf. Gráfico RADAR: uma forma alternativa de medir o desempenho econômico-financeiro. Porto Alegre, **Revista do CRCRS**, v. 18, n. 2-8, jul. 1989.

PERICO, Rafael Echeverri. **Identidade e território no Brasil**. Brasília: IICA, 2009.

PNUD BRASIL – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento no Brasil. **O que é IDH?**. Disponível em: <http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0.html>. Acesso em: 16 nov. 2019.

PREZOTTO, Leomar Luiz. Qualidade ampla: referência para a pequena agroindústria rural inserida numa proposta de desenvolvimento regional descentralizado. In: LIMA, Dalmo M. de Albuquerque; WILKINSON, John. (org.). **Inovações nas tradições da agricultura familiar**. Brasília: CNPq/Paralelo 15, 2002. p. 285-300.

RANGEL, Maria Cristina; TONELLA, Celene. A crise da região cacauceira do sul da Bahia/Brasil e a reconstrução da identidade dos cacauicultores em contexto de adversidades. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia**, Maringá, v. 5, p. 77-101, 2013.

REBOLLO, Mario Guilherme. **O estudo de um método alternativo de demonstrar o desempenho econômico-financeiro de empresas industriais**. 1991. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

ROCHA. M. O. **Política de desenvolvimento territorial na Bahia: inovação e conservadorismo político**. 2015. Dissertação (Mestrado em Planejamento Territorial) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2015.

RIBEIRO, P. S.; ROCHA, G. A. A.; SANTANA, A. S.; JESUS JÚNIOR, G. Participação da previdência na composição da renda do território de identidade litoral Sul da Bahia. *Revista*

Observatorio de la Economía Latinoamericana, jun 2018. Disponível em: <<https://www.eumed.net/rev/oel/2018/06/previdencia-composicao-renda.html>
[/hdl.handle.net/20.500.11763/oel1806previdencia-composicao-renda](https://hdl.handle.net/20.500.11763/oel1806previdencia-composicao-renda)>. Acesso em: 12 Nov. 2018

SANTANA, Alessandro Fernandes de. **Análise do Programa de Aquisição de Alimentos – PAA como um vetor de fomento para a agricultura familiar no município de Ilhéus-BA: o caso da Coofasulba**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências Sociais). Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Produção Agrícola Municipal (PAM)**. 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 19 nov. 2019.

SILVA, Adriana Ferreira *et al.* Estrutura e renda da cadeia produtiva do cacau e chocolate no Brasil. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 15, n. 3, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rea/article/view/7749>. Acesso em: 27 maio 2020.

_____. Cadeia produtiva do cacau e chocolate: perfil e desafios. Agropecuária, meio ambiente e desenvolvimento. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL: AGROPECUÁRIA, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 53., 2015, João Pessoa. **Anais** [...] João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2015. Disponível em: <http://www.sober.org.br/congresso>. Acesso em: 14 nov. 2019.

SILVA, Sandro Pereira; CARNEIRO, Leandro Marcondes. **Os novos dados do mapeamento de economia solidária no Brasil: apontamentos iniciais para o debate**. Repositório Ipea, 2014. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7410/1/RP_Os%20Novos%20dados%20do%20mapeamento%20de%20economia%20solid%C3%A1ria%20no%20Brasil_2016.pdf. Acesso em: 27 maio 2020.

UNCTAD – United Nations Conference on Trade and Development. **Market Information in the commodities area**. 2016. Disponível em: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/INFOCOMM_cp02_Cocoa_fr.pdf. Acesso em: 11 nov. 2019.

UTTING, Peter. **Social and solidarity economy: beyond the margin**. London: Zed Books, 2015.

Recebido em: 27/12/2019 Aceito para publicação em: 18/04/2020

Economia solidária no sul da Bahia: um olhar sobre a política territorial e no conteúdo tecnológico

Solidary economy in southern Bahia: a look at the territorial policy and technological content

Economía solidaria en el sur de Bahía: una visión sobre política territorial y contenido tecnológico

Recebido: 24/10/2020 | Revisado: 28/10/2020 | Aceito: 00/10/2020 | Publicado: 00/10/2020

Dayvid Souza Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1270-7014>

Universidade Federal da Bahia, Brasil

E-mail: agrodayvid@gmail.com

Fárlei Cosme Gomes dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1765-1849>

Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil

E-mail: farlei.uesc@hotmail.com

Ricardo de Araújo Kalid

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9265-5263>

Universidade Federal do Sul da Bahia, Brasil

E-mail: ricardo.kalid@gmail.com

Fernando Luiz Pellegrini Pessoa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3667-3875>

Centro Universitário SENAI-CIMATEC/Bahia, Brasil

E-mail: fernando.pessoa@fieb.org.br

Sócrates Jacobo Moquete Guzman

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1778-4441>

Universidade Estadual de Santa Cruz, Brasil

E-mail: socrates@uesc.br

Leandro Pereira Morais

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3945-9455>

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil

E-mail: lpmorais@gmail.com

Clóvis Vailant

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6670-1043>

Universidade Federal do Mato Grosso, Brasil

E-mail: vailantc@hotmail.com

Francisco Jairan Dionizio Pedro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7542-4471>

Universidade Federal da Bahia, Brasil

E-mail: jairandionizio@gmail.com

Resumo

O surgimento da doença vassoura de bruxa nos plantios de cacau do Território Litoral Sul da Bahia (TLS) provocou uma mudança na estrutura agrária dessa região: os latifúndios foram desmembrados em propriedades menores, que foram adquiridos por pequenos agricultores ou destinados a reforma agrária; contudo, não houve modernização do processo produtivo. Nesse sentido, este artigo pretende desenvolver um diagnóstico da Economia Solidária no TLS e identificar qual é o conteúdo tecnológico empregado no processo produtivo desses empreendimentos. Esta análise é o resultado de uma pesquisa envolvendo 147 empreendimentos econômicos solidários mapeados no TLS. Para obtenção das informações, foram aplicados questionários abrangendo questões fechadas e com múltiplas escolhas. A pesquisa é caracterizada como descritiva com uma abordagem dedutiva, e com tratamento qualitativo e quantitativo para apresentação dos dados gerados pelas entrevistas. Os resultados indicam que nenhum dos empreendimentos possuem uma cultura empreendedora e não utilizam formas de inovação tecnológica, além de terem uma matriz artesanal dos meios de produção o que coloca em risco a sua sobrevivência.

Palavras-chave: Território Litoral do Sul da Bahia; Economia Solidária; Inovação Tecnológica;

Abstract

The emergence of witches' broom disease in cocoa plantations in the Southern Coastal Territory of Bahia (TLS) caused a change in the agrarian structure of that region: the latifundios were broken down into smaller properties, which were acquired by small farmers or destined for agrarian reform; however, there was no modernization of the production process. In this sense, this article intends to develop a diagnosis of the Solidarity Economy in the TLS and to identify what is the technological content used in the productive process of these enterprises. This analysis is the result of a research involving 147 solidary economic enterprises mapped in the TLS. To obtain the information, questionnaires were applied covering closed questions and with multiple choices. The research is characterized as descriptive with a deductive approach, and with qualitative and quantitative

treatment for presenting the data generated by the interviews. The results indicate that none of them have an entrepreneurial culture and do not use forms of technological innovation, in addition to having an artisanal matrix of the means of production, which puts their survival at risk.

Keywords: Southern Bahia Coastal Territory; Solidarity Economy; Innovation Technologic;

Resumen

La aparición de la enfermedad de la escoba de bruja en las plantaciones de cacao del Territorio Costero Sur de Bahía (TLS) provocó un cambio en la estructura agraria de esa región: los latifundios se dividieron en propiedades más pequeñas, que fueron adquiridas por pequeños agricultores o destinadas a la reforma agraria; sin embargo, no hubo modernización del proceso de producción. En este sentido, este artículo pretende desarrollar un diagnóstico de la Economía Solidaria en la TLS e identificar cuál es el contenido tecnológico utilizado en el proceso productivo de estas empresas. Este análisis es el resultado de una investigación que involucró a 147 empresas económicas solidarias mapeadas en el TLS. Para obtener la información se aplicaron cuestionarios de preguntas cerradas y con múltiples opciones. La investigación se caracteriza por ser descriptiva con enfoque deductivo, y con tratamiento cualitativo y cuantitativo para presentar los datos generados por las entrevistas. Los resultados indican que ninguno de ellos tiene una cultura emprendedora y no utiliza formas de innovación tecnológica, además de tener una matriz artesanal de los medios de producción, lo que pone en riesgo su supervivencia.

Palabras clave: Territorio Costero Sur de Bahía; Economía solidaria; Innovación tecnológica;

1. Introdução

O Território Litoral Sul da Bahia (TLS) é formado por 26 municípios, sendo eles: Almadina, Barro Preto, Buerarema, Coaraci, Ibicaraí, Itaju do Colônia, Arataca, Aurelino Leal, Camacan, Canavieiras, Floresta Azul, Ilhéus, Itabuna, Itacaré, Itajuípe, Itapé, Itapitanga, Jussari, Maraú, Mascote, Pau Brasil, Santa Luzia, São José da Vitória, Ubaitaba, Una e Uruçuca, distribuídos em uma área de 15 mil km² (Bahia, 2016). A população dessa área chega a quase 800 mil habitantes, sendo 140 mil residentes na zona rural, correspondendo a 18% do total. Dentre essa população, estão cerca de 14 mil agricultores familiares, 3,5 mil famílias assentadas, (estas numa área de aproximadamente 142 mil hectares), 13 comunidades quilombolas e 2 terras indígenas (Bahia, 2016; Bahia, 2018).

Por estar situado em uma região de Mata Atlântica, parte do TLS é coberto de Floresta Ombrófila Densa, com frações mais preservadas na parte leste, entre Maraú, norte e sul do município de Ilhéus, e o município de Canavieiras. Neste bioma é produzido o cacau cabruca, nome que se dá

ao cultivo do cacau sob um modelo de sistemas agroflorestais (Bahia, 2016). Segundo Almeida e Filho (2018), esta forma de plantio do cacau vem garantindo a preservação de fragmentos da Mata Atlântica no Território, uma vez que a floresta original não se encontra em bom estado de preservação, Silva; Fontes & Campos (2009), pois sofreu uma drástica redução de sua área, saindo de aproximadamente 351 mil hectares, em 1975, para apenas 29 mil hectares, no ano de 1995 (Blinder, 2005).

A supressão do sistema cabruca de cultivo e da Mata Atlântica, passaram a ser intensificados com a infestação dos cacauais pela vassoura de bruxa nos anos 80, e pela queda dos preços do cacau por conta da concorrência asiática e africana, uma vez que as lavouras cacaeiras passaram a ser substituídas por outras atividades econômicas mais impactantes, como é o caso da produção de bovino. A cidade de Ibicaraí, por exemplo, reduziu a área destinada para o cacau de 88 % para 56 % e Uruçuca de 40 % para 2 % (Bahia, 2016; Blinder, 2005; Baiardi & Teixeira, 2010). Para agravar ainda mais essa realidade, a região passou a enfrentar uma grande instabilidade climática, a qual afetou também as pequenas famílias de agricultores (Brasil, 2009).

Além dos problemas ambientais, a vassoura de bruxa provocou também a quebra dos médios e grandes cacauicultores do TLS, levando a: *i*) redução do poder aquisitivo do comércio e dos serviços de quem deles dependiam; *ii*) desemprego rural e, conseqüentemente, o êxodo rural; *iii*) decréscimo demográfico, com exceção de Itabuna e Ilhéus (Bahia, 2015; Brasil, 2009; Costa, 2012; Fontes, 2013); e *iv*) aumento da informalidade, que passou a ser maior do que no Brasil e no Estado da Bahia (IBGE, 2006). Pois, o cacau é uma cultura de mão-de-obra intensiva, uma vez que 1 emprego direto é gerado para cada 2,4 hectares cultivados (Baiardi & Teixeira, 2010).

Diante da expressa situação, muitos empreendedores familiares do TLS, iniciaram uma série de experiências cooperativistas e associativistas denominadas por (Singer, 2002, Coraggio 2002; Coraggio 2003; Razeto 2010; Moraes 2012; Gaiger 2013; França Filho, Rigo e Souza 2020) de Economia Solidária (ES). No entendimento dos autores citados, essas organizações são uma construção social e econômica produtoras do bem estar, e suas iniciativas se baseiam nas ideias de solidariedade, cooperação, auto gestão e no antagonismo ao individualismo competitivo, e aparecem mais significativamente a partir das décadas de 1980 e 1990 (S. Santos, 2019).

Porém, Godoy (2008) e Laville (2009) consideram que os empreendimentos econômicos solidários (EES) apresentam características específicas, as quais, são provenientes do contexto local e vão influenciar as novas formas de governança. Tomem-se dois exemplos bastante específicos: as experiências europeias e as latino americanas de economia solidária.

Na Europa, os empreendimentos que compõem a economia social e solidária são altamente tecnificados, pois o quadro de sócios e seus trabalhadores são incentivados a possuir graus elevados de expertise para a execução das tarefas (Bretos; Errasti & Marcuello, 2019; Egia & Etxeberria, 2019). Dessa forma, alcançam maior competitividade no mercado mundial, como é o caso do Grupo Cooperativo Mondragon na Espanha, que em 2017, possuía 81 mil colaboradores, 98 cooperativas e 143 subsidiárias e um volume de negócios de aproximadamente 12 milhões de euros/ano (Mondragon, 2018); ou ainda, a exemplo da cooperativa Italiana Consorzio Cooperative Costruzioni, a qual detêm 240 cooperativas associadas, 20 mil trabalhadores, e um faturamento anual superior a 6 milhões de euros (Costruzioni, 2020).

No continente latino-americano, a economia solidária tem uma identificação com a Economia Popular, França Filho (2001) e a sua principal característica é o baixo grau de tecnificação, pouca inovação, inexistência de transferência de tecnologias, fragilidades em gestão, e fortes dificuldades para agroindustrialização dos seus produtos ou serviços, o que reduz o ganho em escala para obtenção de uma maior presença nos mercados. (Dereti, 2009; Prado & Meneses, 2015; P. Silva, 2018; F. Silva & Carvalho Filho, 2018; Prezotto apud Lima & Wilkinson, 2002).

Veiga (2006) endossa essa perspectiva, afirmando que para essas organizações solidárias impulsionarem o desenvolvimento territorial, é preciso que elas sejam prescindidas de uma construção social onde este seja o pilar fundamental do desenvolvimento. A partir dessa concepção, o autor apresenta três orientações como imperiosas: *i*) combinar competição com cooperação; *ii*) ao invés do conflito, buscar a participação; *iii*) associar o conhecimento local e prático com o tecnológico.

França Filho (2008), ressalta a relação da economia solidária com o desenvolvimento territorial, afirmando que é necessário a adoção pelo Estado de políticas públicas lastreadas no princípio da redistribuição, onde obrigatoriamente o ente federativo se apropria dos recursos a fim de distribuí-los.

De acordo com Rebouças (2019) e com o Plano de Desenvolvimento Territorial Sustentável Solidária (Bahia, 2016), o modelo de política redistributiva, contribui sistematicamente para o desenvolvimento territorial, uma vez que os recursos reinvestidos pelos Municípios, Estados e Governo Federal, por meio de diversos projetos, possuem potencial de transformar e promover inovações sociais e econômicas, principalmente em territórios mais vulneráveis.

Para Costa (2012); Rangel e Tonell (2013) e S. Santos (2019), a incidência dessas políticas públicas redistributiva no TLS, a exemplo do Pronaf – Programa Nacional de Financiamento da Agricultura Familiar; PNRA - Programa Nacional de Reforma Agrária; PBF – Programa Bolsa Família e outras, tendo como beneficiários os empreendimentos da economia solidária, contribuíram significativamente para o desenvolvimento socioeconômico do Território, ao ponto de cidades como

Itabuna e Ilhéus aumentarem o Índice de Desenvolvimento Humano - IDH superior ao do Estado da Bahia: 0,712 e 0,690, respectivamente (Atlas, 2013). Além dessas duas cidades, foi observado que maioria dos municípios do TLS apresentaram melhora no desempenho do IDH, entre os períodos censitários 1991, 2000 e 2010, a exemplo de: Barro Preto, que saiu de 0,376, para 0,602; Mascote, de 0,373, para 0,581; e Maraú, saiu 0,349, alcançando 0,593 (Atlas, 2013; Bahia, 2015; Brasil, 2010).

Dessa forma, mesmo com a precarização das condições econômicas dos médios e grandes proprietários de terras no TLS, provocado pela infestação da vassoura de bruxa nos cacauais, todos os municípios do TLS apresentaram avanços significativos do IDH, nos últimos 30 anos (Atlas, 2013; Bahia, 2015; Brasil, 2010). Portanto, é falacioso o discurso difundido na literatura sobre a existência de uma crise prolongada e generalizada no TLS causada pela vassoura de bruxa, uma vez que tal crise, impactou principalmente a minoria formada pelos médios e grandes proprietários de fazendas de cacau (S. Santos, 2019).

Outro aspecto relevante analisado que contraria o discurso de uma crise crônica no TLS, é o desempenho do preço principal produto agrícola, a amêndoa de cacau, onde verificou-se nos últimos anos uma valorização significativa do preço: saindo de R\$ 65,69, em 2012, para R\$ 138,91 em 2016, já descontado a inflação do período (Brasil, 2009; SIDRA, 2016). Essa valorização está relacionada segundo ICCO (2018) com o menor crescimento anual de 1,2 %, da produção de amêndoas, quando comparada com a expansão da demanda média da indústria de chocolate e de ingredientes de 2 % ao ano.

No mesmo período, de 2012 a 2016, é observado um crescimento significativo da área plantada de cacau pelos empreendedores familiares (EF), saindo de 63 mil hectares, para 122 mil hectares, enquanto que a área total plantada de cacau no TLS, não sofreu alterações significativas, uma vez que saiu de 292 mil hectares, para 293 mil hectares. O crescimento da área plantada de cacau pelos empreendedores familiares (EF), é explicado pelas mudanças que ocorreram na estrutura agrária do TLS, onde cerca de 142 mil hectares foram desapropriados dando origem a 69 assentamentos rurais, onde vivem 3,5 mil famílias. Atualmente, 64% da produção de cacau, é oriunda de propriedades consideradas minifúndios ou pequenas, que possuem até 50 hectares (Bahia, 2016; Brasil, 2015a; IBGE, 2006; SIDRA, 2016).

Nesse sentido, o presente artigo almeja desenvolver um diagnóstico dos empreendimentos de Economia Solidária no TLS e identificar qual é o conteúdo tecnológico empregado no processo produtivo dessas organizações. Dessa forma, contribuir para a discussão sobre quais as diretrizes as políticas públicas devem assumir para melhorar a qualidade de vida das populações do TLS.

A estrutura do artigo compreende o seguinte formato: primeiramente, na presente seção, é apresentado o recorte geográfico da área denominada Território Litoral Sul (TLS) da Bahia e de sua realidade socioeconômica e do surgimento da economia solidária neste Território, a motivação e o

objetivo deste artigo; na segunda seção, será apresentada a metodologia utilizada para a construção desse mapeamento. Posteriormente, a terceira seção, consiste na análise dos dados relativos à pesquisa realizada nos 147 empreendimentos econômicos solidários mapeados no TLS, a partir das referências que deram suporte teórico a esta abordagem, além de apresentar algumas considerações elaboradas a partir dos dados coletados e analisados no ano de 2017, concernentes às categorias de empreendimentos econômicos solidários definidos por Brasil (2015b). Por fim, na quarta seção, são apresentadas as considerações finais do presente artigo.

2. Metodologia

Este estudo trata-se de uma pesquisa do tipo exploratória e descritiva que utiliza-se de análise qualitativa e quantitativa. Segundo Gil (2008) a combinação dessas abordagens metodológicas, tem como finalidade descrever as características de certa população ou fenômeno, ou estabelecer relações entre variáveis; envolvendo técnicas de coleta de dados padronizadas (questionário, observação), que assumem em geral a forma de levantamento.

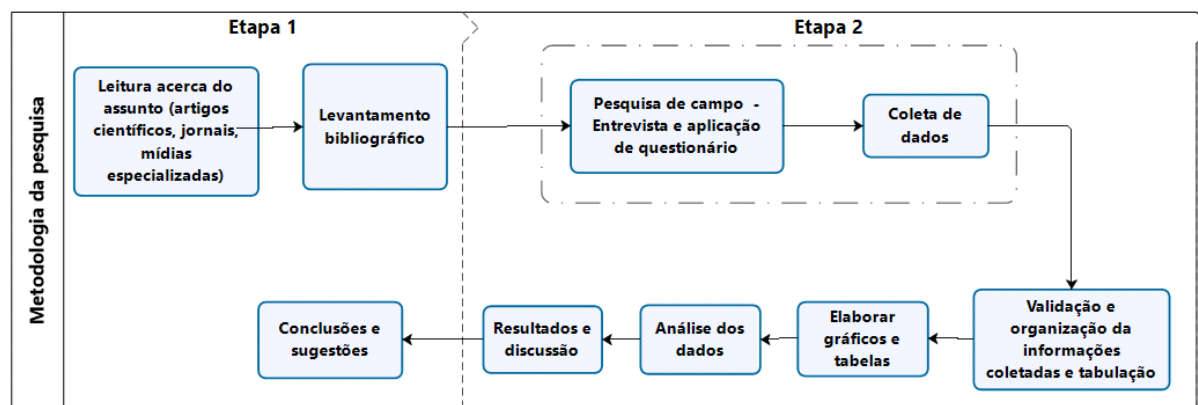
A pesquisa está dividida em duas etapas conforme descrito no fluxograma da Figura 1, por meio da orientação de Gil (2008); Gerhardt e Silveira (2009). A primeira compreende duas fases: *i*) busca e leitura dos textos científicos, e a fase dois: *ii*) análise bibliográfica; que dará suporte teórico a este trabalho.

A segunda etapa relaciona-se com a análise descritiva e qualitativa, sua execução possui uma sequência de 6 fases, que são: *i*) pesquisa de campo - ocorreu por meio das visitas aos empreendimentos selecionados; *ii*) coleta de dados em campo - realizada por meio de entrevistas e questionários com perguntas estruturadas abrangendo questões fechadas e com múltiplas escolhas; *iii*) validação da informação - nesse item os seguintes critérios foram aplicados conforme descreve Mattos (2011); Emmendoerfer (2010) e Moreira (2018), sendo eles:

- transferibilidade – descrição dos fenômenos para permitir comparações a outros contextos;
- confirmabilidade – sustentação dos textos por meio de dados que permitem raciocínio lógico, sem pré-conceitos;
- confiança – possibilita de replicação dos resultados por pesquisadores.

Com isso, foram elaborados gráficos e tabelas – utilizou-se a ferramenta Excel 2010; na sequência, *v*) análise dos dados - empregou-se a análise tipológica (Gil, 2008); em seguida os *vi*) resultados – foram apresentados por meio da Tabela (1) e das Figuras (2 à 8); e por fim *vii*) as conclusões e sugestões – que trazem, descobertas e o desenvolvimento de novas ideias.

Figura 1 - Fluxograma da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A amostra da pesquisa foi definida qualitativamente de acordo com os parâmetros do extinto Ministério do Trabalho e Emprego, o qual estabelece as seguintes categorias de economia solidária: *i*) organizações coletivas e supra familiares; *ii*) os participantes exercem suas funções laborais no meios urbano ou rural; *iii*) os trabalhadores realizam a gestão democrática das atividades e a distribuição dos resultados; *iv*) estão relacionadas com desenvolvimento de atividades econômicas, de modo permanente, ou pretende ao se formalizar (Brasil, 2015b). Quantitativamente, a amostra analisou uma população de 100% dos 147 Empreendimentos Econômicos Solidários nos 26 municípios do TLS da Bahia, acompanhados pelos Centros Públicos de Economia Solidária do Litoral Sul da Bahia.

3. Resultados e Discussão

Na pesquisa realizada no Território Litoral Sul da Bahia, 3 formas de organizações solidárias foram identificadas conforme Figura 2, associações 79 %, grupos informais 10 %, cooperativas 5 %. Esses modelos organizacionais citados anteriormente, segundo P. Silva (2018), F. Silva e Carvalho Filho (2018) são os mais habituais, uma vez que se confundem com os princípios da economia solidária, que são: *i*) circulação da riqueza diferente da racionalidade estrita do capital; *ii*) distribuição de seus resultados equitativamente; e *iii*) equidade no exercício do poder decisório (Gaiger, 2013).

Contudo, a predominância da pessoa jurídica (associação) entre os empreendimentos do TLS, é um fenômeno também observado no mapeamento realizado pela Secretaria Nacional de Economia Solidária (SENAES) no período de 2010 e 2013, no estudo, 60 % dos empreendimentos são associações, 30 % grupos informais, além das cooperativas, somando com 10 % do total . Na opinião de P. Silva e Carneiro (2016), os empreendimentos formados pela personalidade jurídica de associações, são frágeis institucionalmente, uma vez que o artigo 53 da Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002 (novo código civil), a caracteriza como sem fins econômicos, o que impossibilita a essas

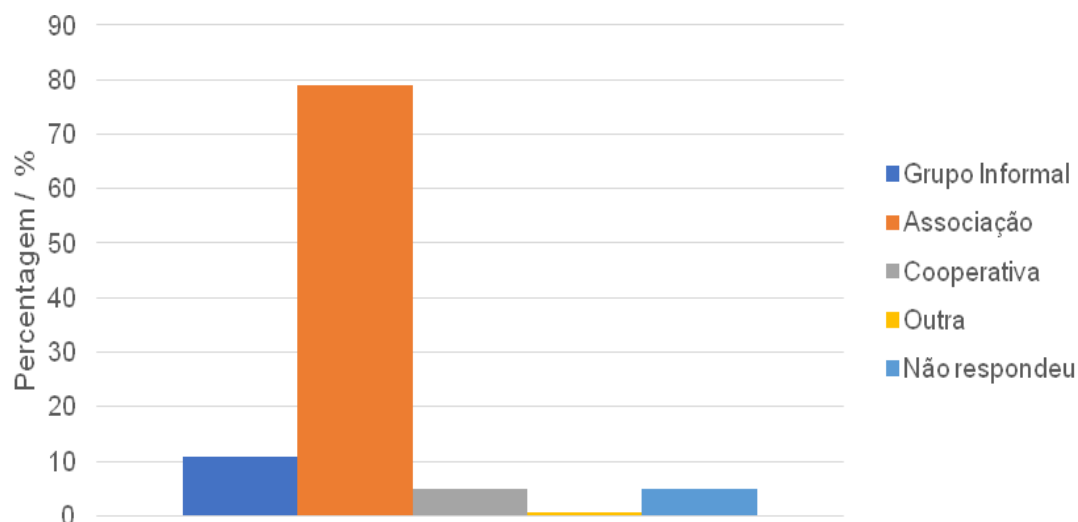
organizações, por exemplo, a emissão de notas fiscais para comercialização de produtos, gerando limites jurídicos e administrativos no que concerne ao cumprimento de contratos públicos e privados.

Para superar a vulnerabilidade institucional presente nos empreendimentos solidários do TLS, uma vez que 89 % são constituídos por associações ou grupos informais – este último se quer possui personalidade jurídica - estudos de P. Silva e Carneiro (2016), recomendam que tal segmento precisa superar o modelo vigente, por um mais complexo de estrutura-jurídica organizacional, a exemplo das sociedades cooperativas, uma vez que essas organizações visam a exploração econômica de qualquer atividade na sociedade (seja bens ou serviços), como forma de extrair benefícios comerciais, sociais, culturas, e outros para seus cooperados.

No entanto, apesar de recomendadas, as cooperativas são pouco significativas, tanto no TLS, como também em Território Nacional (5 % e 10 % respectivamente) em relação ao contingente de empreendimentos solidários formados por associações, resultado que deriva se do elevado preço para a formalizar uma cooperativa. Além disso, a Lei nº 5.764/197 que regulamenta esse segmento é antiga e altamente complexa, o que não motiva a economia solidária a buscar esse tipo de formalização.

Outro aspecto negativo relacionado as cooperativas, é a existência de controvérsia quanto ao seu uso (tanto por governos como por empresas), objetivando a redução de custos com a força de trabalho por meio de contratos de prestação de serviços, muitas vezes sem comprovações - o que configura trabalho precário – uma vez que os trabalhadores contratados não possuem carteira assinada, ou quaisquer garantias sociais (Gaiger, 2013).

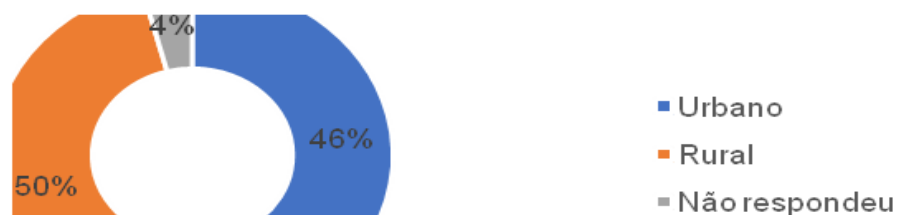
Figura 2 - Forma de organização dos empreendimentos econômicos solidários do TLS.



Fonte: Elaborado pelos autores.

No tocante a distribuição espacial desses empreendimentos, os dados revelam que 46 % das organizações pesquisadas localizam-se na área urbana, enquanto 50 % situa-se na zona rural, conforme mostra a Figura 3. Este fenômeno contrasta com a distribuição espacial populacional do TLS, uma vez que 72 % da população reside na zona urbana, enquanto 18% reside na zona rural (Bahia, 2016; Bahia, 2018). No entanto, a menor presença desses empreendimentos nos centros urbanos das cidades do TLS, está relacionada com a transição econômica pela qual passa o território por meio do fenômeno denominado por Mira (2015), de reconversão produtiva, cuja economia agrícola – características do TLS - vem sendo substituída por uma economia voltada para produção de serviços. Já no meio rural, a presença mais significativa dos empreendimentos tem relação com o processo acelerado da reforma agrária, e pela aquisição de pequenas fazendas por meio de empreendedores familiares, que passaram a se organizar por meio de cooperativas, associações, como também por meio de outras formas econômicas (Bahia, 2016).

Figura 3 – Distribuição espacial dos empreendimentos.

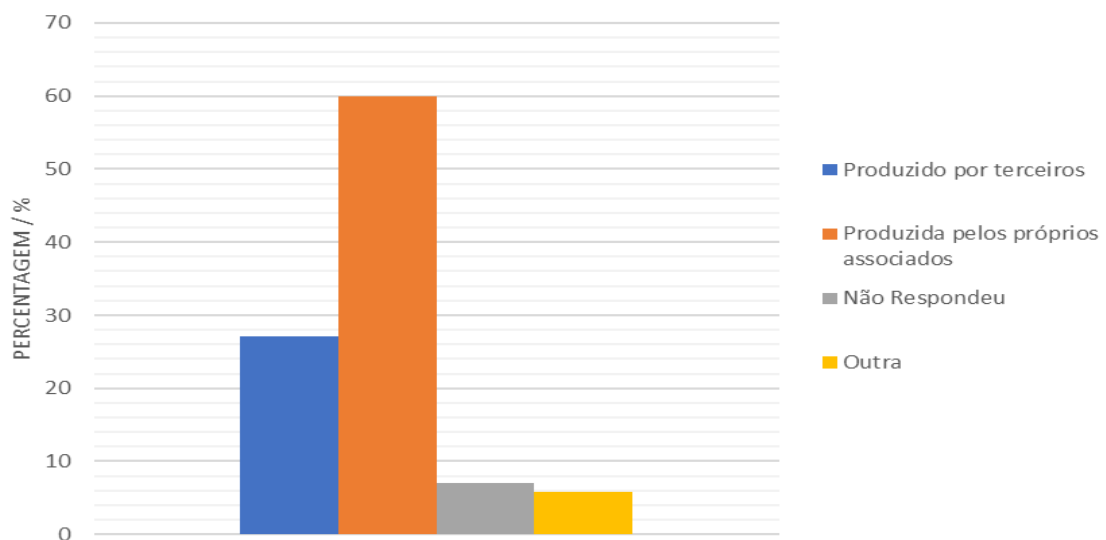


Fonte: Elaborado pelos autores.

Com relação às matérias-primas utilizadas pelos empreendimentos no TLS, 27 % delas são produzidas por terceiros como observa-se na Figura 4, o que implica, segundo A. Callado e L. Callado (2002) em um produto final com custo relativamente mais elevado quando comparado com as matérias primas produzidas pelos empreendimentos solidários. Porém, Megliorini (2002), ressalta que na produção por terceiros existem vantagens como *i*) ganho com competitividade; *ii*) ganho com eficiência; *iii*) alta especialização, porém, N. Santos, *et al.* (2014) explica que essas vantagens só ocorre, nos casos onde, os processos produtivos realizados, respeitam as exigências de qualidade estabelecidas pelos órgãos competentes.

Já a produção das matérias primas realizada pelos próprios sócios dos empreendimentos, a qual representa 60 % do total pesquisado, possui uma qualidade, em termos relativo, inferior a citada anteriormente. Uma vez que os processos empregados pelos empreendimentos do TLS, são desprovidos de tecnologia de alta eficiência, acarretando em perda de competitividade, baixo escala de produção, e conseqüentemente, não atende de forma satisfatória às demandas dos clientes (Bahia, 2016).

Figura 4 – Qual a origem da matéria-prima utilizada pelos empreendimentos solidários no TLS.



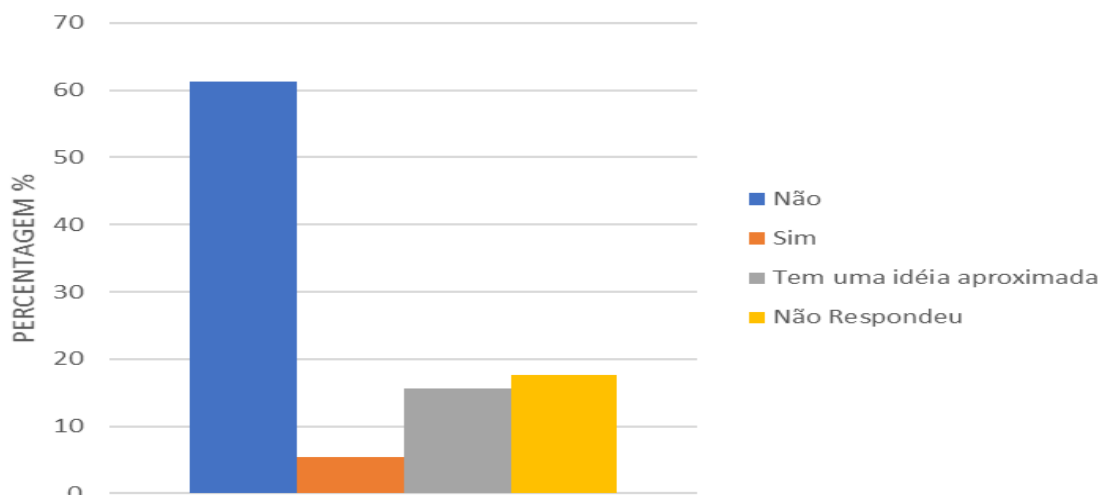
Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme Megliorini (2002), os custos de produção que os empreendimentos têm para o processo de fabricação de determinados produtos, correspondem a soma de todos os valores agregados, desde o momento que são adquiridos os insumos até a etapa da comercialização (Dutra, 2010). Dessa forma, os custos contabilizam a matéria-prima, mão-de-obra, energia elétrica, depreciação e material de limpeza. Os custos podem ser classificados e analisados sob a perspectiva dos produtos, dos custos diretos e indiretos, e também em relação ao volume de produção, neste caso, em fixos e variáveis (N. Santos et al., 2014).

Para entender melhor os custos, segundo Biagio e Batocchio (2006), é preciso que ocorra sua descrição de forma literal num plano de viabilidade econômica, alinhado com o planejamento estratégico, e apresentá-lo aos empreendimentos, aos fornecedores, investidores, parceiros e empregados. Uma vez que, os estudos de viabilidades econômica podem apresentar alternativas e obstáculos para o empreendimento, aumentando consideravelmente as chances de sucesso. (Dutra, 2010).

De forma simples, o empreendimento é viável economicamente quando sua receita é maior que as despesas. A Figura 5 indica que 61 % dos empreendimentos, não sabem o quanto é necessário produzir, seja produtos ou serviços para cobrir os custos. Esse fato evidencia que estes empreendimentos não realizam estudos de viabilidade econômica, antes de adentrar ao mercado. Além disso, apenas 5 % apenas informaram que possuem conhecimento quanto ao custo de produção e 16 % têm uma ideia apropriada. Portanto, os gestores dos empreendimentos da economia solidária necessitam de cursos de formação em gestão de negócios.

Figura 5 - Há conhecimento do valor mínimo de produtos a serem vendidos para cobrir custos?

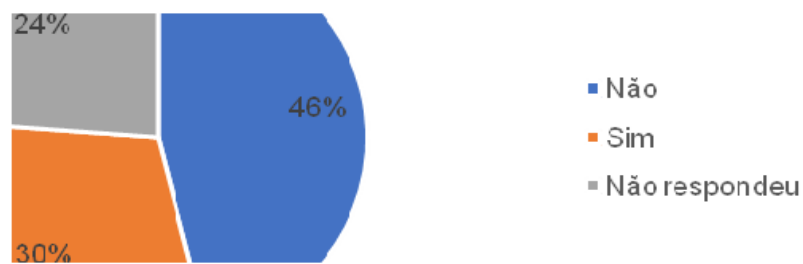


Fonte: Elaborado pelos autores

Na análise do mapeamento nacional, 17 mil empreendimentos econômicos solidários, 43,6 % (do total mapeado), afirmaram que conseguiram pagar as suas despesas, no entanto, não obtiveram sobras suficientes para remunerar os sócios, enquanto 43,2% pagaram as despesas e tiveram sobras, possibilitando a remuneração dos sócios em suas atividades (P. Silva & Carneiro, 2016). Na opinião de Gaiger (2013), P. Silva (2018), F. Silva e Carvalho Filho (2018), a possibilidade de remuneração dos sócios e a existência de sobras pelos empreendimentos, estão relacionados diretamente com a comercialização de produtos e serviços com altos valores agregados, porém, uma parte significativa dos empreendimentos solidários segundo P. Silva, (2018); F. Silva & Carvalho Filho, (2018); Prado e Meneses (2015) possuem fragilidades endógenas e gerenciais como: *i*) matriz de produção pouco tecnificada; *ii*) pequena escala de produção; e *iii*) personalidades jurídicas não recomendada, e comercializam seus produtos basicamente *in natura*, com baixo valor agregado, diretamente em feiras livres, como também para atravessadores P. Silva e Carneiro (2016), diante deste cenário, remunerar os sócios e obter sobras ainda é um desafio a ser superado por essas organizações.

No entanto, no TLS, não é contrário do observado nacionalmente, uma vez que a pesquisa apresenta que as receitas geradas pelos empreendimentos solidários não são suficientes para remunerar 46 % de seus associados; 30 % relataram que estão conseguindo remunerar os próprios sócios; 24 % não responderam, conforme Figura 6. Este fato evidencia que uma parte significativa desses negócios não são economicamente autossuficientes e ainda não contribuem para a melhoria da renda familiar.

Figura 6 - O Empreendimento remunera seus Sócios?



Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir das respostas dos questionários foi verificado na Figura 7, que 84 % dos empreendimentos não realizam nenhuma reserva para manutenção de máquinas, equipamentos e veículos, implicando na perda de produção e baixa competitividade, Megliorini (2002), uma vez que, com o tempo, os equipamentos vão ficando obsoletos.

Equipamentos têm vida útil pré-estabelecida, quando os empreendimentos não os trocam nos períodos definidos pelo fabricante, pode significar que essas organizações não possuem um plano de gestão Biagio e Batocchio (2006), que lhe possibilitem a criação de um fundo de reserva para realizar as substituições dos equipamentos, o que impactam em custos elevados de produção. (N. Santos, *et al.* 2014).

Por outro lado, apenas 5 % dos empreendimentos guardam recursos para manutenção de máquinas, equipamentos e veículos. Todavia, 11 % desses empreendimentos não responderam ao questionamento.

Figura 7 - Há reserva para manutenção de máquinas, equipamentos e veículos?



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao analisar as capacidades produtivas dos empreendedores da economia solidária do TLS, foi observado que 52,38 % afirmam necessitar de equipamentos para desenvolver as suas atividades de produção. Embora, os equipamentos que foram sinalizados na pesquisa sejam considerados de baixo aporte tecnológico, Prado e Meneses (2015) como mostra a Tabela 1. Como inexistente uma política pública de cunho estruturante orientada para o desenvolvimento tecnológico Baiardi & Teixeira, (2010); Rangel & Tonell (2013), é possível que no médio e longo prazo não ocorra mudanças muito significativa na matriz de produção dos empreendimentos solidários situados no TLS, o que pode afetar sobremaneira a sobrevivência dessas organizações.

Para Dereti (2009), apesar da tecnologia desempenhar um papel relevante para a competitividade dos empreendimentos, Prado & Meneses, 2015 avaliam que a economia solidária está situada às margens do desenvolvimento, em função principalmente da baixa produtividade, em decorrência do reduzido aporte tecnológico existente nas unidades produtivas.

Nesse contexto, torna-se necessária a transferência tecnológica, que em muitos casos, está associado aos serviços de assistência técnica e extensão, sob maior responsabilidade do setor público (ICTs, Universidades, Agências de fomento e outras). Por tanto, Dereti (2009), enfatiza que a transferência tecnológica se concretiza quando os receptores da tecnologia são capazes de absorver, transformar, adequar e ampliá-la conforme a sua utilidade. Sob essa abordagem, considera-se, como sendo o principal foco do processo de transferência tecnologia, os agentes de produção responsáveis pelo processo de incorporação das tecnologias nos processos produtivos.

Tabela 1 - Quais ferramentas os EES do TLS necessitam?

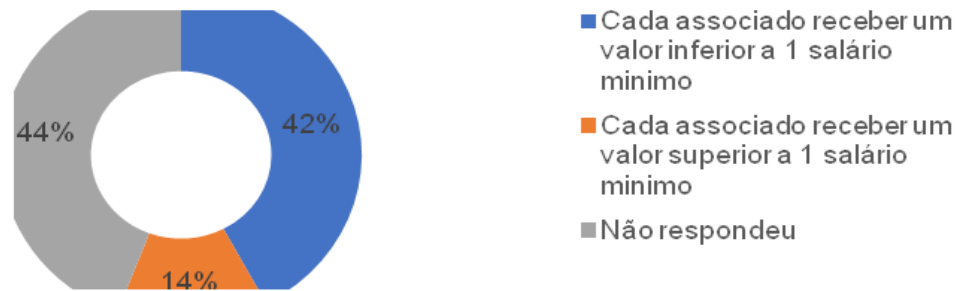
Equipamentos e Ferramentas	Nº	Quantidade relativa
Balança	8	5,44 %
Bomba d'água	5	3,40 %
Carro de mão	2	1,36 %
Colete	1	0,68 %
Corda	1	0,68 %
Embarcações	1	0,68 %
Enxada	2	1,36 %
EPI	8	5,44 %
Equipamento de artesanato	10	6,80 %
Faca	3	2,04 %
Facão	7	4,76 %
Foice	5	3,40 %
Isopor	2	1,36 %
Kit marisqueiras	2	1,36 %
Luva	3	2,04 %
Machado	2	1,36 %
Moto serra	3	2,04 %
Picareta	1	0,68 %
Pá	2	1,36 %
Rede de pesca	1	0,68 %
Roupa de mergulho	1	0,68 %
Cavador	1	0,68 %
Serrote	2	1,36 %
Snorkel	1	0,68 %
Trator	3	2,04 %
Não Respondeu	70	47,62 %
Total	147	100,0 %

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com relação a divisão dos excedentes, os empreendimentos pesquisados mostraram-se muito frágeis, uma vez que, como se observa na Figura 8, 42 % dos associados, dos 147 empreendimentos envolvidos na pesquisa recebem valores inferiores ao salário-mínimo; já 14% dos sócios recebem valores superiores ao mínimo, no entanto, 44% não responderam à pergunta. Este fato deixa evidente que os empreendimentos em sua maioria, não conseguem dar condições salariais para que os seus integrantes, sejam capazes de atender às suas necessidades vitais básicas como determina o artigo 7º, inciso IV e VII da Constituição Federal do Brasil. (Brasil, 1988).

Portanto, para que os empreendimentos ampliem a sua condição de distribuição de renda entre os membros, é preciso que seja ampliada a sua capacidade produtiva, buscando por meio da verticalização da produção, agregar valor aos produtos e conseqüentemente aumentar as receitas, com vistas a obter maiores excedentes em relação aos custos diretos e indiretos, fixos e variáveis.

Figura 8 – Como é realizada a divisão dos excedentes entre os sócios dos empreendimentos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Neste sentido, as mudanças necessárias para a construção de uma economia solidária moderna, devem emergir a partir de possíveis alterações ou adequações no sistema tributário, infraestrutura logística, financiamento e linhas de créditos, assistência técnica, e no fomento a pesquisa, inovação e transferência de tecnologia, para que essas organizações não continuem a existir apenas num formato primário do processo produtivo.

4. Considerações Finais

A inserção de atividades socioeconômicas que contribuam para a fixação do homem ao meio em que nasceram e se desenvolveram, como é o caso do TLS, requereu que a pesquisa relatada neste artigo fosse consultada diretamente aos empreendedores agrupados em sua maioria em associações. O diagnóstico da situação desses produtores permitiu-se observar que existe um grande esforço, realizados por eles, para se diferenciar da relação capital-trabalho com as relações de mercado tradicionais.

O estudo evidencia também que, a sustentabilidade da economia solidária depende principalmente de transformações políticas, econômicas, culturais e estruturais, por parte das instituições públicas de apoio e fomento. Uma vez que são responsáveis por promover iniciativas governamentais que visam o desenvolvimento territorial, baseado em inovações tecnológicas e na geração de trabalho e renda.

Dessa forma, é necessário, um esforço articulado e sinérgico entre as partes interessadas (Governos, cooperativas, associações, empresas públicas e outros) para a construção de uma iniciativa pública, que busque lançar luz à criação de um programa com métodos de desenvolvimento específicos para a economia solidária do TLS, com vista a superar os seus desafios existentes, como *i)* inovação; *ii)* ampliação da escala de produção, e *iii)* transferência de tecnologia, conforme Tabela 1. Sem esses elementos citados anteriormente, a emancipação dessas organizações, ficará cada vez mais distante, uma vez que individualmente, não possuem as condições necessárias em termos econômicos e de geração de renda, para tornarem-se sustentáveis.

A introdução de processos tecnológicos nessas organizações, implica sobretudo, em formação e qualificação da mão de obra existente, para a gestão e para produção, calcadas num duplo foco, um no cliente final e outro no cliente interno, que são, respectivamente, os consumidores e os associados. Esta forma de treinamento, é necessária para as organizações de economia solidária, uma vez que são possuidoras de equipamentos considerados nesse estudo, de baixo aporte tecnológico para o desenvolvimento de suas atividades produtivas, o que revela, a carência de apoio técnico especializado oriundo dos órgãos públicos para atender as necessidades tecnológicas do setor, por meio de auxílio de ações que possibilitem principalmente a implementação do uso de tecnologias disponíveis na atualidade.

Neste contexto, a transferência de tecnologia pode se constituir como um importante instrumento de cooperação, para que ocorra mudanças, mas rápidas e efetivas no sistema produtivo dos empreendimentos econômicos solidários do TLS, o transformando-os em modernos, mais competitiva e com condições de melhor distribuição de renda.

Para continuar a pesquisa, na perspectiva do desenvolvimento do TLS a partir da Economia Solidária, estamos propondo estudar os Impactos da Instalação de pequenas e médias biorrefinarias no Território, orientada para processar a produção de espécies vegetais oriundas da Mata Atlântica, como um instrumento de agregação de valor e de conservação florestal.

Referências

Almeida, AOS. Maria; Filho, A. de A. Lanns. Agroecossistema Cacau Cabruca: Uma Real Contribuição na Manutenção dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica. In: CONGRESSO DE PESQUISADORES DE ECONOMIA SOLIDÁRIA, 2., 2018, São Carlos. Anais [...] São Carlos: Diagrama Editorial, 2018. Disponível em <http://www.conpes.ufscar.br/anais-ii-conpes>. Acesso em: 12 out. 2019

ATLAS do Desenvolvimento Humano no Brasil. 2013. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br>. Acesso em: 28 agost. 2020.

Bahia. Secretaria do Planejamento. Plano de Desenvolvimento Territorial Sustentável Solidária. Salvador: Seplan, 2016.

Bahia (2018). Secretaria do Planejamento do Estado da Bahia. Territórios de Identidade do Estado da Bahia. Obtido em: <http://www.seplan.ba.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=17> Acesso em: 20 Abril. 2020.

Bahia. Superintendência de Estudos Econômicos e Estatística da Bahia. Perfil dos Territórios de Identidade da Bahia. 2015. Obtido em: http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2000&Itemid=28. Acesso em: 20 out. 2019.

Blinder. D. (2005). Análise da fragmentação da mata atlântica na região sul da Bahia: Uma Contribuição da Geotecnologia para o Estudo da Dinâmica da Paisagem. 2005. Anais, X Encontro de Geógrafos da América Latina – 20 a 26 mar. 2005 – Universidade de São Paulo.

Bretos, I; Errasti, A.; Marcuello, C. (2019). Multinational expansion of workers' cooperatives and their employment practices: Markets, institutions and politics in Mondragon. Review of the ILR, v. 72, n. 3, p. 580-605, 2019.

Brasil. Programa de Recuperação da Lavoura Cacaueira. A crise da lavoura cacaueira, condicionantes, ação governamental, análise. Nota Técnica (Abril/2009). Obtido em: http://www.senado.leg.br/comissoes/CRA/AP/AP20100622_Nota%20Tecnica-2009.pdf. Acesso em 2 out 2017.

Brasil. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Secretaria de Desenvolvimento Territorial). Perfil Territorial: Território Litoral Sul da Bahia. Brasília: Secretaria de Desenvolvimento Territorial, 2015a. Obtido em: http://sit.mda.gov.br/download/caderno/caderno_territorial_090_Litoral%20Sul%20-%20BA.pdf. Acesso em: 10 abr. 2020.

Brasil. Ministério da Economia. Secretaria de Trabalho. Economia solidária. 2015b. Obtido em: <http://trabalho.gov.br/trabalhador-economia-solidaria>. Acesso em: 26 nov. 2019.

Brasil. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Secretaria de Desenvolvimento Territorial. Plano de Desenvolvimento Territorial Rural Sustentável. 2010. Obtido em http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territorio090.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2020.

Brasil. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

Baiarde, A e Teixeira, F (2010). Relatório de Consultoria Instituto Arapyau. O Desenvolvimento dos

Territórios do Baixo Sul e do Litoral Sul da Bahia: a Rota da Sustentabilidade, Perspectivas e Vicissitudes. Salvador.

Biagio, LA.; Batocchio, A. (2006). Plano de Negócios: Estratégia para Micro e Pequenas Empresas. 1. Ed. São Paulo: Manole.

Callado, AA. Cunha; Callado, AL. Cunha. (2002). Custos no processo de tomada de decisão em empresas rurais. In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC.

CEPLAC – Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira. Vassoura de Bruxa. Espírito Santo, 2017. Obtido em [http://www.ceplac.gov.br/radar/Vassoura de Bruxa.htm](http://www.ceplac.gov.br/radar/Vassoura%20de%20Bruxa.htm). Acesso em: 9 jul. 2020.

Coraggio. J. (2002). Distintos conceitos para o entendimento da Economia Solidária. In: Bahia Análise & Dados, Salvador - Bahia, v. 12, n.01, p. 35-47.

Coraggio, JL (2003). Qué significa pasar de la economía popular a la economía del trabajo? Proposta, v. 30, n. 98, p. 12-20.

Costa, FM. (2012). Políticas Públicas e Atores Sociais na Evolução da Cacaucultura Baiana. 2012. 271 f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Costruzioni. (2002). Il Consorzio. Obtido em: <http://www.ccc-acam.it/azienda/consorzio.php>. Acesso em 05 de set de 2020.

Dereti, RM. (2009). Transferência e validação de tecnologias agropecuárias a partir de instituições de pesquisa. Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente, Paraná, n. 19, p. 29-40, jan.-jun., 2009.

DUTRA, R. G. (2010). Custos: Uma abordagem prática. São Paulo: Atlas.

Egia, EG; Etxeberria, GM. (2019). The formation of cooperative values as a decisive element in the generation of new jobs by cooperatives of the 21st century. Boletín de la Asociación Internacional de Derecho Cooperativo = International Association of Cooperative Law Journal, n. 54, p. 97-114.

Emmendoerfer, ML. (2010) Analysis of Qualitative Data: Intersections and Differences in Research on Public Administration

Fontes, MJV. (2013). Do cacau ao chocolate: trajetória e perspectivas das micro e pequenas agroindústrias de cacau/chocolate. 2013. 216 f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

França Filho, GCA. (2008). Via Sustentável-Solidária no Desenvolvimento Local. Revista Sociedade & Estado, Brasília, v.15 - n.45, p. 219-232.

França Filho, GC. de; Rigo, AS e Souza, WJ de. (2020). A reconciliação entre o econômico e o social na noção de empresa social: limites e possibilidades (no contexto brasileiro). Organizações & Sociedade, v. 27, n. 94, p. 556-584.

França Filho, GC (2001). A problemática da economia solidária: uma perspectiva internacional. Revista Sociedade & Estado, Brasília, v. 16, n. 1-2, p. 243-75, jan./dez., 2001. Obtido em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-69922001000100011&script=sci_arttext&tlng=en. Acesso em: 30 ago. 2020.

Gaiger, LI. (2013). A economia solidária e a revitalização do paradigma cooperativo. Revista Brasileira de Ciências Sociais, v. 28, n. 82, p. 211-228.

Gil, AC. (2008). Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas.

Gerhardt, TE e Silveira, DT. (2009). Métodos de pesquisa. Porto Alegre: Ed. da UFRGS.

Godoy, TMA. (2008). Economia Solidária na cidade capitalista: conflitos e contradições da reprodução do espaço urbano. Diez años de cambios en el Mundo, en la Geografía y en las Ciencias Sociales, 1999-2008. Actas del X Coloquio Internacional de Geocrítica, Universidad de Barcelona, 26-30. Obtido em: <<http://www.ub.es/geocrit/-xcol/181.htm>>. Acesso em: 30 ago. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2006). Censos Demográficos. Obtido em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em 22 agosto 2020.

ICCO. (2018). International Cocoa Organization. The world cocoa market: current situation and forecast. Berlim (GER): ICCO. 13 p.

Laville, JL. A economia solidária: Um movimento internacional. Revista Críticade Ciências Sociais, v. 84, p. 7-47, mar. 2009.

Mira, EC (2014). Controvérsias sobre a economia do Sul da Bahia: uma análise evolutiva do desenvolvimento humano a partir da crise do cacau nos anos 1980. P. 1–20.

Mattos, PLCL. (2011). "Os resultados desta pesquisa (qualitativa) não podem ser generalizados": pondo os pingos nos is de tal ressalva. Cadernos Ebape. BR, v. 9, n. spe1, p. 450-468.

Meglierini, E. (2002) Custos. São Paulo: Makron.

Mercado, Cacau. (2018). Informações do chocolate e cacau. Cabucas e cabucas. Bahia. Obtido em: <http://mercadocacau.com/artigo/cabucas-e-cabucas> .Acesso em: 9 jul. 2020.

Mondragon. (2018). Mondragon's annual report. Obtido em <https://www.mondragon-corporation.com/en/about-us/economic-and-financial-indicators/annual-report/> Acesso on: 9 jul. 2020

Morais, LP. (2013). As políticas públicas de Economia Solidária (ESOL): avanços e limites para a inserção sociolaboral dos grupos-problema. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Estadual de Campinas.

Moreira, H. (2018). Critérios e estratégias para garantir o rigor na pesquisa qualitativa. R Bras Ens Ci Tecno, v. 11, n. 1, p. 405-24.

Prado, ARM e Menezes, DFN. (2015). Inovação Tecnológica e Economia Solidária: Uma Aproximação Necessária. In: In: CONGRESSO DE PESQUISADORES DE ECONOMIA SOLIDÁRIA, 1, 2015, São Carlos. Anais... São Carlos: Diagrama Editorial, 2015. Disponível em <<http://www.conpes.ufscar.br/anais>>. Acesso em: 12 agosto. 2020

Prezotto, LL. (2002). Qualidade ampla: referência para a pequena agroindústria rural inserida numa proposta de desenvolvimento regional descentralizado. In: LIMA, Dalmo M. de Albuquerque; WILKINSON, John. (org.). Inovações nas tradições da agricultura familiar. Brasília: CNPq/Paralelo 15, p. 285-300.

Rangel, MC e Tonell, C. (2013). A crise da região cacauceira do sul da Bahia/Brasil e a reconstrução da identidade dos cacauicultores em contexto de adversidades. Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Geoiingá, v. 5, n. 1, p. 77-101.

Razeto, L. (2010). Lecciones de Economía Solidaria. Realidad, Teoría y Proyecto. Santiago: Ediciones UVIRTUAL.NET.

Rebouças, MVP. (2019). Tributação e desigualdade econômica: Elementos para uma teoria da tributação redistributiva para o Brasil contemporâneo. 2019. Tese (Doutorado em Direito) - Universidade Federal do Ceará.

Santos, CJN.; Bezerra, FM.; Oliveira, FA.; Tavares, FRM.; Figueireso, FJS. Utilização da gestão de custos para tomada de decisão: estudo de caso em uma empresa de calçados no interior do Ceará. Anais, Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2014, Curitiba. Anais eletrônicos. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_TN_STO_197_115_25678.pdf>. Acesso em: 9 Out. 2020.

Santos, DS. (2019). Panorama da socioeconomia solidária do Território Litoral Sul da Bahia. (Dissertação). Mestrado em Engenharia Industrial, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia.

SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática. Produção Agrícola Municipal (PAM). 2016. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 19 jun. 2020.

Singer, P. (2002) Introdução a Economia Solidária. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo.

Silva, HB da; Fontes, EO e Campos, MN. (6-10 de setembro de 2009). Atlas Escolar físico do sul da Bahia. XIII Simpósio Brasileiro de Geografia física aplicada. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil. Obtido em <http://www.geomorfologia.ufv.br/simposio/>. Acesso em: 20 de julho de 2020.

Silva, SP. (2018). Laços na diversidade: análise da trajetória de construção do movimento social de economia solidária no Brasil. Brasília: Ipea, 2018. (Texto para Discussão, n. 2367).

Silva, SP.; Carneiro, LM. (2016). Os novos dados do mapeamento de economia solidária no Brasil: nota metodológica e análise das dimensões socioestruturais dos empreendimentos. Relatório de Pesquisa. Obtido em <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7410/1/RP_Os%20Novos%20dados%20do%20mapeamento%20de%20economia%20solid%C3%A1ria%20no%20Brasil_2016.pdf> Acesso em: 9 Out. 2020.

Silva, RF e Carvalho Filho, MV. (2018). Território e economia solidária: relações relevantes para a construção do desenvolvimento sustentável. Mercado de Trabalho: conjuntura e análise, v. 64. Brasília: Ipea, 2018.

Veiga, JL. (2006). Territórios para um desenvolvimento sustentável. 2006.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Dayvid Souza Santos – 12,5 %

Fárlei Cosme Gomes dos Santos – 12,5 %

Ricardo de Araújo Kalid – 12,5 %

Fernando Luiz Pellegrini Pessoa – 12,5 %

Sócrates Jacobo Moquete Guzman – 12,5 %

Leandro Pereira Moraes – 12,5 %

Clóvis Vailant – 12,5 %

Francisco Jairan Dionizio Pedro – 12,5 %

Small and medium-scale biorefineries: Biomass quantification and its bioeconomic potential in the Southern Coastal Territory of Bahia

Dayvid Souza Santos¹³. Mario Henrique Bueno Moreira Callefi¹⁴. Tito Francisco Ianda¹⁵. Ewerton Emmanuel da Silva Calixto¹⁶. Gonçalo Amarante Guimarães Pereira¹⁷. Juan Camilo Solarte Toro¹⁸. Carlos Ariel Cardona Alzate¹⁹. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa²⁰. Ricardo de Araújo Kalid²¹.

Abstract:

Small and medium-scale biorefineries are processing facilities addressed to obtain a portfolio of value-added products with applications in different productive sectors. The Territory of the Southern Coast of Bahia (TSC) in Brazil has a high potential to provide agricultural and forest biomass for these bioindustries. This research aims to quantify the biomass of the main agricultural crops of the TSC over the period of 1999 to 2019, from the survey Municipal Agricultural Production (MAP) of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), classify the biomass according to its applications in pharmaceutical industries and other industries, through the Classification and Regression Tree (CART) algorithm, that is, an inverted tree, which in this case was used the Gini Index, and identify the main forest species of the Atlantic Forest that have the capacity to supply bio-based products. Thus, a time series analysis was performed. The results indicate that banana production (1,3 Mt) exceeded, over a period of 20 years, cocoa production (1,1 Mt), despite the latter occupying an area of 5.8 million hectares and bananas occupying a smaller area. Cocoa and cassava stand out, as these agricultural products represent 41,95% and 30,51%, respectively, of the total raw material, in consequence, both products offer 72,46% of the total TSC biomass. Coffee biomass has

¹³ *PhD student in the Industrial Engineering Program at the Federal University of Bahia – PEI/UFBA; Salvador, Bahia, Brazil; ORCID: [0000-0003-1270-7014](https://orcid.org/0000-0003-1270-7014).

¹⁴ PhD student in the production engineering; Federal University of São Carlos - UFSCar; São Carlos/São Paulo, Brazil; ORCID: 0000-0001-8698-0043

¹⁵ PhD student in the Industrial Engineering Program at the Federal University of Bahia – PEI/UFBA; Salvador, Bahia, Brazil; ORCID: 0000-0002-0846-7217.

¹⁶ PhD in Chemical Engineering; Professor at University Center SENAI CIMATEC; Salvador, Bahia, Brazil; ORCID: 0000-0002-5051-5251.

¹⁷ PhD in Molecular Biology; State University of Campinas/Institute of Biology – Unicamp/SP, Brazil; Campinas, São Paulo, Brazil; ORCID: 0000-0003-4140-3482.

¹⁸ PhD student in the Chemical Engineering; National University of Colombia – UNAL/CO; Manizales, Caldas, Colombia; ORCID: 0000-0003-1143-8940.

¹⁹ PhD in Chemical Engineering; Professor at the National University of Colombia – UNAL/CO; Manizales, Caldas, Colombia; ORCID: 0000-0002-0237-2313.

²⁰ PhD in Chemical Engineering; Professor at University Center SENAI CIMATEC; Salvador; Bahia; Brazil; ORCID: 0000-0003-3667-3875.

²¹ PhD in Chemical Engineering; Professor at the Federal University of Southern Bahia – UFSB; Itabuna; Bahia; Brazil; ORCID: 000-0001-9265-5263.

been profiled as a raw material to be upgraded in various industries, while bananas are oriented towards supplying inputs for the pharmaceutical industry. Forest species have also potential for use in the pharmaceutical industry. As conclusion, small and medium-scale biorefineries can help to increase the use of agricultural and forest biomass as a way of providing inputs for various industries and guaranteeing positive social impacts for the population.

Keywords: Biorefinery, Classification, Bioproducts, Biomass; Bioeconomy, Rural development, TSC.

*Corresponding and main author:

Dayvid Souza Santos

E-mail address: agrodayvid@gmail.com

Address: R. Prof. Aristides Novis, 2 - Federation, Salvador - BA, 40210-630

1 Introduction.

Biomass has been profiled as a potential source of a portfolio of value-added products and energy vectors with applications in different industrial sectors. This raw material has been defined as the starting point to perform the energy transition from fossil fuels (i.e., oil, coal, natural gas) to renewable energy sources (Schipfer et al., 2022). Moreover, biomass also has been identified as a key player in the accomplishment of the Sustainable Development Goals (SDGs) proposed by the United Nations. This renewable energy source can help to accomplish SDGs 7, 8, 12, and 13 as stated by different authors in the literature (Beuchelt and Nassl, 2019; Solarte-Toro and Cardona, 2021).

Several countries have shown interest in (i) quantifying the biomass production potential derived from agricultural and agro-industrial activities, (ii) upgrading biomass sources integrally and sustainably, (iii) marketing bio-based products to reduce carbon and water footprints of different value chains, and (iv) establish a bioeconomy model based on the upgrading of non-valorized biomass fractions (CGEE, 2021). Biomass annual production of 181.5 billion tons (Bt) was estimated in 2019 (Dahmen et al., 2019). Of these, 4.6 Bt are represented by agricultural materials. However, 25% of this value has a defined use (Kumar and Verma, 2021; Yu et al., 2020). Then, 3.45 Bt of biomass can be upgraded into a series of valuable products.

In Brazil, 2019/2020 agricultural activities produced 195 Mt, 100 Mt, and 68 Mt of sugarcane, corn straw and cob, and soybean, respectively (Rocha et al., 2012). Regarding agro-industries, 300 Mt of biomass were produced resulting from the non-utilization of seeds, husks, stalks, bagasse, oil cake, bran, and germ in 2019. The high generation rate of biomass residues has been considered an issue by the agro-industrial sector since disposal costs must be assumed by shareholders. Furthermore, inefficient biomass disposal causes many health and environmental problems due to the emissions of polluting gases such as carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), and nitrogen oxides (NO_x). Indeed, inconsistency in the management and handling of industrial biomass can contribute to increasing the above-mentioned issues (Schneider et al., 2012). Therefore, new strategies to quantify and upgrade the agricultural and agro-industrial biomass (i.e., lignocellulosic biomass) are needed to close the loop and increase value chain sustainability.

One of the Brazilian territories with significant potential for producing and using lignocellulosic biomass is the Territory of the Southern Coast of Bahia (TSC). This territory is located mostly in the Atlantic Forest biome, which has more than 20,000 plant species (40% are endemic plants). Then, the Atlantic Forest biome constitutes the second largest block of tropical forest in Brazil. This biome has been considered one of the 35 hotspots on the planet (Brasil, 2010; Cerqueira and Jesus, 2016). In this regard, forest species (native or exotic) extracted from plants of the Atlantic Forest can be used to obtain various bio-based products without affecting biodiversity. These bio-

based products can be commercialized in different markets at local, regional, and national levels to improve the quality of life of rural communities while reducing deforestation and generating employment for farmers. For instance, the Cocoa-cabruca (cocoa cultivation under an agroforestry system model) method is one of the most important agricultural activities in the TSC. This cocoa (*Theobroma cacao*) growing approach consists of an agroforestry system that associates cocoa cultivation with native trees of the Atlantic Forest. This form of production keeps the cacao trees in the middle of the primary and secondary forest in a shaded way, allowing the cacao tree to coexist in harmony with the forest (i.e., avoiding the suppression of the original Atlantic Forest) (Lima and Capobianco, 1997; Santos et al., 2020a). Moreover, the TSC is one of the largest cocoa-producer regions of Brazil and has the largest cocoa bean milling industrial park in the country, with a processing capacity of over 300,000 tons of cocoa beans per year.

Another important aspect to highlight in this region is the significant growth in agricultural production since banana (*Musa spp.*), coconut (*Coccus nucifera L.*), and coffee (*Coffea sp.*) harvesting has increased 10.4, 6.0, and 6.0 fold-times in the 1990 to 2009 period (Cerqueira and Jesus, 2016). The aforementioned factors allow elucidating the existing potential for the development of a bioeconomy model in the TSC since biomass can generate marketable products with high-added value for different applications. The use of biomass can improve the socioeconomic context of the TSC by increasing income for farmers, job opportunities, and social well-being in communities (Villela et al., 2018). Thus, the implementation of biomass beneficiation processes can boost sustainable development in rural territories, since the extraction of bioactive compounds and the production of marketable products can improve the quality of life of farmers (Acuna et al., 2019; Pyrgakis and Kokossis, 2019; Wang et al., 2017).

Biorefineries have been defined as complex systems where biomass is integrally processed to obtain a portfolio of different value-added products and energy vectors in a sustainable way (Moncada et al., 2016). These facilities can be classified as small, medium, and large-scale facilities depending on the amount of raw material to be processed and the volume of products obtained. The advantages of small and medium-scale biorefineries are related to i) low operating and capital expenditures, as raw materials are closer to processing facilities and the technologies used for products extraction are cheaper than those commonly used in large-scale biorefining projects; ii) increased profits for small local producers since the multiple bioactive compounds and value-added products obtained can be marketed to the food, chemical, and pharmaceutical industries (Qin et al., 2021; Sadhukhan et al., 2018), iii) reduction of negative social impacts on rural communities, such as food insecurity and families displacement, and iv) increase of local jobs (Budzianowski and Postawa, 2016; Gasparatos et al., 2015; González-García et al., 2013; Wang et al., 2017).

Small and medium-scale biorefineries have been studied or implemented today to convert

inedible biomass (e.g., birch, poplar, wheat straw, rice, barley, and miscanthus) in more than 20 different chemical products, such as furfural, xylitol, and itaconic acid (Pyrgakis and Kokossis, 2019). These facilities also have been studied for upgrading sugarcane bagasse to obtain this type of products (Clauser et al., 2016). In both cases, the high potential of small and medium-scale biorefineries to encourage the implementation of a bioeconomy model was demonstrated.

The development of a strategy/plan for implementing a bioeconomy model in the TSC requires estimating (i) agricultural residue production per crop per year and (ii) biomass availability. This information is the starting point for elucidating possible applications since each agricultural culture produces different types of biomass with different chemical compositions (Sheng and Azevedo, 2005). Studies that quantify the agricultural and forestry biomass potential for energy purposes have been reported in the literature. In Europe, these studies aim at the construction of large projects, such as the BEE, Renew, and Biomass Futures (Fischer et al., 2010; Monforti et al., 2013; Panoutsou et al., 2017, 2009; Scarlat et al., 2010; Stegmann et al., 2020; Wanjura et al., 2014). In Brazil, several studies also have estimated the capacity to generate bioenergy from the main biomass of agricultural crops (e.g., sugarcane, soybeans) and animal manure for large-scale projects (Forster-Carneiro et al., 2013; Luo et al., 2009; Moreira et al., 2014; Soccol et al., 2010).

The studies presented above prove to be disconnected from the local reality since these projects do not take advantage of the high biomass potential to produce value-added products in small and medium-scale biorefineries. In addition, the statistics in the aforementioned studies do not allow analyzing the information through time series. This fact is crucial since time series analysis allows understanding the behavior of phenomena based on seasonality and helps more consistently in institutional planning.

Biorefineries design can be done by implementing several approaches (e.g., conceptual design and optimization) (Moncada et al., 2016). These design approaches are addressed to propose reliable biorefinery configurations to upgrade different biomass sources as much as possible. Moreover, biorefineries design should involve other aspects such as market, logistic performance, industrial development, and socio-economic context variables (Solarte-Toro et al., 2022). Then, the biorefineries design problem requires a comprehensive analysis of several variables, considering different disciplines.

Studies in the literature indicate that biorefineries are commonly evaluated using chemical engineering simulation and optimization software, such as Aspen Plus® and Honeywell UniSim® Design Suite (Bello et al., 2020; Dias et al., 2009). However, the application of this software to analyze the techno-economic performance of small-scale biorefineries could be difficult due to the high cost of obtaining user licenses (Cardoso et al., 2019; Granjo et al., 2017). Then, other ways to analyze small- and medium-scale biorefineries should be proved.

Other scientific findings reveal the importance of the State Tree (a graphical representation comprising roots, branches, and leaves, however, inverted) as a method for classifying agricultural crops, biomass, and bio-based products. Indeed, the state tree identifies the possible routes for processing large volumes of biomass in small- and medium-scale biorefineries. This action requires an objective function based on economic indicators involving performance metrics such as energy consumption, process yield, safety, or energy efficiency. In consequence, an optimal solution with the best economic behavior is desired. Nevertheless, the high number of variables present in the model makes it difficult to find a solution (Perlingeiro, 2019). Moreover, the aforementioned approaches for biorefinery design consider only quantitative variables, eliminating the possibility of analysis through categorical constructs, as well as, through the homogeneity of the products, since, depending on which product is going to be extracted, a different conversion process is necessary for each biomass.

In turn, the Classification and Regression Tree (CART) method is used to classify different types of variables whether categorical or continuous (Breiman and Ross Ihaka, 1984). Its applications are observed in studies focusing on environmental and ecological issues, such as the classification of habitats for species of fish, seabirds, and benthic organisms (Huettmann and Diamond, 2001; Norcross et al., 1999); in habitat suitability for fauna species (Debeljak et al., 2001); in the creation of maps of soil properties, from available digital data in agricultural areas and radiometric surveys (McKenzie and Ryan, 1999); and in the development of studies that seek to predict the distribution of forests in rural communities from topographic and pedological data (Moore et al., 1991). In turn, there is a lack of studies in the literature regarding the application of CART for the classification of bioproducts in small- and medium-scale biorefineries.

To fill the gaps mentioned above, this research proposes: i) quantify the availability of biomass of agro-industrial raw material for the operation of small- and medium-scale biorefineries in the TSC, based on data from 1999 to 2019 extracted from the Municipal Agricultural Production (PAM); survey ii) classify, through the CART algorithm, the possible bioactive compounds extracted from the main agricultural crops present in the PAM; and iii) identify the pharmacological potential of the main forest species present in the Atlantic Forest of the TSC. It is noteworthy that this is one of the first studies, to the authors' knowledge, that quantifies and classifies agro-industrial biomass and identifies the forest industrial potential of the TSC using the CART algorithm.

2 Materials and methods

To achieve the proposed objectives, the analysis of this research is divided into two stages. The first deals with analyzing agricultural production and quantifying the volume of raw material by the industry in the TSC. The second stage comprises the construction of the classification of biomass

sources to be used in the industry, as well as the Atlantic Forest of the South Coast of Bahia.

2.1 Quantification of TSC agricultural production

The PAM datasets that make up the database of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) were collected and used in the time interval corresponding to the years 1999 to 2019 (the most recent data available at the time of the research). PAM information refers to annual harvests (i.e., the data represents the calendar year) of Brazilian agricultural crops. However, only agricultural crop data from the 26 municipalities of the TSC was selected in this research. The variables extracted from the PAM and analyzed were: Planted Area (ha), Harvested Area (ha), Total Produced Quantity (t), and Average Yield (kg/ha). Other variables used in the research were Industrialized Production (t), Raw material in Industry (t), and the Residual Factor (i.e., the percentage of the total biomass corresponding to the materials to be used during the processing of the products) related to each agricultural product selected in this research, whose function was to generate the estimation coefficients for the materials to be used in each product processed in the agro-industries. The estimated values for the analysis of the variables mentioned above were based on literature sources. The criteria used to choose agricultural crops were i) crops that have significant socioeconomic importance for small rural producers in the TSC; and ii) crops that have the potential for extracting bioactive compounds throughout the year (Cerqueira and Jesus, 2016). Therefore, the main agricultural crops in the territory to be studied are:

- a) **Banana (with peel and stalk a the main residues):** Brazil is the second largest producer of bananas in the world, with the state of São Paulo as the largest national producer, with an approximate production of 1.2 Mt harvested (Schneider et al., 2012). Most of the banana production is consumed in natura and only 3% of production is industrialized. The banana stands out as the second most important fruit in terms of harvested area, quantity produced, production, and consumption. This agricultural product is cultivated by large, medium, and small producers (60% of the production comes from family farming). In addition, the banana is also a great generator of residual material for small- and medium-scale biorefineries. Several environmental problems can be generated when residual biomass from the banana crop is not disposed of properly (Carvalho et al., 2011; Padam et al., 2012). Other studies indicate that the banana biomass (peel and stalk) represents 50% of the fruit crop (Schneider et al., 2012).
 - b) **Cocoa (in almond or beans):** The cocoa tree originates from the Amazon rainforest, in the tropical regions of South and Central America. In Brazil, cocoa has adapted perfectly to the climate and soils of southern Bahia. Cocoa is a primary product whose best-known purpose is chocolate, but its derivatives are used in several other products (Ribas et al., 2018). The interest
-

in cocoa cultivation is in the use of cocoa beans for the production of derivatives, such as cocoa butter, nibs, cocoa liquor, and cocoa powder; products that serve as a basis for the cosmetics industry; chocolates, and sweets (Aneani et al., 2012; Vásquez et al., 2019). The biomass from the cocoa bean processing is the husk, which has a residual factor, in quantitative terms, of 38% when processed in the agro-industry. However, 95% of cocoa production is industrialized (Rasi and Leite, 2018).

- c) **Coffee (beans):** Coffee is the second largest commodity in terms of trade globally. With a world production of 105 Mt/y, the industry generates significant amounts of biomass during processing (Graça and Caldas, 2017). However, more than 23 Mt/y of residual biomass is wasted. Studies show that for every ton of roasted and ground coffee, one ton of husks and straw is produced (Sisti et al., 2021). Some researches emphasize that 45% to 55% of the mature coffee bean is used (i.e., 1 ton of coffee beans produces, on average, 50% of clean beans and 50% of husk and pulp) (Do Vale et al., 2007). Based on the total share of processed coffee, 50% of the coffee can be assumed as industrial biomass.
 - d) **Coconut (shell):** A tropical fruit, the coconut is primarily grown along the coasts. Coconut palm is a plant of significant socioeconomic importance for the Brazilian northeast since this agricultural product makes up part of the income of families through the sale of coconut water and it also serves as a raw material for the food and oil industries (Suresh K MalhotraSuresh; Maheswarappa HP.V Selvamani; P. Chowdappa, 2017). 70% of the total coconut produced in the country is destined for the agro-industry, mainly for grated coconut and coconut milk production. The rest is consumed in natura (Martins et al., 2014). Green coconut shells represent up to 85% of the total volume of the whole fruit (Nunes et al., 2020). To calculate the biomass of coconut, this study considers that each fruit weighs, on average, 500 g and that 60% of this weight corresponds to the shell.
 - e) **Guarana (seed):** The fruit of guarana (*Paullinia cupana Kunth var. Sorbilis (Mart.) Ducke*) originates from the Brazilian Amazon region. This fruit is known for its stimulating and medicinal functions. Moreover, guarana is commonly used by indigenous communities, but the state with the highest production is Bahia (Carolina et al., 2016; Santana and Macedo, 2018). The guarana fruit has red skin and a partial covering with a white aril inside the seed. Only the seeds are consumed and marketed. In terms of processing, the soft drink and energy industries consume 70% of the production of guarana seeds, and another 15% are industrialized in the form of sticks to be transformed into powder and consumed with water (Magna et al., 2003). The biomass content of the guarana seed represents 9.2% of the fruit has been estimated (Rocha et al., 2020).
 - f) **Papaya (peel and seed as main residues):** The world production of papaya (*Carica papaya*) was approximately 12.6 Mt in 2014, according to studies by the Food and Agriculture Organization
-

of the United Nations (FAO), with an estimated waste rate of between 30% and 50% of total production. In Brazil, only about 5% of the total production is industrialized. Most papaya (i.e., 95%) is destined for the fresh fruit market. Skins and seeds account for 39% of the fruit, which can be used to produce various value-added compounds (ABIB, 2011).

- g) Cassava (peel, bran, and wastewater as main residues):** Cassava (*Manihot esculenta Crantz*) is also known as castelinha, mandioca, and tapioca, among other names. It is an important food source in tropical countries such as Nigeria, Thailand, Indonesia, and Brazil, which are the largest global producers (Ekop et al., 2019; Sánchez et al., 2017). The biomass of cassava plantations is not yet used efficiently, although it has a high potential for the generation of bioproducts. It is estimated that 233 Mt of cassava were produced worldwide in 2008. It is also estimated that 60% of the production is processed in small and large agro-industries, and 39.4% of the raw material is equivalent to peel, bran, and wastewater (Wosiacki and Cereda, 2002).
- h) Corn (straw and cob as main residues):** Corn (*Zea mays L.*) is one of the most important agricultural crops in Brazil since this product is cultivated in almost all Brazilian states, totaling approximately 15 million hectares planted (Pattiya, 2011). On a global scale, corn is grown on all continents and is the staple food of many ethnic groups. Brazil is among the world largest corn producers, surpassed, at present, only by the United States of America and China. Studies report that 58% of corn dry biomass derived from industrial processing is cob and cob straw (ABIB, 2011). An important aspect in terms of adding value is that 95% of corn is industrialized in Brazil (Schneider et al., 2012).

Graphic representations were illustrated (**Table 1, Table 2, Table 3, and Table 4; Figure 1, Figure 2, Figure 3, Figure 4, and Figure 5**) allowing to identify the volume of residue from the agricultural crops analyzed in this work, as well as presenting data on the area of land planted and the volume of production of the main agricultural crops practiced in the TSC.

2.1 Correlation coefficient

Pearson correlation coefficient was applied to analyze the existence of the intensity of a linear relationship between two sets of data since it is a dimensionless index with values between -1.0 and 1.0. Therefore, this index indicates a perfect correlation and reveals that the score of one variable can be determined when the score of the other is known. Hence, this indicator is interpreted that the increase or decrease of a unit in variable X generates the same impact on Y. In turn, when a correlation is equal to zero, it indicates that there is no linear relationship between the variables. Typically, the correlation coefficient is represented by the letter "r" and is explained as follows:

$r = 1$ means that there is a perfect positive correlation between the two variables.

$r = -1$ means that there is a perfect negative correlation between the two variables. If one increases, the other always decreases.

$r = 0$ means that the two variables are not linearly dependent on each other.

Equation 1 defines the Pearson correlation coefficient (Naji et al., 2021).

$$r = \frac{n(\sum ny) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (1)$$

Where,

$\sum x$ = sum of X scores in the first group

$\sum y$ = sum of Y scores in the second group

N = number of score pairs

Therefore, x_1, x_2, \dots, x_n and y_1, y_2, \dots, y_n are the measured values of the variables: i) Amount of agricultural products produced (in tons); ii) Amount of industrial raw material in agricultural crops (in tons). This article adopts the classification for the correlation coefficient in which $r = 0.10$ to 0.30 (weak); $r = 0.40$ to 0.60 (moderate); $r = 0.70$ to 1 (strong) (Dancey et al., 2006). The data was run with computational algorithms that include electronic spreadsheets such as PAST® and Microsoft Excel®. The description of the superstructure model for processing the biomass analyzed in this article is presented below. In addition to calculating the value of r , a hypothesis test is necessary to identify whether there is statistical validation of the calculated correlation. Therefore, the p-value was calculated. The correlation is significant for p-values less than 0.01 (Kafetzopoulos and Skalkos, 2019; Naji et al., 2021).

2.1 TSC Agricultural Crop Classification Tree Model

Conceptually, the CART algorithm is a rule-based method that generates a binary tree that divides a sample into two sub-samples. That is, for each leaf, sub-leaves are created, that is, through recursive partitioning that initially selects one of the ρ independent variables, for example, (x_i) and a value of (x_i) , say (s_i) to serve as a division point. This procedure divides the dimensional ρ space into two partitions, namely, one with all observations, where $x_i \leq s_i$, and another with the remaining observations, where $x_i > s_i$. However, when heterogeneous, that is, impure, partitions occur, the entire process mentioned above is redone until homogeneity is found (Bel et al., 2009; Han et al., 2018; Raimundo et al., 2008; Zhang et al., 2015).

A dataset was created based on scientific literature, according to **Appendix A**. This appendix highlights that the bioactive variable was not included in the classification calculation due to its non-binary results. Subsequently, a target class was defined to guide decision-making, namely: (i) applications in the pharmaceutical industry; and (ii) applications in other industries. Subsequently, cross-validation of the model was carried out using the R® language using the RStudio® software.

Three criteria are considered by the CART algorithm to select the nodes that minimize the impurities in the splitting of the tree: Entropy, Twoing Criterion, and Gini Criterion. This work opted for the Gini Index as it is used among several published studies and, therefore, has scientific validation. Its value ranges from 0 to 1, so the higher the Gini, the more impurities there are in the set of samples.

The definition of the Gini index is represented by **Equation 2** (RAIMUNDO *et al.*, 2008).

$$GI_j = 1 - \sum_{k=1}^m p_k^2 \quad (2)$$

where, p_k is the proportion of observations in partition j that belong to set k .

If all observations present in partition j form the same group, their Gini Index is 0, that is, perfect purity. However, when the m groups are represented in equal proportion in partition j , the Gini Index will be 1.

After locating the best point of division of the tree, the pertinence of the most probable class was used as a criterion to associate a certain class with the leaf; that is, the class assigned to the leaf will be the most admissible within which they are in the leaf in question. The definition is given by **Equation 3**:

$$\max_j (p_j) = \max_j \frac{N_j}{N} \quad (3)$$

Where,

$j - 1 \dots j$, where j is the number of classes

N – Total number of examples on the leaf

N_j – Number of examples of class j on the leaf

For the removal of branches and sub-trees that are not significant for solving the problem, the pruning technique by minimizing the cost of complexity was used. This technique consists of adopting a criterion for comparing trees of equal size, using the number of terminal nodes (leaf). The calculation is performed through the error estimated by re-substituting a node t , given by **Equation 4**:

$$r(t) = 1 - \max_j p\left(\frac{j}{t}\right) \quad (4)$$

Where the total of this node is shown according to **Equation 5**:

$$R(t) = r(t) p(j) \quad (5)$$

Thus, considering $|\tilde{T}|$ as the number of terminal nodes of a tree T , Thus, considering $|\tilde{T}|$ as the number of terminal nodes of a tree T , the error estimated by total re-substitution is given by **Equation 6**:

$$R(T) = \sum_{t \in \tilde{T}} R(t) \quad (6)$$

The cost-complexity of a T is defined using **Equation 7**:

$$R_\alpha(T) = R(T) + \alpha = |\tilde{T}| \quad (7)$$

Where,

$R(T)$ – Error estimated by re-substituting the T tree

$|\tilde{T}|$ – Number of terminal nodes in the tree

α – Constant ≥ 0 called complexity parameter

A tree sequence generation process is performed, considering the left and right nodes, respectively, t_L and t_R , resulting from the division of node t . Therefore, for any tree, one should check **Equation 8**:

$$R(t) \geq R(t_L) + R(t_R) \quad (8)$$

In turn, all useless nodes are eliminated from the tree from the reduction sequence, according to **Equation 9**:

$$\alpha = \frac{R(t) - (T_t)}{|\tilde{T}_t| - 1} \quad (9)$$

After calculating its sequence of reductions, the tree is defined using a technique known as Cross-Validation. In this procedure, this set of information is randomly divided into V (usually 10) subsets, in such a way that V different trees are built for each $(V-1)/V$ of the cases, with the remainder $1/V$ being used to evaluate the error.

Where $T^{(v)}(\alpha)$, where $v = 1, \dots, V$ is the tree that has the lowest cost-complexity for each α . The subset of the initial training set is defined as $N_{ij}^{(v)}$ the number of cases of class j that were incorrectly classified by the tree $T^{(v)}(\alpha)$. In turn, the total number of cases of class j wrongly classified by all trees of complexity α is given by **Equation 10**:

$$N_{i,j} = \sum_{i,j} N_{ij}^{(v)} \quad (10)$$

Consequently, the probability of cross-validation error is expressed by **Equation 11**:

$$R^{(CV)}(T(\alpha)) = \frac{1}{N} \sum_{i \neq j} N_{i,j} \quad (11)$$

In calculating the error for a tree of complexity α , the trees constructed based on the initial training set are identical to T_k for values of α , such that $\alpha_k \leq \alpha < \alpha_{k+1}$ according to **Equation 12**:

$$\alpha_k = \sqrt{\alpha_k \alpha_{k+1}} \quad (12)$$

Where,

α_k is the geometric center between α_{k+1}

The error by cross-validation of the k-nth tree of the sequence of reductions performed on the constructed tree and, therefore, based on the total training set, is given by **Equation 13**:

$$R^{(CV)}(T_k) = R^{(CV)}(T(\alpha_k)) \quad (13)$$

The tree chosen will be the one that allows minimizing the value of the calculated error and using this value as an error estimate for the final classifier, as shown in **Figure 4**.

2.1 Possible applications of forest species.

Additionally, due to the existing forest potential in the TSC, the main forest families and species in the region were identified, as well as the possible final products. Therefore, it was prepared based on studies in the literature.

3 Results and Discussion.

3.1 Biomass Quantification.

The main agricultural crops of the TSC with the most significant percentage of industrialization are cocoa and corn, due to the high demand for human food and animal feed, respectively. However, the agricultural crops that present the highest residual factor are coconut and corn, since both have high fiber and straw content (see **Table 1**). The production of bananas (1.3 Mt) has surpassed the production of cocoa (1.1 Mt) over the last twenty years (1999–2019) (see **Table 2**). Despite cocoa occupying an area of 5,8 million hectares, bananas, which occupy a smaller area (121 thousand hectares), are more productive in terms of yield per hectare than cocoa, respectively (11,2 thousand kg/ha and 200 kg/ha).

Therefore, there is a reduction in cocoa production, which was the majority in the TSC, in relation to banana production. This fact is related to the credit incentives offered by banks, which give loans to promote the production of bananas to the detriment of other agricultural crops, as well

as the complete absence of zoning that includes the various agricultural crops present in the TSC in the promotion policies arising from the government.

The actions mentioned above can make it possible for raw materials from rural areas to be transformed into products with high added value to meet market demands, in addition to generating an appreciation for agricultural production in general and, consequently, substantial economic and social impacts, such as the generation of work, professional qualification, and others. The generation of wealth from agricultural biomass should be considered as one way to create an ecologically sustainable environment for future generations of the TSC.

Table 1: Industrialized Production, Residual Factor, and the respective bibliographic reference of the products selected in the TSC – (1999-2019).

Products	Industrialized Production (%)	Source	Residual Factor (%)	Source
Banana (peel and stalk)	3,0	(BORGES, A.L.; SOUZA, 2004)	50,0	(SCHNEIDER <i>et al.</i> , 2012)
Cocoa (in almonds)	95,0	(RASI; LEITE, 2018)	38,0	(ABIB, 2011)
Coffee (beans)	90,0	(GRAÇA; CALDAS, 2017)	50,0	(DO VALE <i>et al.</i> , 2007)
Coconut (shell)	70,0	(MARTINS, C. R.; ALVES; JÚNIOR, 2014; SCHNEIDER <i>et al.</i> , 2012)	60,0	(NUNES <i>et al.</i> , 2020)
Guarana (seed):	85,0	(MAGNA <i>et al.</i> , 2003)	9,2	(ROCHA <i>et al.</i> , 2020).
Papaya (peel and seed)	5,0	(DURIGAN; DURIGAN, 2014)	39,0	(ABIB, 2011).
Cassava (peel, bran, and wastewater)	60,0	(WOSIACKI ; CEREDA, 2002)	39,4	(WOSIACKI; CEREDA, 2002)
Corn (straw and cob)	95,0	(SCHNEIDER <i>et al.</i> , 2012)	58,0	(ABIB, 2011)

Source: Own elaboration

Table 2: Agricultural production data by crop and estimate of the volume of biomass to be used in the TSC in the accumulated period from 1999 to 2019 (per Mil).

Products	Planted Area (ha)	Harvested Area (ha)	Total Produced Quantity (t)	Average Yield (Kg/ha)	Industrialized Production ^a (t)	Raw material in Industry ^b (t)
Banana	128,0	121,4	1 370,0	11,2	41,0	21,0
Cocoa	5 800,0	5 600,2	1 118,0	201,0	1 062,0	404,0
Coffee	75,6	70,5	93,3	1,3	84,0	42,0
Coconut	137,0	128,0	462,5	3,6	324,0	194,2
Guarana	4,2	4,0	1,7	428,0	1,5	136,0
Papaya	3,5	3,4	80,3	23,4	4,0	1,5
Cassava	115,5	112,7	1 241,6	11,0	745,0	294,0
Corn	8,4	8,4	11,5	1,4	11,0	6,3

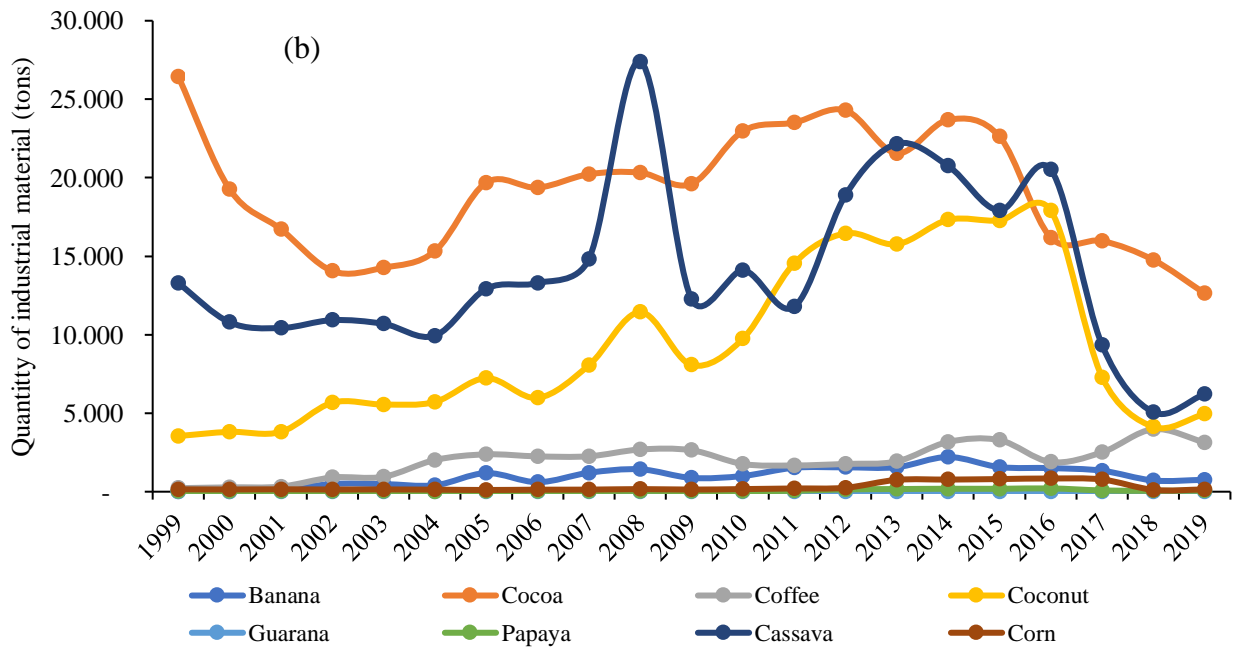
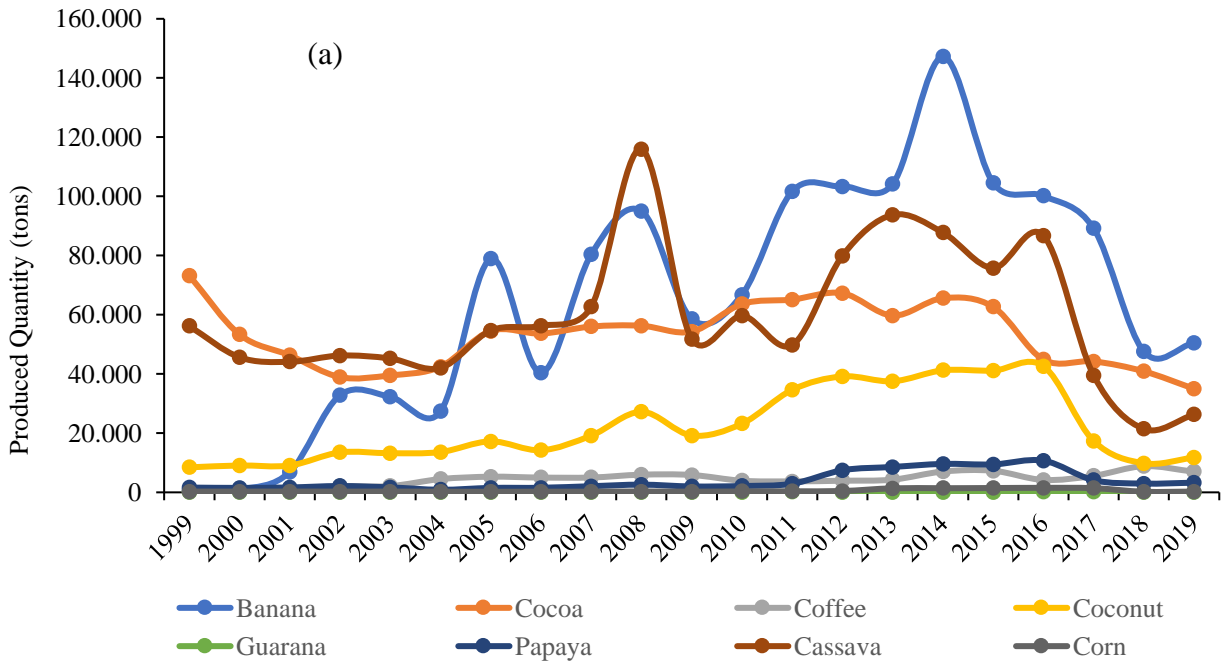
Source: Own elaboration based on PAM, 1999-2019.

Note: The values of industrialized production ^a and raw material in Industry ^b were estimated based on the percentages in **Table 1**.

Cassava, coconut, cocoa, and banana crops have periods of oscillation, with a greater decline and, continuous (from 2014 in terms of agricultural production and the biomass generated from this production in the TSC) in **Figures 1a** and **1b**. At the end of 2019, the levels of agricultural production and biomass of the TSC returned to the levels of 2002. These oscillations are linked to the long periods of climatic instability that the territory has experienced over the years. Once, there was a reduction in the original forest, from approximately 351 thousand hectares in 1975 to only 29 thousand hectares in 1995 (Santos et al., 2020b). The most preserved fractions of the Atlantic Forest in the TSC are found in the eastern part, between Maraú, in the north and south of Ilhéus, and in Canavieiras (Brasil, 2010; Santos et al., 2020b).

The planting of cocoa, carried out using the densely shadowed cultivation (cabruca) method, has ensured the preservation of fragments of the Atlantic Forest, mainly due to its agricultural formation being associated with agroforestry. However, cities like Ibicaraí reduced the area destined for cocoa from 88% to 56%. In comparison, Uruçuca reduced this area from 40% to 2%, in an immediate replacement of the cocoa plantation by another more impactful economic activity (i.e., cattle production). However, re-establishing practical mechanisms for the management and conservation of biodiversity is mandatory and needed, as such actions are effective in environmental recovery and such measures result in territorial development (Brasil, 2010; Natiana et al., 2019;

Figure 1: Quantity (in tons) of industrial raw material (a) and (b) of agricultural products



produced in the TSC - 1999 to 2019.

Source: Own elaboration

The availability of biomass among the 10 main agricultural crops, as well as among the 10 largest municipalities in the territory under study are shown in **Figures 2a** and **2b**. Cocoa and cassava stand out, as these agricultural products represent 41,95% and 30,51%, respectively, of the total raw material, in consequence, both products offer 72,46% of the total TSC biomass. The significant volumes of biomass supply from these two agricultural crops are explained by the percentages of raw

material industrialization of 95% and 60%, and a residual factor of 38% and 39,4%, respectively. These agricultural products are demanded by both industry and society. Thus, cocoa and cassava are considered the most relevant among the analyzed agricultural products, as shown in **Figure 3a**.

The municipalities of Ilhéus, Una, and Canavieiras have the most significant offers of raw material because these cities concentrate a significant portion of the small and medium processing units of these agricultural crops production (small and medium pulp and juice factories), see **Figure 3b**. In addition, the information related to the agricultural products, biomass residues, and location of processing factories is useful to define an optimized location, processing capacity, and product portfolio of the small- and medium-scale biorefineries after verifying techno-economic, environmental, and social performance. (Aksoy et al., 2011; Bairamzadeh et al., 2016; Carvalho et al., 2013; Karttunen et al., 2018; Martinez-Guido et al., 2016; Nieder-Heitmann et al., 2019; Reeb et al., 2018; Sukumara et al., 2014; Zhu and Yao, 2011).

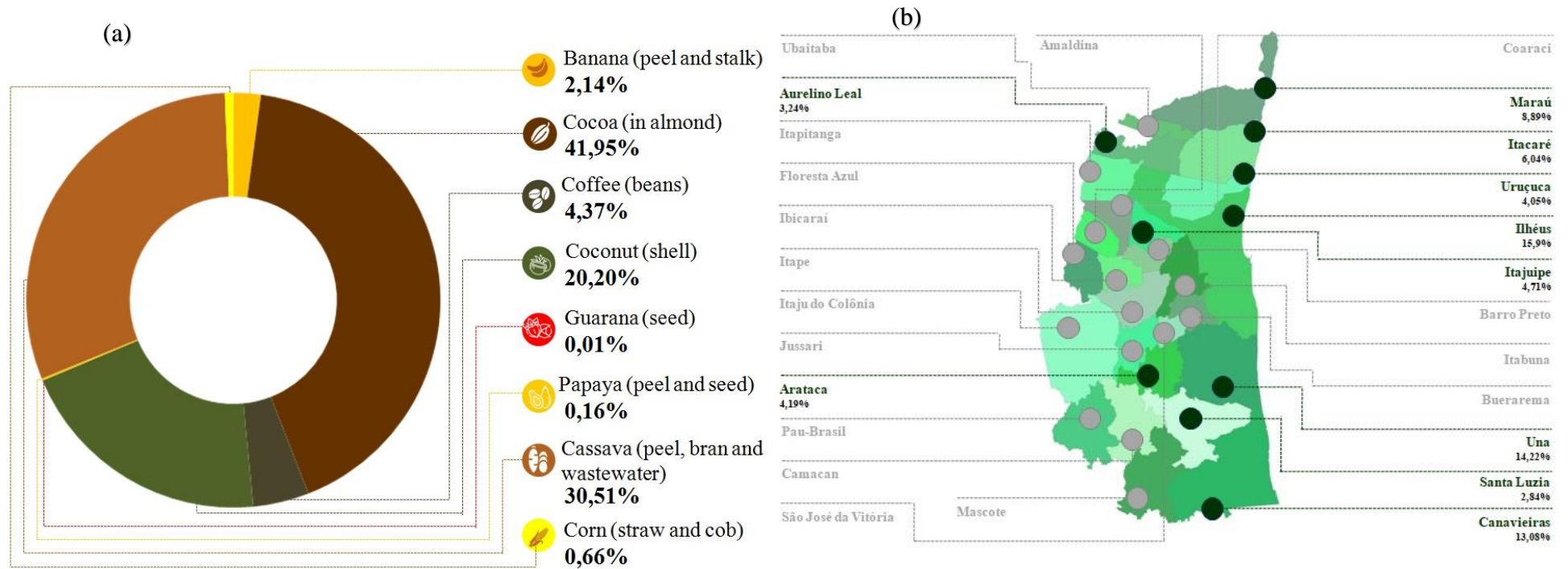
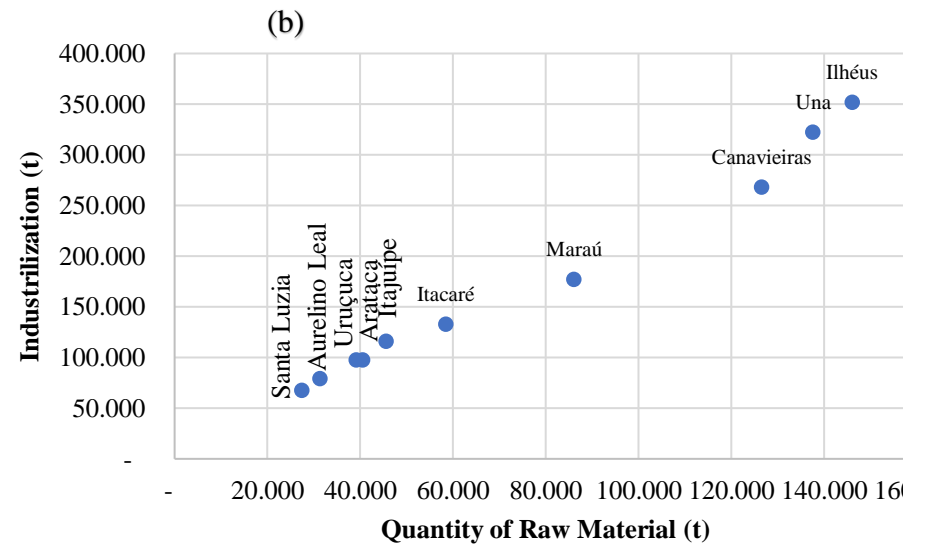
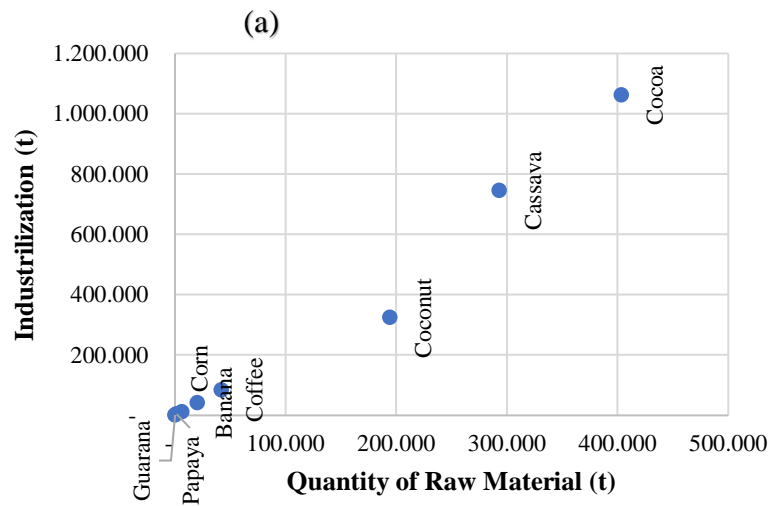


Figure 2. Relative cumulative share (%) of the total amount of kilograms per industrialized raw material (a) and (b) of the 10 largest municipalities in the TSC - 1999 to 2019



Source: Own elaboration

Figure 3: Absolute cumulative amount of industrialized raw material in relation to the amount of agricultural raw material (a) and (b) amount of industrialized raw material in relation to the amount of agricultural raw material per municipality of the TSC - 1999 to 2019.

Regarding the variation in the volume of agro-industrial biomass in the cities of the TSC, it is possible to verify that in the periods from 1999 to 2009, 2009 to 2019, and 1999 to 2019, only the municipality of Itacaré had a positive variation, while all the others varied negatively, which reveals a downward trend in agro-industrial production over the years (see **Table 3**). This fact is related to the economic transition that the territory is undergoing, through the phenomenon called productive reconversion. This transition has replaced the characteristic agricultural economy of the TSC with an economy focused on the production of services, concentrated mainly in the cities of Itabuna and Ilhéus (Carvalho et al., 2020).

For the resumption of agro-industrial production in the TSC, investments in research and innovation are necessary to promote the aggregation of value to raw materials, mainly through the extraction of bioactive compounds with pharmaceutical applications and value-added production commercialization in small- and medium-scale biorefineries. Indeed, these facilities can increase productivity, have lower logistics costs, and be less dependent on chains with contracts that exploit, in terms of price, small and medium-sized rural producers—such as the chocolate and dairy industries—and others that have little added value when compared with the potential bioproducts portfolio derived from these facilities (Li et al., 2015; Santos et al., 2020b).

Finally, bio-based products also have a set of genetic information about countless molecules of economic interest for various segments of the pharmaceutical, cosmetic, food, etc. Therefore, government policies that consider this great potential are necessary since these would make it possible to assist in territorial development, generating various social benefits for the local population, such as better wages, respect for labor legislation, and improved professional qualifications (Philp, 2018).

Table 3: Estimated generation of industrial material used (in tons) in the TSC municipalities in 1999, 2009, and 2019, according to local agricultural production.

Municipality	Year			Variation %		
	1999	2009	2019	1999 to 2009	2009 to 2019	1999 to 2019
Floresta Azul	1.596	564	145	-64,65	-74,26	-90,90
Itapé	416	144	52	-65,49	-64,07	-87,60
Itaju do Colônia	462	123	61	-73,34	-50,13	-86,71
Ibicaraí	1.350	547	184	-59,51	-66,29	-86,35
Itapitanga	531	407	120	-23,30	-70,52	-77,39
São José da Vitória	700	338	164	-51,68	-51,65	-76,64
Mascote	1.849	953	550	-48,45	-42,34	-70,28
Una	10.504	5.606	3.481	-46,63	-37,90	-66,86
Pau Brasil	1.040	526	348	-49,42	-33,75	-66,49
Buerarema	1.419	798	490	-43,79	-38,62	-65,50
Coaraci	1.382	1.074	480	-22,28	-55,35	-65,30
Arataca	2.160	1.529	756	-29,19	-50,53	-64,97
Jussari	633	384	239	-39,30	-37,95	-62,34
Itabuna	1.277	964	500	-24,53	-48,08	-60,81
Canavieiras	5.795	5.638	2.909	-2,72	-48,41	-49,81
Santa Luzia	1.761	1.359	1.121	-22,86	-17,49	-36,35
Maraú	2.998	3.238	1.924	8,01	-40,59	-35,83
Itajuípe	2.032	1.745	1.358	-14,11	-22,17	-33,15
Almadina	623	691	464	10,91	-32,86	-25,53
Barro Preto	768	669	575	-12,88	-14,12	-25,18
Ilhéus	7.219	6.480	5.758	-10,24	-11,14	-20,24
Camacan	1.411	1.038	1.200	-26,41	15,56	-14,96
Aurelino Leal	715	1.439	651	101,37	-54,79	-8,96
Ubaitaba	471	972	436	106,35	-55,15	-7,44
Uruçuca	1.543	1.816	1.484	17,69	-18,30	-3,84
Itacaré	1.893	.226	2.455	17,57	10,29	29,68

Source: Author's elaboration.

3.2 Pearson Correlation Coefficient

The results of the Pearson correlation are presented in **Table 4**. These results reveal the existence of a strong linear relationship between the agricultural crops of banana, coconut, papaya, cassava, corn, guarana, coconut, and coffee with their respective biomasses. As a result, there is a correlation between agricultural production in the analyzed period and biomass production in the

same period. What explains this phenomenon is that the second (biomass) is the result of the first (agricultural production), so when the first decreases, the other also decreases, which does not happen otherwise. In turn, the agricultural crops of i) coconut and banana; ii) guarana and coconut; iii) papaya and banana; iv) papaya and coconut; v) cassava and coconut; vi) corn and coconut; and vii) maize and papaya, as well as their respective biomasses, show a moderate correlation. This phenomenon is explained by the fact that these crops are considered permanent (i.e., these agricultural products have a harvest cycle of approximately one year), which therefore allows for the coincidence of biomass supply (Borges, A.L.; Souza, 2004; Padam et al., 2012; Redondo-g et al., 2020; Vásquez et al., 2019).

Another relevant feature is that these crops are established in agroforestry systems, a model considered essential for achieving sustainability in agriculture since increases farmers' incomes, strengthens food security, and contributes to biodiversity. This model minimizes the production cost of the family producer, through apportionment between crops, minimizes the incidence of pests and diseases, since these systems provide a natural barrier of plants against undesirable insects on the plantation, and maximizes the ability to supply multiple biomasses in a single location. This last factor is interesting because a multi-feedstock medium-scale biorefinery can help to reduce transport and acquisition cost since these facilities can be located near the crop (Ait Sair et al., 2021; Clauser et al., 2016; Kokkinos et al., 2018; Lee et al., 2017; Rafiaani et al., 2020; Santibañez-Aguilar et al., 2014).

More specifically, the cultivation of coconut and banana is very dependent on water. Therefore, these cultures are cultivated together as a way to minimize costs in the installation of irrigation systems, as it serves both for the care of coconut and for planting bananas, which optimizes production. Another important aspect is that the harvest of coconut is carried out, on average, every 6 to 8 months, whereas that of banana occurs, on average, every 7 months. Therefore, both offer biomass in the same period (Borges, A.L.; Souza, 2004; Padam et al., 2012; Redondo-g et al., 2020; Suresh K MalhotraSuresh; Maheswarappa HP.V Selvamani; P. Chowdappa, 2017; Vásquez et al., 2019).

The procedure mentioned above follows all agricultural crops grown through agroforestry

systems with coconut, except for the cultivation of guarana, which, even though this research expresses the existence of a correlation, it was not possible to determine a cause-and-effect relationship. Therefore, further investigations are needed into this question. Additionally, to get a balance between the production of agricultural crops and the supply of biomass in a way that does not reduce the industrial activity of a biorefinery in the TSC, investments in modern production techniques are necessary, such as genetic improvement of seeds, technologies that allow greater efficiency, continuous technical assistance to producers, availability of credit, and the implementation of drip irrigation systems. Thus, it would be possible to make better use of water and more continuous production, especially in times of water scarcity (a factor present in the TSC), as well as crops that are more resistant to pests and diseases. (Santos et al., 2020b).

Table 4: Person Correlation Coefficient between the variables, quantity produced of agricultural crops produced in the TSC, these being, banana, Cocoa, coffee, coconut, guarana, papaya, cassava, and corn and their respective biomasses, as described in **Table 1** and **Table 2**.

VARIABLES	1	2	3	4	5	6	7	8
Banana								
Cocoa	0,36							
Coffee	0,60 ^a	-0,10						
Coconut	0,88 ^a	0,48	0,32					
Guarana	0,68 ^a	0,49	0,10	0,74 ^a				
Papaya	0,74 ^a	0,26	0,34	0,87 ^a	0,62 ^a			
Cassava	0,63 ^a	0,54	0,08	0,74 ^a	0,58 ^a	0,59 ^a		
Corn	0,66 ^a	0,16	0,29	0,71 ^a	0,65 ^a	0,88 ^a	0,47	

Note: 'a' significant correlation since the values were $p < 0.01$

Source: Own elaboration.

3.3 Tree and Decision

One of the significant contributions of this research is the classification of biomass through the CART Algorithm. In this case, the results indicate that the banana attribute reached the highest value of the Gini index in the CART algorithm calculations in **Figure 4**. Then, it will be the root. The branch located to the left of the tree is represented up to the third level. This is unlike the branches on the right, which only obtained one level. This factor is related to the first decision since there is a greater homogeneity of the bran node with the cassava leaf. Therefore, in this case, a decision was reached that, for the extraction of bioactive compounds and value-added products obtained from the bran, the agricultural crop of cassava is the most representative of the sample.

In the second partition, a greater purity of the banana branch is observed. However, the seed node is related to guarana. Therefore, a second decision is reached because, if it is more interesting to extract the bioactive compounds from seeds, for whatever reason, guarana is the most recommended agricultural crop. The last partition, which guides the final node of possible applications, has, once again in the banana branch, a greater homogeneity and is also related to the banana leaf, involving products of the pharmaceutical industry and not with applications in several industries (cosmetics, plastics, etc.), which is linked to the coffee leaf. Thus, it is inferred that, for this data set, if small-scale biorefineries choose to process biomass from agricultural crops that have the potential to give bio-based products with applications in different industries, coffee biomass is the best option. For applications with more pharmaceutical prominence, the bioactive compounds present in the banana crop biomass are better positioned.

The pharmaceutical industry is one of the most promising for the bioeconomy since this industry has intense research in global terms, as it needs a continuous flow of new products (which make it possible to save lives and help improve the quality of the well-being of societies) from different biomass sources. From the peel and stem of the banana, for example, it is possible to extract pectin, succinic acid, phytosterols, tocopherols, catecholamines, anthocyanins, and ascorbic acid, which have anti-inflammatory, anti-cholesterol, antioxidant, antibacterial, anticancer properties, etc.

In addition, these biomass sources present many opportunities for local development. On the other hand, the pharmaceutical industry represents a trade worth billions of dollars per year, which allows the opening of several business windows, as well as the construction of new intersectoral value chains, in addition to helping in the integration of biomass-producing regions, like the TSC, with pharmaceutical industrial centers, with a focus, above all, on overcoming regional inequalities and improving people quality of life.

Regarding bio-based products with potential applications for food, nutraceuticals, food supplements, feed, fibers, chemicals, fertilizers, and contaminant absorbers, (i.e., those that have an impact on different industries) are also important for the bioeconomy because this portfolio of products acts as a way to guarantee diversity of buyers, as well as expand the possibilities of generating work and income for farmers (Pyrgakis and Kokossis, 2019).

Among the Brazilian economic activities related to the bioeconomy, agriculture and livestock stand out, with 53% of the country's sales, and the manufacture of food products, beverages, and tobacco products, with 20%. In the European Union, the segments of economic activities with the highest participation in the bioeconomy are food products and agriculture, with 44% and 19%, respectively. Thus, an inversion of the economic segments is observed when compared, mainly due to the potential of Brazilian agriculture in terms of production, as shown in this study from the TSC (**Table 2**). Global sales of biochemicals totaled around US\$77 billion in 2014, but represent only 4% of the total chemical industry. Therefore, the growing need for public and private investments that allow the development of methods for producing bio-based compounds in small-scale biorefineries to promote the rapid maturation of this segment is crucial for the development of new bio-based industries (Kircher, 2014).

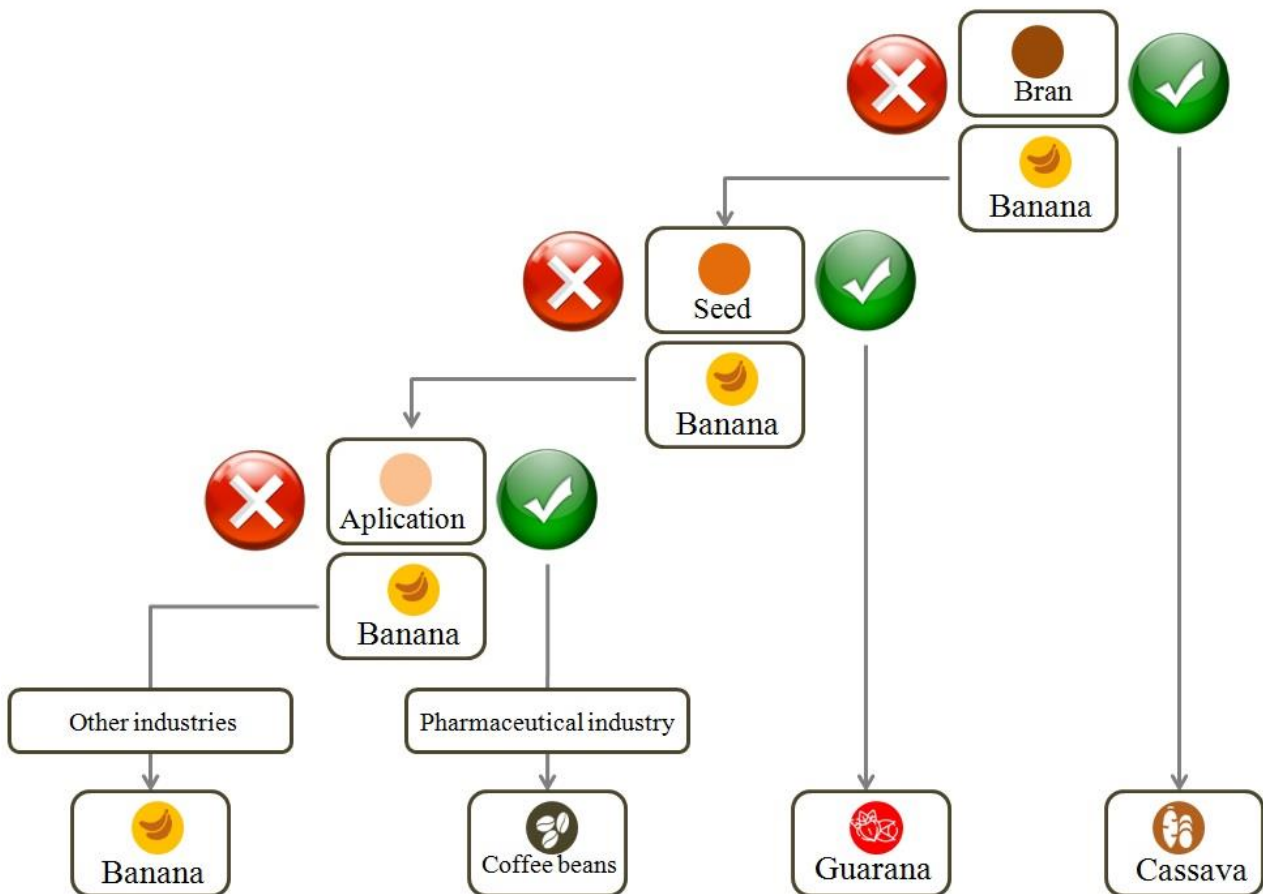


Figure 4: Classification of agricultural products from the Bahia TSC through the CART Decision Tree - 1999 to 2019.
Source: Own elaboration.

3.4 Forest biomass sources.

The potential of families of forest species (native or exotic) in the Atlantic Forest areas of the TSC is shown in **Figure 5**. Since the extraction and commercialization of bioproducts for the pharmaceutical industry make it possible to significantly boost local development. Among the families of forest species most used for medicinal purposes in southern Bahia, *Asteraceae* stands out. Studies report the identification of 25 species, and among the most commonly cited is *Artemisia*, due to its potential for use in health applications, such as fighting diarrhea, as well as its easy cultivation in ruderal areas (Antônio, 2016; Geraldini et al., 2015; Michel et al., 2020).

Among the families most present in the South of Bahia, *Fabaceae* has 37 species, among which *Pterocarpus rohrii* Vahl stands out since its sap has applications in the fight against tuberculosis and also acts as a depurative for the body (Thomas et al., 2009). The *Anacardiaceae* family has about 80 genera and 800 species. One of the most well-known and consumed species around the world is the *aroeira*, native to Brazil. Ecologically, the mastic tree plays an important role in the forest ecosystem, offering resources such as pollen, nectar, resins, and shelter for an infinity of

insects, in addition to the fact that its fruits are also used by wild fauna. About 14 genera and 56 species, with 1 genus and 16 species endemic to *Anacardiaceae*, have been identified in Brazil. In the TSC, four medicinal species were identified, being rich in secondary metabolites with great therapeutic potential, such as antioxidant and antimicrobial effects (Antônio, 2016; Neves et al., 2021; Ramadan et al., 2010).

Subsequently, the *Myrtaceae* family is distributed in tropical and subtropical regions, with about 140 genera and 5,600 species. In Brazil, 23 genera and 1028 species have been described, of which 4 genera and 790 species are considered endemic. In the TSC, nine species were located, with emphasis on *Eugenia uniflora* L, which has a strong inhibitory potential for α -glucose and, consequently, is promising for the treatment of diseases associated with the enzyme (Antônio, 2016; da Silva et al., 2022; Frausin et al., 2014; Seraglio et al., 2018; Thomas et al., 2009). The *Meliaceae* family is distributed in tropical and subtropical regions, such as the Americas, western India, Southeast Asia, and southern China, with 50 genera and 1400 species (Thomas et al., 2009). In the TSC, 13 species of this family were identified, and the bioactive compounds were extracted from the seeds, which have anti-inflammatory, antimutagenicity, and antitumor effects, therefore being widely used by the pharmaceutical industry (Muellner-Riehl and Rojas-Andrés, 2021; Tan et al., 2021). In turn, the families *Moraceae* and *Lauraceae* have a variety of species with different applications. The first comprises about 40 genera and more than 1000 species; the second is a family of flowering plants comprising about 40 genera and over 1000 species. The *Lauraceae* family has a significant number of varieties, ranging from use for seasonings to medicines; but its main genus is *Persea*, with about 190 species distributed in the tropical and subtropical zones of America and Asia. Both families have, respectively, 12 and 11 species that have clinical applications in cardiovascular and anticancer diseases (Antônio, 2016; Hussain et al., 2017; Lillo et al., 2023; Pawlowska et al., 2008).

The *Verbenaceae*, *Zingiberaceae*, and *Xanthorrhoeaceae* families comprise, together, 152 genera and 4300 species, expanding across all continents and being well known for medicinal use, spice, ornamental use, agrochemical use, and essential oils of great medicinal value. Among the families mentioned above, the *Aloe vera* species, also known as aloe, stands out, having more than 46 products manufactured by different companies around the world. Latex and gel extracted from leaves, for example, are rich in amino acids, enzymes, glycoproteins, minerals, polysaccharides, vitamins, and phytochemicals. Due to the ease of cultivation, popular and family farmers have been striving to meet the growing global demand for products derived from *Aloe vera*. However, government incentives for the development of technologies and innovations for these segments, especially concerning extraction, are still scarce or almost non-existent.

In the TSC, the families mentioned above have, respectively, 12, 8, and 2 species. There is a significant asset coming from the forest. However, the products derived from these species are mostly

consumed by the local families themselves, and then only the surplus is destined for commercialization. It is necessary to promote the empowerment of these farmers so that they seek within the government (programs and projects) more consistent solutions that promote production on larger scales and add value to products as a way to stimulate the quality of life and local development (Adlakha et al., 2021; Antônio, 2016; Santos et al., 2015; Subhashis Paul, Somit Dutta, Tapas Kumar Chaudhuri, 2014; Victório, 2011).

Another aspect is that these families (*Verbenaceae*, *Zingiberaceae*, *Xanthorrhoeaceae*) have more than one medicinal indication, namely: treatment of pain, scarring, and inflammation; treatment of diarrhea and flu; swelling, scarring, hair; fever and flu; diabetes; jaundice and hepatitis; treatment for cancer; infectious diseases; and gastrointestinal disorders. Therefore, it appears that bioactive compounds from forest species, when added to the pharmaceutical industry, can build a territorial, competitive, and profitable market based on the involvement of the main stakeholders in this sector. This model makes it possible to reduce external dependence on products and services. strengthen the endogenous capacities of communities to remain resilient and prosperous (Adlakha et al., 2021; Antônio, 2016; Jorge et al., 2020; Lima et al., 2014).

It is important to highlight that small-scale biorefineries are emerging as an alternative capable of making the extraction of bioactive compounds feasible and conversion to value-added products from lignocellulosic biomass. This is explained in detail, especially when generating social development in rural communities as in the case of the impact assessed by the upgrading of non-commercialized avocados in rural areas of Colombia (Solarte-Toro et al., 2021). This is possible when small farmers are involved in the production and processing of raw materials from the forest. These industrial units help generate jobs at the local level and maintain the Atlantic Forest since the bioactive compounds and value-added products to be obtained are mainly extracted from leaves, roots, bark, and seeds (Machado et al., 2021; Salvador et al., 2022; Stegmann et al., 2020).

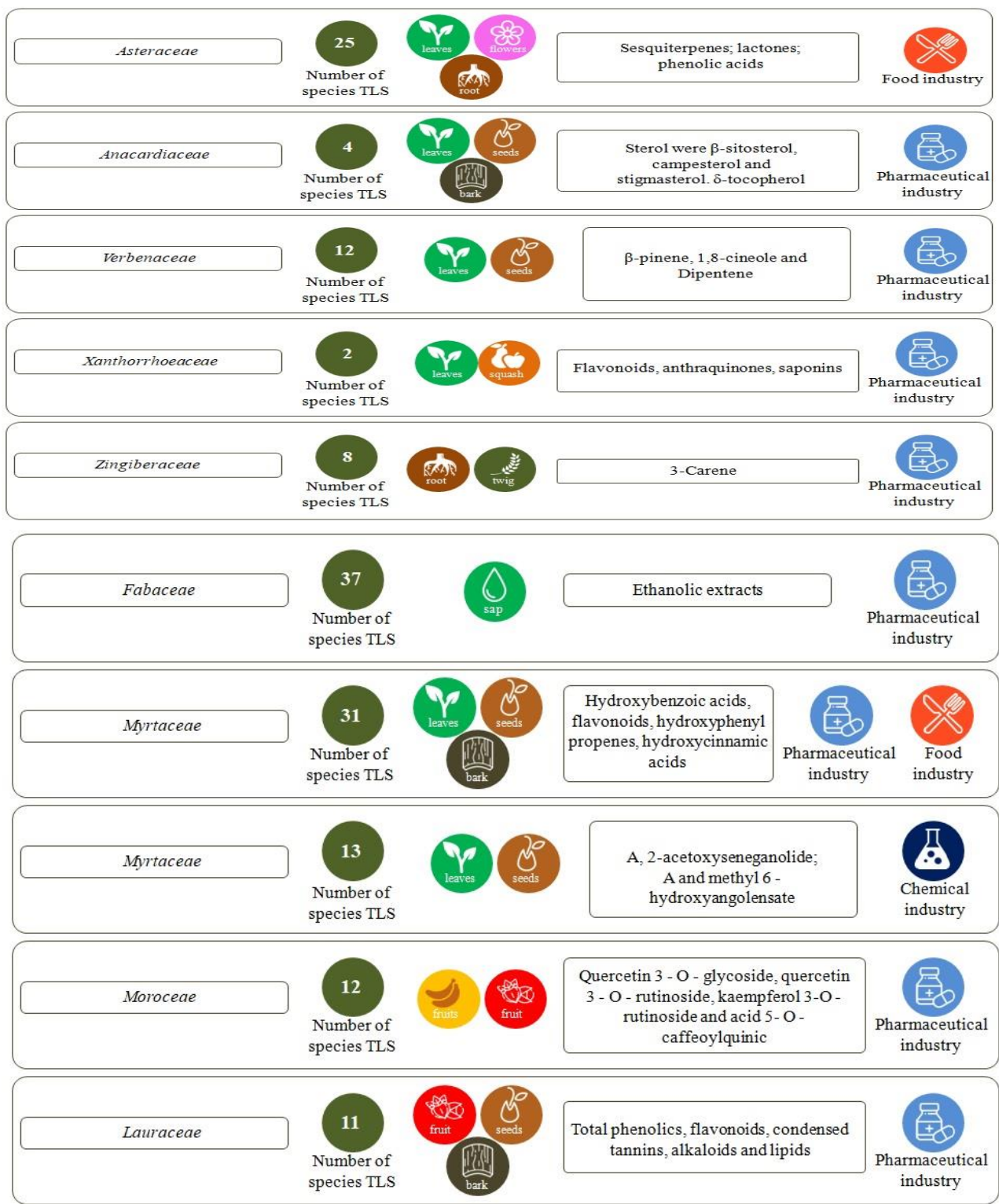


Figure 5: Synthesis of the identification of the main forest species present in the Atlantic Forest of the TSC of Bahia and their respective applications
Source: Own elaboration.

4 Limitations and future research

Due to the limitations of data present in the PAM (not available in full over the period studied, that is, from 2009 to 2019) for other agricultural crops in the TSC, such as acai, beans, black pepper, and palm heart (palmito), only eight were involved in this research, which represents 72,72% of the total agricultural crops analyzed by the IBGE. The scope of future research needs to be expanded, considering the potential that each agricultural crop and each forest species has to absorb carbon, and, in this way, point out ways to structure trade-in credits at the territorial level, aiming for rapid and deep decarbonization since lignocellulosic biorefineries contribute considerably to reforestation as well as to forest preservation.

5 Conclusions

There was a need for greater investments to overcome the decline in agricultural production based on the exhaustive marketing of raw materials, whose values are less than those of agro-industrialized products. A factor that became more apparent in 2014 when the total agricultural production of the TSC reached an approximate level of 350 thousand tons but then fell to around 160 thousand tons. Another example is bananas, whose quantity produced in the period from 1999 to 2019 exceeded that of cocoa, the latter of which, 200 years ago, was figured as the main agricultural product produced in the TSC.

However, the low productivity per hectare, due to the age of the plantations, the incidence of pests, the absence of genetic studies for the use of modern cultivars adapted to the new edaphoclimatic conditions, as well as the suppression of credit for investments in the sector, has caused the reduced interest of producers in continuing to produce them, which is why banana production, which has significantly higher productivity when compared with cocoa, has been taking over the position as the main agricultural product in the territory.

Additionally, the absence of an updated and efficient national policy for the development of the bioeconomy, mainly oriented towards the use of biomass from agricultural, agro-industrial, and forestry products, makes the country and, consequently, the territories less competitive in economic terms and technological. Therefore, stimuli that promote the aggregation of these products mentioned above, mainly through support for the implementation of small and medium-scale biorefineries, which, in the case of biomass conversion, extract bio-based products with significantly higher values than those of in natura products. This fact makes the TSC an important pole of attraction for new industries, such as the pharmaceutical industry, which, due to its scientific and economic potential can help to overcome the tendency of the rural productive system to decline, and, therefore, generate

positive gains for communities.

The biomass classification model generated by the CART algorithm, despite being unprecedented for this type of research, was extremely consistent for the analysis of the data set involving the possible applications of agricultural biomass, since it allows investors, decision makers, policy makers, and farmers to identify possible paths to be followed from the banana and coffee crops, which have, respectively, a greater relationship with the pharmaceutical industry and with the various other bio-industries.

6 Declaration of Data Availability

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author, Dayvid Souza Santos upon reasonable request.

7 Declaration of interests

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

8 Authors' contribution statement.

Dayvid Souza Santos: Investigation, Writing – original draft preparation; Conceptualization, Writing – Reviewing; Methodology, Software, Validation

Tito Francisco Ianda: Methodology,

Mario Henrique Bueno Moreira Callefi: Conceptualization

Ewerton Emmanuel da Silva Calixto: Methodology,

Gonçalo Amarante Guimarães Pereira: Writing – Reviewing

Juan Camilo Solarte Toro: Writing Reviewing

Carlos Ariel Cardona Alzate: Conceptualization, Writing – Reviewing

Ricardo de Araújo Kalid: Supervision, Data curation and Editing, Validation

Fernando Luiz Pellegrini Pessoa: Supervision, Visualization; Validation

References

- Abdeshahian, P., Shiun, J., Shin, W., Hashim, H., 2016. Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 60, 714–723. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.117>
- ABIB, 2011. Inventário Residual Brasil - WoodPellets - Briquete - Energia, Associação brasileira de indústrias da biomassa. <https://pt.calameo.com/read/000200968cc3a949579a0>.
- Acosta, R., Sanabria, J., Nabarlantz, D., 2018. Biomass from Colombian Agroindustrial Activities : Characterization and Potential for Oligosaccharides Production Biomass from Colombian Agroindustrial Activities : Characterization and Potential for Oligosaccharides Production. *Chem. Eng. Trans.* 65. <https://doi.org/10.3303/CET1865112>
- Acuna, M., Sessions, J., Zamora, R., Boston, K., Brown, M., Ghaffariyan, M.R., 2019. Methods to Manage and Optimize Forest Biomass Supply Chains: a Review. *Curr. For. Reports* 5, 124–141. <https://doi.org/10.1007/s40725-019-00093-4>
- Adeniran, A. H. and Abiose, S.H., 2009. Amylolytic potentiality of fungi isolated from some Nigerian agricultural wastes, *African Journal of Biotechnology*. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/59910>.
- Adlakha, K., Koul, B., Kumar, A., 2021. Value-added products of Aloe species : Panacea to several maladies. *South African J. Bot.* 000. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.12.025>
- Ait Sair, A., Kansou, K., Michaud, F., Cathala, B., 2021. Multicriteria definition of small-scale biorefineries based on a statistical classification. *Sustain.* 13, 1–18. <https://doi.org/10.3390/su13137310>
- Aksoy, B., Cullinan, H., Webster, D., Gue, K., Sukumaran, S., Eden, M., Sammons Jr., N., 2011. Woody biomass and mill waste utilization opportunities in Alabama: Transportation cost minimization, optimum facility location, economic feasibility, and impact. *Environ. Prog. Sustain. Energy* 30, 720–732. <https://doi.org/10.1002/ep.10501>
- Alves-prado, H.F., Pavezzi, F.C., Simões, R., Leite, R., Oliveira, V.M. De, Sette, L.D., Dasilva, R., 2010. Screening and Production Study of Microbial Xylanase Producers from Brazilian Cerrado 333–346. <https://doi.org/10.1007/s12010-009-8823-5>
- Aneani, F., Anchirinah, V.M., Owusu-Ansah, F., Asamoah, M., 2012. Adoption of Some Cocoa Production Technologies by Cocoa Farmers in Ghana. *Sustain. Agric. Res.* 1, 103–117. <https://doi.org/10.5539/sar.v1n1p103>
- Antônio, E., 2016. Análise das publicações etnobotânicas sobre plantas medicinais da Mata Atlântica na Região Sul do Estado da Bahia , Brasil Analysis of ethnobotanical publications on medicinal plants of the forest Atlantic in the South of Bahia , Brazil 10, 115–140. <https://doi.org/10.5935/2446-4775.20160010>
- Badiyani, B.K., Kumar, A., Bhat, P.K., Sarkar, S., 2013. Chocolate Disinfectant : Effectiveness of Cocoa Bean Husk Extract on Streptococcus mutans in Used Toothbrushes, *IJOER*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Chocolate-Disinfectant%3A-Effectiveness-of-Cocoa-Bean-Badiyani-Kumar/448bb6b26c40bc1fc25538593c2d0e3fccb46bd0>.
- Bairamzadeh, S., Pishvae, M.S., Saidi-Mehrabad, M., 2016. Multiobjective Robust Possibilistic Programming Approach to Sustainable Bioethanol Supply Chain Design under Multiple Uncertainties. *Ind. Eng. Chem. Res.* 55, 237–256. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.5b02875>
- Baldin, E.L.L., Wilcken, S.R.S., Pannuti, L.E. da R., Schlick-Souza, E.C., Vanzei, F.P., 2012. Use of botanical extracts, cassava wastewater and nematicide for the control of root-knot nematode on
-

carrot. *Summa Phytopathol.* 38, 36–41. <https://doi.org/10.1590/s0100-54052012000100006>

- Bara, S.A.S., Alves, S.F., Paula, J.A.M. de, Fiuza, T.S., Paula, J.R., F., M.T., 2011. Determinação de taninos e metilxantinas no guaraná em pó (*Paullinia cupana* Kunth , Sapindaceae) por cromatografia líquida de alta eficiência. *Brazilian J. Pharmacogn.* 20, 866–870. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2011005000001>
- Bel, L., Allard, D., Laurent, J.M., Cheddadi, R., Bar-Hen, A., 2009. CART algorithm for spatial data: Application to environmental and ecological data. *Comput. Stat. Data Anal.* 53, 3082–3093. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2008.09.012>
- Bello, S., Méndez-Trelles, P., Rodil, E., Feijoo, G., Moreira, M.T., 2020. Towards improving the sustainability of bioplastics: Process modelling and life cycle assessment of two separation routes for 2,5-furandicarboxylic acid. *Sep. Purif. Technol.* 233, 116056. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.116056>
- Beuchelt, T.D., Nassl, M., 2019. Applying a Sustainable Development Lens to Global Biomass Potentials. *Sustainability* 11, 5078. <https://doi.org/10.3390/su11185078>
- Borges, A.L.; Souza, L.S., 2004. O cultivo da Bananeira, .1^a. ed. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142900/1/Livro-Banana.pdf>, Cruz das Almas – BA.
- Brasil, 2010. Plano Territorial de Desenvolvimento Sustentável Litoral Sul da Bahia. http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territorio050.pdf.
- Bravo, L., Ramos, S., Granado-serrano, A., 2007. Dietary fibre composition, antioxidant capacity and physico-chemical properties of a fibre-rich product from cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Food Chem.* 104, 948–954 F. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.12.054>
- Breiman, L., Ross Ihaka, 1984. Nonlinear Discriminant Analysis Via Scaling and Ace, Statistics Department Yale University. <https://digitalassets.lib.berkeley.edu/sdtr/ucb/text/40.pdf>.
- Broch, J., Nunes, R.V., Silva, I.M. da, Souza, C. de, 2018. Carboidrases e coproduto da mandioca na alimentação de frangos de corte: revisão. *Agropecuária Catarinense* 31, 82–86. <https://doi.org/10.22491/rac.2018.v31n2.11>
- Budzianowski, W.M., Postawa, K., 2016. Total Chain Integration of sustainable biorefinery systems. *Appl. Energy* 184, 1432–1446. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.06.050>
- Cangussu, L.B., Melo, J.C., Franca, A.S., Oliveira, L.S., 2021. Chemical Characterization of Coffee Husks, a By-Product of *Coffea arabica* Production. *Foods* 10, 3125. <https://doi.org/10.3390/foods10123125>
- Cardoso, J., Silva, V., Eusébio, D., 2019. Process optimization and robustness analysis of municipal solid waste gasification using air - carbon dioxide mixtures as gasifying agent. *Energy Res.* 4715–4728. <https://doi.org/10.1002/er.4611>
- Carolina, M., Cesar, J., Carolina, M., 2016. Microbial Pathogenesis Endophytic cultivable bacterial community obtained from the *Paullinia cupana* seed in Amazonas and Bahia regions and its antagonistic effects against *Colletotrichum gloeosporioides* 98, 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2016.06.023>
- Carvalho, A.V., Seccadio, L.L., Mourão, M., do Nascimento, W.M.O., 2011. Qualidade pós-colheita de cultivares de bananeira do grupo “Maçã”, na Região de Belém-PA. *Rev. Bras. Frutic.* 33, 1095–1102. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000400007>
- Carvalho, J.I.C., Soares Neto, H.F., Pinheiro, L.I.F., 2020. Da Vassoura de Bruxa à Fazenda de Chocolate: a Reconversão Produtiva no Sul da Bahia. *Desenvolv. em Questão* 18, 245–265.

<https://doi.org/10.21527/2237-6453.2020.53.245-265>

- Carvalho, M.M., Fleury, A., Lopes, A.P., 2013. An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): Contributions and trends. *Technol. Forecast. Soc. Change* 80, 1418–1437. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.11.008>
- Cerqueira, C.A. De, Jesus, C.M. De, 2016. As políticas territoriais rurais e a articulação Governo Federal e Estadual: um estudo de caso da Bahia., IPEA. <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/8023>.
- CGEE, 2021. Bioeconomia no Brasil e no Mundo: Panorama da Produção Científica, in: Boletim Temático Da Bioeconomia. https://www.cgee.org.br/documents/10195/6917123/CGEE_OBio_bol-tem-bio.pdf, pp. 1–30.
- Chanwitheesuk, A., Teerawutgulrag, A., 2007. Food Chemistry Antimicrobial gallic acid from *Caesalpinia mimosoides* Lamk. *Food Chem.* 100, 1044–1048. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.11.008>
- Clauser, N.M., Gutiérrez, S., Area, M.C., Felissia, F.E., Vallejos, M.E., 2016. Small-sized biorefineries as strategy to add value to sugarcane bagasse. *Chem. Eng. Res. Des.* 107, 137–146. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2015.10.050>
- Corrêa, C.L.O., Penha, E.M., Freitas, O., Aderval, S., Leda, S.L., 2020. Enzymatic Technology Application on Coffee Co - products: A Review. *Waste and Biomass Valorization*. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01208-w>
- Cruz, C.Z.P. da, Vaz, A.B. dos S., Bassan, J.C., Garrido, S.S., Paula, A.V. de, Monti, R., 2020. Hidrólise das proteínas do soro do queijo utilizando a alcalase imobilizada em pó de sabugo de milho. *Brazilian J. Dev.* 6, 45947–45953. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-281>
- da Silva, A.P.G., Sganzerla, W.G., Jacomino, A.P., da Silva, E.P., Xiao, J., Simal-Gandara, J., 2022. Chemical composition, bioactive compounds, and perspectives for the industrial formulation of health products from uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess – Myrtaceae): A comprehensive review. *J. Food Compos. Anal.* 109, 104500. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104500>
- Dahmen, N., Lewandowski, I., Zibek, S., Weidtmann, A., 2019. Integrated lignocellulosic value chains in a growing bioeconomy: Status quo and perspectives. *GCB Bioenergy* 11, 107–117. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12586>
- Dancey, C.P., Reidy, J., Christine, P., Christine, I., 2006. *Estatística sem matemática para psicologia usando spss para windows*, 3^a. ed. <https://www.worldcat.org/pt/title/estatistica-sem-matematica-para-psicologia-usando-spss-para-windows/oclc/212888205>.
- Debeljak, M., Džeroski, S., Jerina, K., Kobler, A., Adamič, M., 2001. Habitat suitability modelling for red deer (*Cervus elaphus* L.) in South-central Slovenia with classification trees. *Ecol. Modell.* 138, 321–330. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00411-7](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00411-7)
- Dias, M.O.S., Ensinas, A. V., Nebra, S.A., Maciel Filho, R., Rossell, C.E. V, Maciel, M.R.W., 2009. Production of bioethanol and other bio-based materials from sugarcane bagasse: Integration to conventional bioethanol production process. *Chem. Eng. Res. Des.* 87, 1206–1216. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2009.06.020>
- Do Vale, A.T., Gentil, L.V., Gonzalez, J.C., Da Costa, A.F., 2007. Caracterização energética e rendimento da carbonização de resíduos de grãos de café (*Coffea arabica*, L) e de madeira (*Cedrelinga catenaeformis*), Duke, Cerne. <https://biblat.unam.mx/hevila/Cerne/2007/vol13/no4/10.pdf>.
- Durigan, M.F.B., Durigan, J.F.D., 2014. *Tecnologia Pós-colheita e Processamento de Mamão:*
-

Qualidade e Renda aos Produtores Roraimenses, Embrapa Roraima.
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/136936/1/N55-DOC-152.pdf>.

- Ekop, I.E., Simonyan, K.J., Evwierhoma, E.T., 2019. Utilization of Cassava Wastes for Value Added Products: An Overview Utilization of Cassava Wastes for Value Added Products: An Overview. <http://ijses.com/wp-content/uploads/2019/01/171-IJSES-V3N1.pdf>.
- Enearepuadoh, O.V., Victor, O., 2021. Extraction and gc-ms analysis of oil obtained from ripe Carica Papaya L. Peels. *Adv. Ind. Pharm. Pharm. Sci.* 1, 1–13. <https://doi.org/10.23977/aipps.2021.010101>
- Fischer, G., Prieler, S., van Velthuisen, H., Berndes, G., Faaij, A., Londo, M., de Wit, M., 2010. Biofuel production potentials in Europe: Sustainable use of cultivated land and pastures, Part II: Land use scenarios. *Biomass and Bioenergy* 34, 173–187. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.07.009>
- Forster-Carneiro, T., Berni, M.D., Dorileo, I.L., Rostagno, M.A., 2013. Biorefinery study of availability of agriculture residues and wastes for integrated biorefineries in Brazil. *Resour. Conserv. Recycl.* 77, 78–88. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.05.007>
- Frausin, G., Lima, R.B.S., Hidalgo, A. de F., Maas, P., Pohlit, A.M., 2014. Plants of the Annonaceae traditionally used as antimalarials: a review. *Rev. Bras. Frutic.* 36, 315–337. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500038>
- Gasparatos, A., von Maltitz, G.P., Johnson, F.X., Lee, L., Mathai, M., Puppim de Oliveira, J.A., Willis, K.J., 2015. Biofuels in sub-Sahara Africa: Drivers, impacts and priority policy areas. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 45, 879–901. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.02.006>
- Geraldini, I., Bieski, C., Leonti, M., Thor, J., Ferrier, J., Rapinski, M., Maria, I., Violante, P., Olaitan, S., Filipe, J., Alves, C., Cassia, R. De, Figueiredo, F., Regina, C., Soares, A., Rodrigues, D., Pacini, A., Paulino, U., Tabajara, D., Martins, D.O., 2015. Ethnobotanical study of medicinal plants by population of Valley of Jurueña Region , Legal Amazon , Mato Grosso , Brazil. *J. Ethnopharmacol.* 173, 383–423. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.07.025>
- González-García, S., García-Rey, D., Hospido, A., Gonzalez-Garcia, S., Garcia-Rey, D., Hospido, A., González-García, S., García-Rey, D., Hospido, A., 2013. Environmental life cycle assessment for rapeseed-derived biodiesel. *Int. J. Life Cycle Assess.* 18, 61–76. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0444-5>
- González-montelongo, R., Lobo, M.G., González, M., 2010. Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds. *Food Chem.* 119, 1030–1039. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.012>
- Graça, C.H. da, Caldas, R.M.F., 2017. Estimativa Da Quantidade De Resíduos (Casca E Polpa) Produzidos Durante O Processo De Beneficiamento Do Café No Município De Varginha – Mg. *Rev. Geonorte* 8, 104–117. <https://doi.org/10.21170/geonorte.2017.v.8.n.30.104.117>
- Granjo, F.O., Duarte, B.P.M., Oliveira, N.M.C., 2017. Integrated production of biodiesel in a soybean biore fi nery: Modeling , simulation and economical assessment. *Energy* 129, 273–291. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.167>
- Han, J., Mao, K., Xu, T., Guo, J., Zuo, Z., Gao, C., 2018. A soil moisture estimation framework based on the CART algorithm and its application in China. *J. Hydrol.* 563, 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.05.051>
- Herrera, L.T., Rodri, S., Osma, J.F., 2007. Banana skin : A novel waste for laccase production by *Trametes pubescens* under solid-state conditions . Application to synthetic dye decolouration. *Dye. Pigment.* 75 75, 32–37. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2006.05.021>
-

- Huettmann, F., Diamond, A., 2001. Seabird colony locations and environmental determination of seabird distribution: a spatially explicit breeding seabird model for the Northwest Atlantic. *Ecol. Modell.* 141, 261–298. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(01\)00278-2](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(01)00278-2)
- Hussain, F., Rana, Z., Shafique, H., Malik, A., Hussain, Z., 2017. Phytopharmacological potential of different species of *Morus alba* and their bioactive phytochemicals: A review. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* 7, 950–956. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2017.09.015>
- Jorge, A., Paula, I., Miranda, D.A., 2020. Potencial bioeconômico das palmeiras e seus insumos como oportunidade de desenvolvimento sustentável para as comunidades locais. *Meio Ambient. Sustentabilidade e Tecnol.* 3, 9–17. <https://doi.org/10.36229/978-65-86127-29-4.CAP.01>
- Kafetzopoulos, D., Skalkos, D., 2019. An audit of innovation drivers: some empirical findings in Greek agri-food firms. *Eur. J. Innov. Manag.* 22, 361–382. <https://doi.org/10.1108/EJIM-07-2018-0155>
- Karttunen, K., Ahtikoski, A., Kujala, S., Törmä, H., Kinnunen, J., Salminen, H., Huuskonen, S., Kojola, S., Lehtonen, M., Hynynen, J., Ranta, T., 2018. Regional socio-economic impacts of intensive forest management, a CGE approach. *Biomass and Bioenergy* 118, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.07.024>
- Khaskheli, A., Abro, A.A., Habib, S., Naqvi, A., Engineering, G., Engineering, G., 2021. Isolation of *Saccharomyces Cerevisiae* and Production of Invertase Enzyme, *International Journal of Modern Agriculture*. <https://www.primescholars.com/articles/production-of-invertase-enzymes-from-saccharomyces-cerevisiae-strainisolated-from-sugarcane-and-grape-juices.pdf>.
- Kircher, M., 2014. The Emerging Bioeconomy: Industrial Drivers, Global Impact, and International Strategies. *Ind. Biotechnol.* 10, 11–18. <https://doi.org/10.1089/ind.2014.1500>
- Kokkinos, K., Lakioti, E., Papageorgiou, E., Moustakas, K., Karayannis, V., 2018. Fuzzy Cognitive Map-Based Modeling of Social Acceptance to Overcome Uncertainties in Establishing Waste Biorefinery Facilities. *Front. ENERGY Res.* 6. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2018.00112>
- Kumar, B., Verma, P., 2021. Biomass-based biorefineries: An important archetype towards a circular economy. *Fuel* 288, 119622. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119622>
- Lara-Abia, S., Lobo-Rodrigo, G., Welti-Chanes, J., Cano, M.P., 2021. Carotenoid and Carotenoid Ester Profile and Their Deposition in Plastids in Fruits of New Papaya (*Carica papaya* L.) Varieties from the Canary Islands. *Foods* 10, 434. <https://doi.org/10.3390/foods10020434>
- Lee, G.-E., Loveridge, S., Joshi, S., 2017. Local acceptance and heterogeneous externalities of biorefineries. *ENERGY Econ.* 67, 328–336. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.08.013>
- Li, C., Tanjore, D., He, W., Wong, J., Gardner, J.L., Thompson, V.S., Yancey, N.A., Sale, K.L., Simmons, B.A., Singh, S., 2015. Scale-Up of Ionic Liquid-Based Fractionation of Single and Mixed Feedstocks. *BioEnergy Res.* 8, 982–991. <https://doi.org/10.1007/s12155-015-9587-0>
- Lillo, A., Carvajal-Caiconte, F., Vital, W., Silva Junior, P.I., Paredes-Gamero, E.J., Alvear, M., Miranda, A., 2023. Bioactive properties of *Persea lingue* Ness (Lauraceae) fruit and leaf extracts. *Brazilian J. Biol.* 83, 1–10. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.248063>
- Lima, A.R., Capobianco, J.P.R., 1997. Mata Atlântica : avanços legais e institucionais para sua conservação, Documentos do ISA. <http://www2.ib.unicamp.br/profs/cjoly/BT.690/Mata%20Atl%e2ntica/mataatlantica-ISA.pdf>.
- Lima, A. de, Silva, L.S. e, Cavalcante, N.A.A., Campos, T.F.G.M., 2014. Gengibre (zingiber officinale roscoe), propriedades bioativas e seu possível efeito no diabetes tipo 2: estudo de revisão, *Rev. Saúde em Foco*.
-

<http://www4.unifsa.com.br/revista/index.php/saudeemfoco/article/view/691>.

- Luo, L., van der Voet, E., Huppes, G., 2009. Life cycle assessment and life cycle costing of bioethanol from sugarcane in Brazil. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 13, 1613–1619. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.024>
- Machado, P.G., Cunha, M., Walter, A., Faaij, A., Guilhoto, J.J.M., 2021. Biobased economy for Brazil: Impacts and strategies for maximizing socioeconomic benefits. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 139, 110573. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110573>
- Magna, A., Salomão, A.A., Vila, M.M.D.C., Tubino, M., 2003. Short Report Comparative Study of Two Spectrophotometric Reagents for Catechol Analysis in Guaraná Seeds Powder 14, 129–132. <https://doi.org/dx.doi.org/10.1590/S0103-50532003000100021>
- Manimala, M.R.A., Murugesan, R., 2017. Studies on carotenoid pigment production by yeast *Rhodotorula mucilaginosa* using cheap materials of agro-industrial origin. <https://www.thepharmajournal.com/archives/?year=2017&vol=6&issue=1&ArticleId=930>.
- Martinez-Guido, S.I., Betzabe Gonzalez-Campos, J., Ponce-Ortega, J.M., Napoles-Rivera, F., El-Halwagi, M.M., Martínez-Guido, S.I., Betzabe González-Campos, J., Ponce-Ortega, J.M., Nápoles-Rivera, F., El-Halwagi, M.M., 2016. Optimal reconfiguration of a sugar cane industry to yield an integrated biorefinery. *Clean Technol. Environ. Policy* 18, 553–562. <https://doi.org/10.1007/s10098-015-1039-1>
- Martins, C.R., Alves, L., Júnior, D.J., 2014. Produção e Comercialização de Coco no Brasil Internacional: Panorama 2014. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1014433/producao-e-comercializacao-de-coco-no-brasil-frente-ao-comercio-internacional--panorama-2014>.
- McKenzie, N.J., Ryan, P.J., 1999. Spatial prediction of soil properties using environmental correlation. *Geoderma* 89, 67–94. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(98\)00137-2](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(98)00137-2)
- Michel, J., Zahirah, N., Rani, A., Husain, K., 2020. A Review on the Potential Use of Medicinal Plants From Asteraceae and Lamiaceae Plant Family in Cardiovascular Diseases 11, 1–26. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00852>
- Mohd-Asharuddin, S., Othman, N., Mohd Zin, N.S., Tajarudin, H.A., 2017. A Chemical and Morphological Study of Cassava Peel: A Potential Waste as Coagulant Aid. *MATEC Web Conf.* 103, 1–8. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710306012>
- Mokbel, M.S., Hashinaga, F., 2005. Antibacterial and Antioxidant Activities of Banana (*Musa*, AAA cv. Cavendish) Fruits Peel. *Am. J. Biochem. Biotechnol.* 1, 125–131. <https://doi.org/10.3844/ajbbbsp.2005.125.131>
- Moncada, J., Aristizábal, V., Cardona, C.A., 2016. Design strategies for sustainable biorefineries. *Biochem. Eng. J.* 116, 122–134. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2016.06.009>
- Monforti, F., Bódis, K., Scarlat, N., Dallemand, J.-F.F., 2013. The possible contribution of agricultural crop residues to renewable energy targets in Europe: A spatially explicit study. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 19, 666–677. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.060>
- Moore, D.M., Lees, B.G., Davey, S.M., 1991. A new method for predicting vegetation distributions using decision tree analysis in a geographic information system. *Environ. Manage.* 15, 59–71. <https://doi.org/10.1007/BF02393838>
- Moreira, J.R., Pacca, S.A., Parente, V., 2014. The future of oil and bioethanol in Brazil. *Energy Policy* 65, 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.09.055>
- Muellner-Riehl, A.N., Rojas-Andrés, B.M., 2021. Biogeography of Neotropical Meliaceae:

geological connections, fossil and molecular evidence revisited. *Rev. Bras. Bot.* <https://doi.org/10.1007/s40415-021-00770-4>

- Murthy, P.S., Naidu, M.M., 2012a. Resources , Conservation and Recycling Sustainable management of coffee industry by-products and value addition — A review. *"Resources, Conserv. Recycl.* 66, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005>
- Murthy, P.S., Naidu, M.M., 2012b. Production and Application of Xylanase from *Penicillium* sp . *Food Bioprocess Technol* 657–664. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0331-7>
- Naji, K., Gunduz, M., Salat, F., 2021. Assessment of preconstruction factors in sustainable project management performance. *Eng. Constr. Archit. Manag.* 28, 3060–3077. <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2020-0333>
- Natiana, A., Teotonio, A., Alves, J.M., Lima, R., 2019. Sustainability Assessment of Identity Territory of the Southern Coast of Bahia , Brazil, *Eco da Graduação.* <http://ecodgraduacao.com.br/index.php/ecodgraduacao/article/view/69>.
- Neves, A.M., Fontenelle, R.O. dos S., Lopes, F.S., Mendes, J. de F.S., Rodrigues, A.L.M., Marinho, M.M., Marinho, E.S., Morais, S.M. de, 2021. Phenolic profile, antioxidant and antifungal activity of extracts from four medicinal plants of the Anacardiaceae family. *Res. Soc. Dev.* 10, e44510817421. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17421>
- Nieder-Heitmann, M., Haigh, K.F., Gorgens, J.F., 2019. Life cycle assessment and multi-criteria analysis of sugarcane biorefinery scenarios: Finding a sustainable solution for the South African sugar industry. *J. Clean. Prod.* 239. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118039>
- Norcross, B.L., Blanchard, A., Holladay, B.A., 1999. Comparison of models for defining nearshore flatfish nursery areas in Alaskan waters. *Fish. Ocean.* 50–67. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.1999.00087.x>
- Nunes, L.A., Silva, M.L.S., Gerber, J.Z., Kalid, R. de A., 2020. Waste green coconut shells: Diagnosis of the disposal and applications for use in other products. *J. Clean. Prod.* 255, 120169. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120169>
- Oliveira, L., Freire, C.S.R., Silvestre, A.J.D., Cordeiro, N., 2008. Lipophilic Extracts from Banana Fruit Residues: A Source of Valuable Phytosterols. *J. Agric. Food Chem.* 56, 9520–9524. <https://doi.org/10.1021/jf801709t>
- Padam, B.S., Tin, H.S., Chye, F.Y., 2012. Banana by-products : an under-utilized renewable food biomass with great potential. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0861-2>
- Padam, B.S., Tin, H.S., Chye, F.Y., Abdullah, M.I., 2014. Banana by-products: an under-utilized renewable food biomass with great potential. *J. Food Sci. Technol.* 51, 3527–3545. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0861-2>
- Panoutsou, C., Bauen, A., Elbersen, B., Dees, M.G., Stojadinovic, D., Glavonjic, B., Zheliezna, T., Wenzelides, L., Langeveld, H., 2017. Biomass Supply Assessments in Europe: Research Context and Methodologies. *Model. Optim. Biomass Supply Chain. Top-Down Bottom-up Assess. Agric. For. Waste Feed.* 1–24. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812303-4.00001-X>
- Panoutsou, C., Eleftheriadis, J., Nikolaou, A., 2009. Biomass supply in EU27 from 2010 to 2030. *Energy Policy* 37, 5675–5686. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.08.032>
- Paola, F., Gandra, D.P., Lima, A.R., Ferreira, E.B., 2017. Adding Adulterants to Coffee Reduces Bioactive Compound Levels and Antioxidant Activity. *J. Food Nutr. Res.* 5, 313–319. <https://doi.org/10.12691/jfnr-5-5-5>
- Pathak, P.D., Mandavgane, S.A., Kulkarni, B.D., 2018. Waste to Wealth : A Case Study of Papaya

Peel. Waste and Biomass Valorization 0, 0. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0181-x>

- Pattiya, A., 2011. Bioresource Technology Bio-oil production via fast pyrolysis of biomass residues from cassava plants in a fluidised-bed reactor. *Bioresour. Technol.* 102, 1959–1967. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.08.117>
- Pawlowska, A.M., Oleszek, W., Braca, A., 2008. Quali-quantitative analyses of flavonoids of *Morus nigra* L. and *Morus alba* L. (Moraceae) fruits. *J. Agric. Food Chem.* 56, 3377–3380. <https://doi.org/10.1021/jf703709r>
- Perlingeiro, C.A.G., 2019. *Process Engineering - Analysis, Simulation, Optimization and Synthesis of Chemical Processes*, 2^a edição. ed. <https://document.onl/download/link/engenharia-de-processos-perlingeiro-livro>.
- Peroni, B.L., Campos, L., Filho, P.R.A.S., Almeida, J.B. dos S.M. de, Cabral, U.S., Gomes, M.S. da R., 2019. Extração do tanino a partir da casca de coco verde (cocos nucifera) e síntese do poliestireno sulfonado de copos plásticos. *Brazilian J. Dev.* 21316–21330. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n10-289>
- Philp, J., 2018. The bioeconomy, the challenge of the century for policy makers. *N. Biotechnol.* 40, 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.04.004>
- Pongsawatmanit, R., Temsiripong, T., Suwonsichon, T., 2007. Thermal and rheological properties of tapioca starch and xyloglucan mixtures in the presence of sucrose. *Food Res. Int.* 40 40, 239–248. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.10.013>
- Pyrgakis, K.A., Kokossis, A.C., 2019. A Total Site Synthesis approach for the selection, integration and planning of multiple-feedstock biorefineries. *Comput. Chem. Eng.* 122, 326–355. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2018.09.003>
- Qin, S., Shekher Giri, B., Kumar Patel, A., Sar, T., Liu, H., Chen, H., Juneja, A., Kumar, D., Zhang, Z., Kumar Awasthi, M., Taherzadeh, M.J., 2021. Resource recovery and biorefinery potential of apple orchard waste in the circular bioeconomy. *Bioresour. Technol.* 321, 124496. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124496>
- Racette, S.B., Lin, X., Lefevre, M., Spearie, C.A., Most, M.M., Ma, L., Ostlund, R.E., 2010. Dose effects of dietary phytosterols on cholesterol metabolism: a controlled feeding study. *Am. J. Clin. Nutr.* 91, 32–38. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.28070>
- Rafiaani, P., Dikopoulou, Z., Van Dael, M., Kuppens, T., Azadi, H., Lebailly, P., Van Passel, S., 2020. Identifying Social Indicators for Sustainability Assessment of CCU Technologies: A Modified Multi-criteria Decision Making. *Soc. Indic. Res.* 147, 15–44. <https://doi.org/10.1007/s11205-019-02154-4>
- Raimundo, L.R., Mattos, M.C. de, Simões, P.W.T. de A., Cechinel, C., 2008. O Algoritmo de Classificação CART em uma Ferramenta de Data Mining, IV Congresso Sul Brasileiro de Ciências da Computação - SULCOMP. <https://periodicos.unesc.net/ojs/index.php/sulcomp/article/view/1994/1888>.
- Ramadan, M.F., Kinni, S.G., Seshagiri, M., Mörsel, J.T., 2010. Fat-soluble bioactives, fatty acid profile and radical scavenging activity of *Semecarpus anacardium* seed oil. *JAOCS, J. Am. Oil Chem. Soc.* 87, 885–894. <https://doi.org/10.1007/s11746-010-1567-0>
- Rasi, L., Leite, C., 2018. Estudo de Competitividade do Cacau e Chocolate no Brasil : Desafios na Produção e Comércio Global ., Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC. http://www.unesco.org/new/fileadmin/multimedia/field/brasil/pdf/brz_sc_cadau_chocolate_mics_por_2018.pd.
-

- Redondo-g, C., Rodr, M., Vallejo, S., 2020. Biorefinery of Biomass of Agro-Industrial Banana. *Mol. Rev.* 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules25173829>
- Reeb, C., Phillips, R., Venditti, R., Treasure, T., Daystar, J., Gonzalez, R., Jameel, H., Kelley, S., 2018. Techno-economic analysis of various biochemical conversion platforms for biosugar production: Trade-offs of co-producing biopower versus pellets for either a greenfield, repurpose, or co-location siting context. *Biofuels, Bioprod. Biorefining* 12, 390–411. <https://doi.org/10.1002/bbb.1847>
- Ribas, H. de O., Gonçalves, D.S., Mazur, C.E., 2018. Benefícios funcionais do Cacau (*Theobroma Cacao*) e seus derivados. *Visão Acadêmica* 19, 67–74. <https://doi.org/10.5380/acd.v19i4.61915>
- Rocha, G.J.M., Gonçalves, A.R., Oliveira, B.R., Olivares, E.G., Rossell, C.E.V., 2012. Steam explosion pretreatment reproduction and alkaline delignification reactions performed on a pilot scale with sugarcane bagasse for bioethanol production. *Ind. Crops Prod.* 35, 274–279. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.07.010>
- Rocha, M.I., Benkendorf, S., Gern, R.M.M., Riani, J.C., Wisbeck, E., 2020. Desenvolvimento de biocompósitos fúngicos utilizando resíduos industriais. *Matéria (Rio Janeiro)* 25. <https://doi.org/10.1590/s1517-707620200004.1140>
- Ronkart, N., Robert, C., Happi, T., 2008. Food Chemistry Characterisation of pectins extracted from banana peels (*Musa AAA*) under different conditions using an experimental design. *Food Chem.* 108, 463–471. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.078>
- Sadhukhan, J., Martinez-Hernandez, E., Murphy, R.J., Ng, D.K.S., Hassim, M.H., Siew Ng, K., Yoke Kin, W., Jaye, I.F.M., Leung Pah Hang, M.Y., Andiappan, V., 2018. Role of bioenergy, biorefinery and bioeconomy in sustainable development: Strategic pathways for Malaysia. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 81, 1966–1987. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.007>
- Salazar, R.F.S., Silva, G.L.P., Silva, M.L.C.P., 2005. Estudo da composição da palha de milho para posterior utilização como suporte na preparação de compósitos. VI Congr. Bras. Eng. Química em Iniciação Científica 1/6. <https://doi.org/10.13140/2.1.3013.7922>
- Salvador, G. V., Salim, V.M.M., Toniolo, F.S., 2022. Sustainability assessment of a decentralized green diesel production in small-scale biorefineries. *Biofuels, Bioprod. Biorefining* 16, 1527–1550. <https://doi.org/10.1002/bbb.2419>
- Sánchez, A.S., Silva, Y.L., Kalid, R.A., Cohim, E., Torres, E.A., 2017. Waste bio-refineries for the cassava starch industry: New trends and review of alternatives. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 73, 1265–1275. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.007>
- Sani, M.S.A., Bakar, J., Rahman, R.A., Abas, F., 2017. The antibacterial activities and chemical composition of extracts from *Carica papaya* cv. Sekaki / Hong Kong seed, *International Food Research Journal*. <https://www.proquest.com/docview/1914808963?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>.
- Santana, Á.L., Macedo, G.A., 2018. Health and technological aspects of methylxanthines and polyphenols from guarana: A review. *J. Funct. Foods* 47, 457–468. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.05.048>
- Santibañez-Aguilar, J.E., González-Campos, J.B., Ponce-Ortega, J.M., Serna-González, M., El-Halwagi, M.M., 2014. Optimal planning and site selection for distributed multiproduct biorefineries involving economic, environmental and social objectives. *J. Clean. Prod.* 65, 270–294. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.004>
- Santos, A.C.B., Nunes, T.S., Coutinho, T.S., Silva, M.A., 2015. Uso popular de espécies medicinais da família Verbenaceae no Brasil. *Rev. Bras. Pl. Med.*, Campinas 17, 980–991.
-

https://doi.org/https://doi.org/10.1590/1983-084X/14_083

- Santos, D.S., Kalid, R. de A., Pessoa, F.L.P., Guzman, S.J.M., 2020a. Economia solidária e o controverso impacto da crise da cacauicultura no território litoral sul da bahia. *Rev. da ABET - Brazilian J. Labour Stud.* 19, 453–472. <https://doi.org/10.22478/ufpb.1676-4439.2020v19n02.50100>
- Santos, D.S., Santos, F.C.G. dos, Kalid, R. de A., Pessoa, F.L.P., Guzman, S.J.M., Morais, L.P., Vailant, C., Pedro, F.J.D., 2020b. Economia solidária no sul da Bahia: um olhar sobre a política territorial e no conteúdo tecnológico. *Res. Soc. Dev.* 9, e699119615. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9615>
- Scarlat, N., Martinov, M., Dallemand, J.-F., 2010. Assessment of the availability of agricultural crop residues in the European Union: Potential and limitations for bioenergy use. *Waste Manag.* 30, 1889–1897. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.04.016>
- Schipfer, F., Mäki, E., Schmieder, U., Lange, N., Schildhauer, T., Hennig, C., Thrän, D., 2022. Status of and expectations for flexible bioenergy to support resource efficiency and to accelerate the energy transition. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 158. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112094>
- Schneider, V.E., Peresin, D., Trentin, A.C., Bortolin, T.A., Sambuichi, R.H.R., 2012. Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=15493.
- Seraglio, S.K.T., Schulz, M., Nehring, P., Della Betta, F., Valesse, A.C., Daguer, H., Gonzaga, L.V., Fett, R., Costa, A.C.O., 2018. Nutritional and bioactive potential of Myrtaceae fruits during ripening. *Food Chem.* 239, 649–656. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.118>
- Seyis, I., Aksoz, N., 2005. with Alternative Carbon and Nitrogen Sources. <https://hrcak.srce.hr/110412>.
- Sheng, C., Azevedo, J.L.T., 2005. Estimating the higher heating value of biomass fuels from basic analysis data. *Biomass and Bioenergy* 28, 499–507. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2004.11.008>
- Silva, D., Roberto, F., GOMES, C.M.L.& Eleni, 1997. Pectinases, hemicelulases e celulases, ação, produção e aplicação no processamento de alimentos: revisão, *Bol.Sbcta*. www.researchgate.net/publication/277012370_pectinases_hemicelulases_e_celulases_acao_pr_oducao_e_aplicacao_no_processamento_de_alimentos_revisao.
- Sisti, L., Celli, A., Totaro, G., Cinelli, P., Signori, F., Lazzeri, A., Bikaki, M., Corvini, P., Ferri, M., Tassoni, A., Navarini, L., 2021. Monomers , Materials and Energy from Coffee By-Products : A Review. *Sustainability* 13, 2–9. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su13126921>
- Socol, C.R., Vandenberghe, L.P. de S., Medeiros, A.B.P., Karp, S.G., Buckeridge, M., Ramos, L.P., Pitarelo, A.P., Ferreira-Leitão, V., Gottschalk, L.M.F., Ferrara, M.A., Silva Bon, E.P. da, Moraes, L.M.P. de, Araújo, J. de A., Torres, F.A.G., 2010. Bioethanol from lignocelluloses: Status and perspectives in Brazil. *Bioresour. Technol.* 101, 4820–4825. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.11.067>
- Solarte-Toro, J.C., Cardona, C.A., 2021. Biorefineries as the base for accomplishing the sustainable development goals (SDGs) and the transition to bioeconomy: Technical aspect , challenges and perspectives. *Bioresour. Technol.* 340, 125626. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125626>
- Solarte-Toro, J.C., Laghezza, M., Fiore, S., Berruti, F., Moustakas, K., Cardona Alzate, C.A., 2022. Review of the impact of socio-economic conditions on the development and implementation of biorefineries. *Fuel* 328, 125169. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.125169>
-

- Solarte-Toro, J.C., Ortiz-Sanchez, M., Restrepo-Serna, D.L., Peroza Piñeres, P., Pérez Cordero, A., Cardona Alzate, C.A., 2021. Influence of products portfolio and process contextualization on the economic performance of small- and large-scale avocado biorefineries. *Bioresour. Technol.* 342, 126060. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126060>
- Souto, L.R.F., Caliari, M., Soares Júnior, M.S., Fiorda, F.A., Garcia, M.C., 2017. Utilization of residue from cassava starch processing for production of fermentable sugar by enzymatic hydrolysis. *Food Sci. Technol.* 37, 19–24. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.0023>
- Stegmann, P., Londo, M., Junginger, M., 2020. The circular bioeconomy: Its elements and role in European bioeconomy clusters. *Resour. Conserv. Recycl.* X 6, 100029. <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2019.100029>
- Subhashis Paul, Somit Dutta, Tapas Kumar Chaudhuri, S.B., 2014. Anti-inflammatory and protective properties of Aloe Vera leaf crude gel in carrageenan induced acute inflammatory rat models. *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.* 6, 368–71,.
- Sukumara, S., Faulkner, W., Amundson, J., Badurdeen, F., Seay, J., 2014. A multidisciplinary decision support tool for evaluating multiple biorefinery conversion technologies and supply chain performance. *CLEAN Technol. Environ. POLICY* 16, 1027–1044. <https://doi.org/10.1007/s10098-013-0703-6>
- Suresh K MalhotraSuresh; Maheswarappa HP.V Selvamani; P. Chowdappa, 2017. Diagnosis and management of soil fertility constraints in coconut (*Cocos nucifera*) : A review. *Indian J. Agric. Sci.* 87, 711–726. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules25173829>
- Tan, T.N., Trung, H.T., Le Dang, Q., Thi, H.V., Vu, H.D., Ngoc, T.N., Thi Do, H.T., Nguyen, T.H., Quang, D.N., Tran Dinh, T., 2021. Characterization and Antifungal Activity of Limonoid Constituents Isolated from Meliaceae Plants *Melia dubia*, *Aphanamixis polystachya*, and *Swietenia macrophylla* against Plant Pathogenic Fungi in Vitro. *J. Chem.* 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/4153790>
- Thomas, W.W., Jardim, J.G., Fiaschi, P., Neto, E.M., Amorim, A.M., 2009. Composição florística e estrutura do componente arbóreo de uma área transicional de floresta atlântica no sul da Bahia, Brasil. *Rev. Bras. Bot.* 32, 65–78. <https://doi.org/10.1590/s0100-84042009000100007>
- Ulrich, C., Lu, D., Ismail, K., Laufs, U., Schirmer, S.H., Vanmierlo, T., Bo, M., 2011. Differential effects on inhibition of cholesterol absorption by plant stanol and plant sterol esters in apoE 2 / 2 mice. *Cardiovasc. Res.* 484–492. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvr020>
- Vásquez, Z.S., Carvalho, D.P. De, Pereira, G.V.M., Vandenberghe, L.P.S., Oliveira, P.Z. De, Tiburcio, P.B., Rogez, H.L.G., Góes, A., Soccol, C.R., 2019. Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste Manag.* 90, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.030>
- Victório, C.P., 2011. Therapeutic value of the genus *Alpinia* , Zingiberaceae. *Brazilian J. Pharmacogn.* 21, 194–201. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2011005000025>
- Viju, N., Satheesh, S., Vincent, S.G.P., 2013. Antibiofilm activity of coconut (*Cocos nucifera* Linn .) husk fibre extract. *Saudi J. Biol. Sci.* 20, 85–91. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.11.002>
- Villela, L.Z., Meirel, M.A.A., Mendes, L.F., 2018. Biorrefinaria holística de conversão de biomassas por tecnologias sub e supercríticas em produtos para a Nova Bioeconomia Mundial. *Rev. Fitos* 12, 90. <https://doi.org/10.17648/2446-4775.2018.579>
- Wang, Y., Ebadian, M., Sokhansanj, S., Webb, E., Lau, A., 2017. Impact of the biorefinery size on the logistics of corn stover supply – A scenario analysis. *Appl. Energy* 198, 360–376. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.03.056>
-

- Wanjura, J.D., Barnes, E.M., Kelley, M.S., Holt, G.A., Pelletier, M.G., 2014. Quantification and characterization of cotton crop biomass residue. *Ind. Crops Prod.* 56, 94–104. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.02.019>
- Wosiacki, G., Cereda, M.P., 2002. Valorização De Resíduos Do Processamento De Mandioca. *Publ. UEPG - Ciências Exatas e da Terra, Agrar. e Eng.* 8, 27–43. <https://doi.org/10.5212/publicatio.v8i01.762>
- Yu, K., Wang, J., Wang, X., Liang, J., Liang, C., 2020. Sustainable application of biomass by-products : Corn straw-derived porous carbon nanospheres using as anode materials for lithium ion batteries. *Mater. Chem. Phys.* 243, 122644. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.122644>
- Zhang, N., Wu, Y., Zhang, Q., 2015. Detection of sea ice in sediment laden water using MODIS in the Bohai Sea: a CART decision tree method. *Int. J. Remote Sens.* 36, 1661–1674. <https://doi.org/10.1080/01431161.2015.1015658>
- Zhu, X., Yao, Q., 2011. Logistics system design for biomass-to-bioenergy industry with multiple types of feedstocks. *Bioresour. Technol.* 102, 10936–10945. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.08.121>
-

Appendix A: Dataset of the main TSC agricultural crops identified for this research, as well as their applications and literature references.

Agricultural crop	Raw material	Bioproducts	Possible applications	References
Banana	Peel	Pectin	Food industry (Food thickeners, gelling agents)	(Ronkart et al., 2008)
Banana	Peel	Succinic Acid	Pharmaceutical industry	(Mokbel and Saif, 2005)
Banana	Peel	Malic Acid,	Pharmaceutical industry	(Mokbel and Saif, 2005)
Banana	Peel	β -sitosterol,	Pharmaceutical industry	(Mokbel and Saif, 2005)
Banana	Peel	12-Hydroxystraric Acid	Pharmaceutical industry	(Mokbel and Saif, 2005)
Banana	Peel	palmitic acid	Pharmaceutical industry	(Ronkart et al., 2008)
Banana	Peel	glycoside	Pharmaceutical industry	(Mokbel and Saif, 2005)
Banana	Peel	sterilized esters	Pharmaceutical industry	(Oliveira et al., 2008)
Banana	Peel	sterilized glycosides	Pharmaceutical industry	(Mokbel and Saif, 2005)
Banana	Peel	Citric acid	Pharmaceutical industry	(Padam et al., 2012)
Banana	Peel	sterols	Pharmaceutical industry	(Mokbel and Saif, 2005)
Banana	Peel	phenolic compounds	Pharmaceutical industry	(Chanwitheesuk and Teerawutgulrag, 2007)
Banana	Peel	phytosterols,	Pharmaceutical industry	(Racette et al., 2010; Ulrich et al., 2011)
Banana	Peel	Tocopherols	Pharmaceutical industry	(González-montelongo et al., 2010)
Banana	Peel	catecholamines	Pharmaceutical industry	(González-montelongo et al., 2010)
Banana	Peel	anthocyanins,	Pharmaceutical industry	(González-montelongo et al., 2010)
Banana	Peel	Ascorbic acid	Pharmaceutical industry	(González-montelongo et al., 2010)
Banana	Peel	A-amylase	Chemical Industry (antibacterial)	(Adeniran and Abiose, 2009)
Banana	Peel	Laccase	Food, textile, pulp, and paper industries	(Herrera et al., 2007)
Banana	Peel	xylanase	Beverage, food, and textile industry	(Seyis and Aksoz, 2005)
Banana	Stalk	anthocyanins	Food industry (Natural biodyes, functional food)	(Padam et al., 2014)
Cocoa	shell	Dietary fiber	Pharmaceutical industry	(Bravo et al., 2007)

Agricultural crop	Raw material	Bioproducts	Possible applications	References
Cocoa	shell	methanolic extract	Food industry (Functional food)	(Vásquez et al., 2019)
Cocoa	shell	polymeric epicatechins	Pharmaceutical industry	(Badiyani et al., 2013)
Cocoa	shell	Oleic and linoleic acids	Dental Health	(Badiyani et al., 2013)
Cocoa	shell	flavonoids	Antimicrobial effects	(Bravo et al., 2007)
Cocoa	shell	Dietary fiber	Pharmaceutical industry	(Bravo et al., 2007)
Coffee	shell	anthocyanin	Pharmaceutical industry	(Corrêa et al., 2020; Murthy and Naidu, 2012b)
Coffee	shell	amylase	Pharmaceutical industry	(Corrêa et al., 2020)
Coffee	shell	protease	Various industries (industrial foods, fertilizers, glues, films, production of yeast extracts, beverages)	(Corrêa et al., 2020)
Coffee	shell	Pectin	Various industries (yeasts, insects, nematodes, protozoa, and plants)	(Corrêa et al., 2020)
Coffee	shell	xylanase	Beverage, food, and textile industry; in the pulp and paper industry,	(Murthy and Naidu, 2012a)
Coffee	shell	B-furctofuranosidase	Various industries (ice creams, dairy desserts, formulations for diabetics, prebiotics, symbiotics, dietary fibers, yogurts, cookies, and bakery products)	(Khaskheli et al., 2021)
Coffee	shell	fruit oligosaccharides	Various industries (ice creams, dairy desserts, formulations for diabetics, prebiotics, symbiotics, dietary fibers, yogurts, cookies, and bakery products)	(Acosta et al., 2018)
Coffee	shell	tannins	Fertilizers, livestock feed, enzyme production, organic acids, mushrooms	(Corrêa et al., 2020; Murthy and Naidu, 2012b)
Coffee	shell	Caffeine	Fertilizers, livestock feed, enzyme production, organic acids, mushrooms	(Corrêa et al., 2020; Murthy and Naidu, 2012b)
Coffee	shell	polyphenols	Fertilizers, livestock feed, enzyme production, organic acids, mushrooms	(Corrêa et al., 2020)
Coffee	shell	trigonelline	Fertilizers, livestock feed, enzyme production, organic acids, mushrooms	(Cangussu et al., 2021)

Agricultural crop	Raw material	Bioproducts	Possible applications	References
Coffee	Straw	chlorogenic acid	Pharmaceutical industry	(Paola et al., 2017)
Guaraná	seeds	catechin	Pharmaceutical industry	(Santana and Macedo, 2018)
Guaraná	seeds	PA B2,	Pharmaceutical industry	(Santana and Macedo, 2018)
Guaraná	seeds	PA B1,	Pharmaceutical industry	(Santana and Macedo, 2018)
Guaraná	Seeds	Caffeine	Pharmaceutical industry	(Bara et al., 2011)
Guaraná	seeds	epicatechin,	Pharmaceutical industry	(Bara et al., 2011)
Guaraná	seeds	theobromine	Pharmaceutical industry	(Bara et al., 2011)
Papaya	Peel	tocopherols	Pharmaceutical industry	(Sani et al., 2017)
Papaya	Peel	carotenoids	Pharmaceutical industry	(Lara-Abia et al., 2021)
Papaya	Peel	phenolic compounds	Pharmaceutical industry	(Pathak et al., 2018)
Papaya	Seeds	carotenoids	Pharmaceutical industry	(Enearepuadoh and Victor, 2021)
Papaya	Seeds	phenolic compounds	Pharmaceutical industry	(Pathak et al., 2018)
Cassava	Peel	carboxyl	Biopolymer industry (fibers)	(Mohd-Asharuddin et al., 2017)
Cassava	Peel	hydroxyl	Biopolymer industry (fibers)	(Mohd-Asharuddin et al., 2017)
Cassava	Bran	D-galacturonic acid,	Pharmaceutical and plastics industry (biopolymers, reduction of plasma cholesterol, glucose, serum, and antitumor effects)	(Silva et al., 2015)
Cassava	Bran	galactose	Pharmaceutical and plastics industry (biopolymers, plasma cholesterol, glucose, serum, and antitumor effects)	(Souto et al., 2017)
Cassava	Bran	Carotene	Pharmaceutical and plastics industry (biopolymers, plasma cholesterol, glucose, serum, and antitumor effects)	(Manimala and Murugesan, 2017)
Cassava	Bran	xylans	Pharmaceutical and plastics industry (biopolymers, reduction of plasma cholesterol, glucose, serum, and antitumor effects)	(Alves-Prado et al., 2010)
Cassava	Bran	Xyloglucans	Pharmaceutical and plastics industry (biopolymers, plasma cholesterol, glucose, serum, and antitumor effects)	(Pongsawatmanit et al., 2007)
Agricultural crop	Raw material	Bioproducts	Possible applications	References

Cassava	Bran	Mannose	Pharmaceutical and plastics industry (biopolymers, reduction of plasma cholesterol, glucose, serum, and antitumor effects)	(Souto et al., 2017)
Cassava	Bran	Pectin	Indústria farmacêutica e plásticas (biopolímeros, redução de colesterol etc)	(Silva et al., 2015)
Cassava	Bran	gluconates	Pharmaceutical and plastics industry (biopolymers, reduction of plasma cholesterol, glucose, serum, and antitumor effects)	(Abdeshahian et al., 2016)
Cassava	Bran	glucans	Pharmaceutical and plastics industry (biopolymers, reduction of plasma cholesterol, glucose, serum, and antitumor effects)	(Broch et al., 2018)
Cassava	Wastewater	Cyanide	Chemical industry (insecticide)	(Baldin et al., 2012)
Corn	Straw	furfural	Polisher for cleaning products, paper, and cardboard	(Salazar et al., 2005)
Corn	Straw	hydroxymethylfurfural	Polisher for cleaning products, paper, and cardboard	(Salazar et al., 2005)
Corn	Cob	furfural	Various industries (manufacture of rubber composite resins, cleaning products)	(Cruz et al., 2020)
Corn	Cob	hydroxymethylfurfural	Various industries (manufacture of rubber composite resins, cleaning products)	(Cruz et al., 2020)
Coconut	peel	tannins	Body dye, in the manufacture of plastics, fungicides, beverages, candles and clay pots,	(Peroni et al., 2019)
Coconut	peel	Pectin	Body dye, in the manufacture of plastics, fungicides, beverages, candles and clay pots,	
Coconut	peel	phenols	Body dye, in the manufacture of plastics, fungicides, beverages, candles and clay pots,	(Viju et al., 2013)

Source: Own elaboration.



UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA

CEP: 40.210-630

Telefone: (71) 3283-9800

E-mail: pei@ufba.br

Home page: <http://www.pei.ufba.br>