

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM AGRONEGÓCIOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

**Cainã Lima Costa**

**BIOECONOMIA: UMA ABORDAGEM NA AGROPECUÁRIA**

**Porto Alegre**

**2019**

**Cainã Lima Costa**

## **BIOECONOMIA: UMA ABORDAGEM NA AGROPECUÁRIA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios do Centro de Estudos e Pesquisa em Agronegócios (CEPAN) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Agronegócios.

Orientadora: Profa. Dra. Letícia de Oliveira

**Porto Alegre**

**2019**

**Cainã Lima Costa**

## **BIOECONOMIA: UMA ABORDAGEM NA AGROPECUÁRIA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios do Centro de Estudos e Pesquisa em Agronegócios (CEPAN) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Agronegócios.

Aprovada em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019.

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Edson Talamini – UFRGS – PPG Agronegócios

---

Prof. Dr. Álvaro Vigo – UFRGS – Instituto de Matemática e Estatística

---

Prof. Dr. Omar Inacio Benedetti – Instituto Brasileiro de Bioeconomia - INBBIO

---

Orientador Profa. Dra. Letícia de Oliveira – UFRGS – PPG Agronegócios

## CIP - Catalogação na Publicação

Costa , Cainã Lima  
BIOECONOMIA: UMA ABORDAGEM NA AGROPECUÁRIA / Cainã  
Lima Costa . -- 2019.  
122 f.  
Orientadora: Leticia Oliveira.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Centro de Estudos e Pesquisas em  
Agronegócios, Programa de Pós-Graduação em  
Agronegócios, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Agropecuária . 2. Modelagem Agrícola . 3.  
Interdisciplinariedade . 4. Conceito Bioeconomia . 5.  
Análise Sistemática . I. Oliveira, Leticia, orient.  
II. Título.

*Dedico o trabalho aos meus pais e minhas irmãs, pelo apoio, força e incentivo. Também dedico a todas às crianças adultas que, quando pequenas, sonharam em se tornar cientistas, mas não tiveram oportunidades.*

## AGRADECIMENTOS

Deus por me alcançar todos os dias com sua misericórdia e graça, por me iluminar com sua presença, dando-me abrigo e conforto. Por não me deixar esquecer que habita em mim e que sustenta todos os dias.

Aos meus pais, Éder e Ivani, pela compreensão e apoio ininterrupto durante toda a minha vida.

As minhas irmãs, Damiana e Leonara, pelo companheirismo e incentivo na minha trajetória acadêmica, também ao meu padrinho Luciano e sua esposa Carol que se fizeram presente nesta recente trajetória com uma acolhida especial na capital.

A minha orientadora, Professora Dra. Letícia de Oliveria, pelos ensinamentos, compreensão, análise e sugestões para a realização deste trabalho. Quero expressar minha gratidão pela forma que conduziu minha orientação.

Aos pesquisadores Dr. Álvaro Vigo, Dr. Edson Talamini e Dr. Omar Benedetti por aceitarem contribuir com a avaliação do trabalho.

A todos os meus colegas do PPG-Agronegócio, que fizeram parte desta caminhada, em especial os membros do grupo NEB-AGRO pessoas inspiradoras, agradeço pelos conselhos e amizade.

A todos os meus amigos, que de forma direta ou indireta participam da minha vida. De maneira distinta agradeço a amizade fortalecida e ao suporte aqui em Porto Alegre dos colegas de engenharia e apartamento Gabriel, James, Matheus e Régis.

*“...Se é pouco o que vos deixo, o pouco é muito,  
porque há tudo de mim neste tão pouco...”*

*(Apparicio Silva Rillo)*

## RESUMO

As abordagens ligadas a *bioeconomics* e *bioeconomy* emergiram das preocupações ambientais contemporâneas e contribuem para o agronegócio enfrentar os desafios do século XXI. Ambas linhas científicas estão engajadas em desenvolver estudos considerando as peculiaridades dos recursos biológicos e econômicos. O objetivo geral do presente estudo é identificar as principais abordagens relacionadas ao termo bioeconomia na agropecuária. Para essa pesquisa utilizou-se uma análise sistemática da literatura, com observações quantitativas e qualitativas dos dados obtidos nos principais indexadores de periódicos internacionais. Os resultados alcançados mostram que as aplicabilidades em bioeconomia no contexto do agronegócio podem ser conceituadas através de quatro conteúdos (natureza abordagens, modelagem bioeconômica, inovações biotecnológicas e substituição de biomassa) e destacáveis em seis grandes áreas (políticas para inovações, insumos agrícolas, uso da terra, uso da água, emissões e plantas daninhas. Porém, devido ao caráter interdisciplinar dos artigos encontrados, a interconexão destes conceitos nos resultados qualitativos aponta a inserção da bioeconomia nos diferentes setores agrícolas e suas aplicabilidades mais recorrentes. Em relação aos resultados quantitativos, verificou-se a partir da análise de correspondência o baixo nível de correlação com os atributos da revisão da literatura, mas indicam que as duas vertentes podem complementarem-se, trazendo novas oportunidades para os setores agrícolas.

Palavras-chave: Agropecuária. Modelagem Agrícola. Interdisciplinaridade. Conceito Bioeconomia. Análise Sistemática.



## **ABSTRACT**

Studies related to bioeconomics and bioeconomy emerged from contemporary environmental concerns and contribute to agribusiness to face meet the challenges of the 21st century. Both scientific lines are engaged in developing studies considering the peculiarities of biological and economic resources. The general objective of the present study is to identify the main approaches related to the term bioeconomics in agribusiness. For this research a systematic analysis of the literature was used, with quantitative and qualitative observations of the data obtained in the main indexers of international journals. The results show that bioeconomic applicability in the context of agribusiness can be conceptualized through four contents (nature approaches, bioeconomic modeling, biotechnology innovations and biomass substitution) and can be distinguished in six large areas (policies for innovations, agricultural inputs, use of land, water use, emissions and control of weeds). However, due to the interdisciplinary character of the articles found, the interconnection of these concepts in the qualitative results points to the insertion of the bioeconomy in the different agricultural sectors and its most recurring applicability. Regarding the quantitative results, it was verified from the correspondence analysis the low level of correlation with the attributes of the literature review, but indicate that the two aspects can complement each other, bringing new opportunities for the agricultural sectors.

**Keywords:** Farming. Agricultural Modeling. Interdisciplinarity. Bioeconomics concept. Systematic Analysis.

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ASL – Análise Sistemática de Literatura

CE – Comissão Europeia

EUA – Estados Unidos da América

GM – Geneticamente Modificado

GR – Graus de relevância

ha – Hectares

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.2 OBJETIVOS .....	19
<b>1.2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>19</b>
1.3 JUSTIFICATIVA .....	20
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL.....</b>	<b>21</b>
2.1. <i>Bioeconomics</i> .....	22
2.2 <i>Bioeconomy</i> .....	40
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>51</b>
3.1 Estratégia de seleção.....	51
3.2 Critérios de exclusão .....	52
3.3 Análise de elegibilidade.....	53
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>54</b>
4.1 Seleção de periódicos .....	54
4.2 Análise quantitativa .....	55
4.3 Análise qualitativa .....	66
<b>4.3.1 <i>Bioeconomics</i> .....</b>	<b>66</b>
<b>4.3.2 <i>Bioeconomy</i>.....</b>	<b>78</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>97</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>100</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>116</b>

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Assimetrias de <i>bioeconomics</i> .....	30
Quadro 2 - Fundamentos da abordagem bioeconômica integrativa .....	38
Quadro 3 - <i>Bioeconomy</i> e os conceitos governamentais .....	44
Quadro 4 - Perspectivas de <i>bioeconomy</i> na literatura .....	45
Quadro 5 - Protocolo de pesquisa .....	52
Quadro 6 - Matriz de correlação analítica .....	63
Quadro 7 - Setores e níveis de aplicação .....	67
Quadro 8 - Modelagem bioeconômica na agricultura .....	70
Quadro 9 - Modelagem bioeconômica na pecuária .....	74
Quadro 10 - Modelagem bioeconômica de sistemas integrados .....	74
Quadro 11 - Políticas para inovações .....	79
Quadro 12 – Insumos agrícolas .....	83
Quadro 13 - Uso da terra .....	88
Quadro 14 - Gestão agropecuária .....	91

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Número de artigos excluídos .....	55
--	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.2 OBJETIVOS .....	19
<b>1.2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>19</b>
1.3 JUSTIFICATIVA .....	20
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL.....</b>	<b>21</b>
2.1. <i>Bioeconomics</i> .....	22
2.2 <i>Bioeconomy</i> .....	40
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>51</b>
3.1 Estratégia de seleção.....	51
3.2 Critérios de exclusão .....	52
3.3 Análise de elegibilidade.....	53
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>54</b>
4.1 Seleção de periódicos .....	54
4.2 Análise quantitativa .....	55
4.3 Análise qualitativa .....	66
<b>4.3.1 <i>Bioeconomics</i> .....</b>	<b>66</b>
<b>4.3.2 <i>Bioeconomy</i>.....</b>	<b>78</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>97</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>100</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>116</b>



# 1 INTRODUÇÃO

A capacidade de comunicação, organização e atuação em sociedade do ser humano foram evidenciadas quando o homem dominou ecossistemas para satisfazer suas necessidades básicas de sobrevivência. A evolução social com o desenvolvimento da agricultura, criação das primeiras ligas metálicas e domesticação dos animais fez com que os pequenos grupos, que outrora viviam isolados, progredissem até formar cidades e expandissem atividades produtivas a fim de começar a comercialização dos excedentes agrícolas (HARARI, 2014). Esse avanço, embora incipiente, trouxe a primeira demanda ambiental ao “ser econômico” com a escassez de terras para produção e o surgimento da necessidade de buscar novas fronteiras agrícolas. Em consequência, se iniciava a expansão marítima, o mercantilismo, as grandes revoluções comerciais e, principalmente, a era industrial formando a base denominada de crescimento econômico das sociedades (HUBERMAN, 1971; RANDALL, 1987).

Desde então alcançar o crescimento econômico tornou-se uma meta em qualquer economia no mundo e para viabilizar as estruturas produtivas, tecnológicas e sociais, existe uma necessidade constante de mudança conforme as ações humanas vão se desenvolvendo (BANCO MUNDIAL, 1992; KUZNETS, 1974). Estas alterações foram impulsionadas de forma significativa ao longo do século XX, especialmente no período de 1930 a 1980, com saltos tecnológicos, mudanças de padrões monetários e modernização do setor agrícola (SADER, 2000; ALMEIDA, 2001). O período de modernização que consolidou grandes potências econômicas resultou em ganhos de renda e expectativa de vida (LOMBORG, 2001). Esses fatos ao mesmo tempo relativizaram as questões ambientais, onde o crescimento, como uma condição necessária, não eliminou a pobreza e nem as disparidades sociais (ANDRADE & ROMEIRO, 2012).

Mudanças, notadamente no setor agrícola, para maximizar o bem-estar do homem seguiram corroborando para que o meio ambiente fosse servil ao seu consumo, porém estavam acompanhadas de um “despertar para consciência ecológica” registrado em 1970 com o documento “limites para o crescimento”, publicado pelo Clube de Roma (DE OLIVEIRA, 2012). Em virtude deste fato histórico, uma série de discussões internacionais preocupadas em garantir o “nosso futuro comum” ganhava espaço (CMMAD, 1988). Desta forma, satisfazer as necessidades atuais sem sacrificar as demandas de gerações futuras



balizariam audiências mundiais sobre o tema ‘Meio Ambiente’, com conferências, formulação de estratégias e metas para promover o “desenvolvimento e/ou crescimento sustentável” (BARONI, 1992).

Crescer e desenvolver divergem principalmente quanto aos mecanismos de intervenção, uma condição progressiva maior e/ou melhor é dependente de um ecossistema natural que evolui, mas não cresce. Já a economia como seu subsistema é passível de contínuo desenvolvimento contanto que respeite os acréscimos toleráveis. O progresso então é factível em melhorias qualitativas de uma economia física (DALY, 1997). Atualmente, tal ênfase é um sinônimo para crescimento sustentável, embora exista limites para produção de bens e serviços. Em algumas situações, enfatiza-se um possível crescimento ilimitado rotulado como “sustentável” (DALY, 2004).

A evolução técnica trouxe efeitos colaterais inesperados por mais que os objetivos passados estivessem errados. Logo, tornar novas tecnologias viáveis está presente nas discussões de muitas áreas do conhecimento (GRUNWALD, 2018), as quais demonstram significativa capacidade técnica em prospectar e utilizar recursos naturais para os mais diversos fins. Portanto, conciliar eficiência econômica, necessidades sociais e prudência ecológica é um importante mecanismo para que suas pesquisas tenham uma aceitação generalizada (ROMEIRO, 1999). Consequentemente, o ganho de eficiência necessita de um ritmo acelerado frente o crescimento econômico, de maneira que, ainda que tenha uma ascensão, haja também uma viabilidade de alcançar alguns equilíbrios ambientais (WEAVER et al., 2017).

Frente ao uso acentuado dos recursos naturais e possíveis esgotamentos em nível biofísico da terra, fenômenos que prefiguram mudanças econômicas em diferentes setores deram início a um olhar interdisciplinar no qual muitos cientistas estudam, planejam e executam relações formais entre um “novo crescimento” ou “decrecimento” respeitando os limites biológicos. Como uma das respostas a esses questionamentos, ainda no século XX, o termo “*Bioeconomic*” (BONAIUTI, 2011) surgiu para designar e interligar as áreas das ciências matemáticas, naturais e sociais com os saberes da Biologia e Economia (TULLOCK, 1999). A importância da essência biológica em que os processos econômicos são dependentes entre si, não apresenta uma verificação e hierarquização de princípios, assim, vem mostrando-se como uma área de estudos abrangente.

Os campos acadêmicos envolvidos na temática possuem diferentes visões de análise em eficiência, gerenciamento e limitação no uso dos recursos, sejam eles renováveis ou não. Teorias clássicas e modernas oriundas de áreas disciplinares se fazem necessárias para traçar

a direção ou magnitude do esgotamento dos recursos naturais frente as diretrizes básicas da natureza (GOWDY, 1991; WILEN, 1985). As forças de mercado e competições entre agentes econômicos também fazem parte deste escopo (MARK et al., 1985; HERTEL et al., 2013).

Essa ótica de investigação tem espaços e períodos distintos na literatura científica, as primeiras abordagens são sinalizadas por estudos sobre a dinâmica populacional de espécies, modelagem na gestão de recursos naturais e uma perspectiva entrópica da economia (GORDON, 1954; SCHAEFER, 1957; GEORGESCU-ROEGEN, 2012). Um pouco antes da virada do milênio, novas aplicações surgiram impulsionadas pelas instituições políticas como uma forma de gerenciar os recursos biológicos para uso industrial com a terminologia “*bioeconomy*” (ENRIQUEZ, 1998; BIRNER, 2018; LEVIDOW & BIRCH, 2012).

Essas aplicabilidades formam questões de estudo no século XXI desafiando o setor agropecuário em continuar produzindo alimentos para o mundo e, ao mesmo tempo, disponibilizar biomassa para fins não alimentares implicando uma divisão econômica estabelecida entre detentores da biodiversidade e produtores de biotecnologia. Essa cisão, porém, não limitar-se-á em fronteiras nacionais e regionais e poderá perpassar os ecossistemas cujo os limites naturais nem sempre obedecerão aos contornos geopolíticos. As estratégias para esta trajetória estão em grande parte fundamentadas no uso crescente de matérias primas produzidas pelo agronegócio, indicando um possível risco na competição pelo uso da terra para produção de alimentos, energia e matérias primas industriais em um cenário interligado entre a “transformação da biomassa” e os “avanços da genômica”. Contudo, estes desdobramentos deverão observar as bases ambientais, culturais e políticas ao mesmo tempo que ocorrem os avanços científicos ou tecnológicos (GALEMBECK et al., 2009).

Diante deste contexto, este trabalho tem como problema de pesquisa as seguintes questões: Como as abordagens de bioeconomia, no inglês, *Bioeconomy* e *Bioeconomics*, estão relacionadas com a agropecuária? Quais as aplicabilidades conceituais/práticas entre os termos *Bioeconomy* e *Bioeconomics* utilizados?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Para responder o problema de pesquisa apresentado, o objetivo principal deste trabalho é identificar as abordagens bioeconômicas na produção científica relacionando-as ao contexto agropecuário?

### 1.2.2 Objetivos específicos

Especificamente, busca-se:

- a) Conceituar os termos *bioeconomics* e *bioeconomy*.
- b) Identificar as aplicações da bioeconomia na agropecuária.
- c) Mapear as principais áreas de destaques e temáticas presentes nos diferentes segmentos da agropecuária.
- d) Apontar as semelhanças e divergências entre as abordagens encontradas.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

O crescimento econômico desafia o mundo moderno a ter cautela frente a utilização dos recursos naturais, devido a finitude e as limitações na reposição destes. Algumas projeções indicam que a extração de insumos deverá aumentar 119% de 2015 para 2050 e as emissões de gases de efeito estufa crescerão 41% (HATFIELD-DODDS et al., 2017). Neste sentido, está presente a necessidade de novas formas de produção e consumo. Entre as alternativas a bioeconomia é considerada pela comunidade científica como um campo promissor para proporcionar soluções (EL-CHICHAKLI et al., 2016).

No entanto, as pesquisas sobre o assunto possuem direcionamentos distintos, devido as aplicabilidades em *bioeconomics* e *bioeconomy*. Mesmo que ambas linhas científicas utilizem dos recursos biológicos e econômicos, principalmente nas atividades do agronegócio, este estudo justifica-se por um olhar holístico para as especificidades e suas aplicações. De modo geral, proporcionam uma avaliação integrada dos sistemas “solo-planta-animal” com as devidas contribuições socioeconômicas e cautelas ambientais, assim, como também o desenvolvimento de novos produtos e processos industriais.

É necessário compreender as principais relações destas abordagens em virtude da ligação direta que possuem com as cadeias produtivas agrícolas. Com o passar dos anos, o setor “agro” negocial tornou-se mais integrado a um ramo diversificado de indústrias (DESMOND & SIEBER, 2009). A modificação das atividades primárias poderá expandir-se com a evolução constante da *bioeconomy* que tem como objetivo principal o desenvolvimento de produtos a partir de recursos renováveis.

Assim, um nicho de rápido crescimento para vários bens de consumo com base biológica (bioplásticos, biopolímeros, entre outros), deve substituir cada vez mais produtos dependentes do petróleo, ampliando a bioeconomia. Contudo, muitas vezes não é perceptível que esse desenvolvimento significa obter uma grande quantidade de matérias-primas provenientes do setor agrícola (BASTOS, 2018). Essa transição, não estará isenta de implicações ambientais e políticas, as quais a *bioeconomics* com suas proposições poderá auxiliar mensurando os impactos produtivos frente ao uso dos recursos naturais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL

A ciência interdisciplinar não tem um ponto de partida claro podendo ter sido originada de reflexões passadas sobre as desvantagens da especialização das disciplinas. O paradigma mecanicista desenvolvido por René Descartes em meados do século XVII deu origem ao tratamento dos conteúdos de forma fragmentada sobre a complexa realidade em que se encontravam, e conseqüentemente, ao formato disciplinar das pesquisas (NOVIKOFF & CAVALCANTI., 2017). Embora existisse hierarquias entre as diversas áreas do conhecimento com suas claras distinções, a investigação de uma mesma adversidade abordada interdisciplinarmente pelo estabelecimento de métodos científicos permite que problemas complexos possam ser solucionados a partir de uma visão holística (LEIS, 2005). A história da ciência mostrou que a especialização em torno de um único objeto não causou desinteresses recíprocos entre partes dominantes de uma área específica. Desta forma, o diálogo científico corporativo e colaborativo, existente há muito tempo, vem a desvendar problemáticas, tornando-se uma importante ferramenta de elucidação (NICKELSEN & KRÄMER., 2016).

A interdisciplinaridade na pesquisa foi sintetizada pelo cientista Sir Karl Raimund Popper, inspirado em entender como as atividades indutivistas clássicas, baseadas em métodos científicos, favoreciam-se do empirismo para o crescimento de novos conhecimentos. Segundo Popper (2014, p.88): “Nós não somos estudantes de algum assunto, mas estudantes de problemas. E os problemas podem atravessar as fronteiras de qualquer assunto ou disciplina”.

Neste sentido interações entre os impactos no meio ambiente causados pelos seres vivos despertaram novas abordagens. No âmbito da ciência econômica e biológica, estes reflexos traçam um percurso histórico com origem na economia tradicional até a moderna. Os recentes *insights* entre a biociência e economia política no campo de pesquisa foram denominados de bioeconomia (MOHAMMADIAN, 1999; MENDOZA et al., 2018).

Com o objetivo de esclarecer conceitos envolvidos no emprego da expressão, primeiramente é necessário distinguir sua grafia. Na língua portuguesa o vocábulo bioeconomia possui um único formato, composto do radical grego “bios” encontrado em uma série de palavras híbridas como biologia. Literalmente podemos compreendê-la como “estudo da vida”, porém, quando o radical é combinado com “economia” ele pode representar um neologismo polissêmico, mesmo que tenhamos um entendimento conceitual estabelecido

sobre essas palavras. Na língua inglesa, as palavras que fazem referência ao campo são “*bioeconomic*” e “*bioeconomy*”. O significado de “*economic*” (econômico) e “*economy*” (economia) presentes na união terminológica implicam em discussões e aplicabilidade distintas, e nem sempre perceptíveis nas publicações acadêmicas.

Para estudar essas particularidades, o tópico será dividido em duas seções. A primeira seção apresenta os conceitos de “*bioeconomics*”. Na segunda seção os conceitos encontrados na “*bioeconomy*”.

### 2.1. *Bioeconomics*

Para entender como o termo *Bioeconomic* foi estabelecido que é necessário observar as raízes históricas da economia e sua preocupação ambiental. Essa ciência foi, ao longo do tempo, equacionando os problemas de escassez dos recursos para atender os desejos do homem moderno (ROMAN, 1996). Desta forma, do ponto de vista material, a solução para muitas economias vem sendo transformar bens naturais em produtos e serviços (CECHIN, 2008).

Na década de 1750, os princípios da riqueza natural foram reconhecidos pelos fisiocratas, fundadores da primeira escola científica de economia (NEILL, 1949). Para eles, a agricultura era uma fonte de enriquecimento real da sociedade desde que permanecesse em sintonia com a dinâmica natural dos ecossistemas. Manifestam-se como os percursores a favor da melhor utilização dos recursos naturais (ROCHA, 2004).

A relevância do meio ambiente no crescimento econômico compõe uma trajetória desde os chamados economistas clássicos. Adam Smith, David Ricardo e John Stuart Mill postulavam, no final do século XVIII, em seus modelos a inevitabilidade de um “estado estacionário” em virtude da finitude dos recursos naturais e do impedimento de uma produtividade gradativa. Esses economistas ainda alertavam que a expansão do sistema econômico poderia tornar-se uma barreira técnica (CAIXETA ANDRADE, 2012).

Em meados do século XIX, com o nascimento da escola neoclássica e o auge da revolução industrial, a entrada e saída de insumos eram constantes e contornáveis pelo homem implicando em um profundo uso dos bens na intenção de obter ganhos de escala e crescimento econômico (BARROS & AMIM, 2006). O aumento não tinha uma limitação

significativa imposta pelo meio ambiente e os avanços tecnológicos superavam as possíveis restrições presentes no sistema (CAIXETA ANDRADE, 2012).

O funcionamento do sistema econômico relativizava as fontes de insumos naturais e as representações matemáticas deste período, como, por exemplo, a função de produção contendo apenas as variáveis capital e trabalho. O progresso técnico poderia superar indefinitivamente os limites impostos pela disponibilidade de recursos naturais (ROMEIRO, 2010).

Em 1960 torna-se evidente a necessidade de integrar as externalidades ambientais com os componentes presentes no sistema de produção. A Economia Neoclássica passa a considerar de forma explícita a atribuição do meio ambiente em fornecer recursos naturais (MUELLER., 1996) e os processos econômicos assimilariam os resíduos e os rejeitos da produção e consumo (SANTOS et al., 2010).

Segundo Enríquez (2010), os fatores básicos da função de produção (Y), são o capital produzido pelo ser humano (K), o trabalho (L) e os recursos naturais (R), expressos na (Equação 1). Então é compreendido o papel da natureza em fornecer insumos gratuitamente a partir dos fatores capital e trabalho. Anteriormente a função neoclássica, conforme a Equação 2, suprimiu o fator (R) demonstrando um certo desinteresse ao capital natural existente nos processos econômicos.

$$Y = f(K, L, R) \quad \text{Eq.(1)}$$

$$Y = f(K, L) \quad \text{Eq.(2)}$$

Em 1970, o conceito de “capital natural” foi sugerido e tornou-se uma linha de pensamento neoclássica frente ao crescimento econômico (VIVIEN, 2008). Conforme o mesmo autor, o “capital gerado pelas sociedades” deveria ser capaz de compensar uma diminuição na quantidade de “capital natural” assegurando a capacidade produtiva individual e o bem-estar. Estes raciocínios teóricos formaram os conceitos de substituição de recursos que progrediram perante as demandas ambientais. Conforme descrito por Solow (1992), trocas ocorridas no espaço temporal significariam que: a geração presente estaria consumindo o “capital natural”, mas, em troca, repassando capacidade de produção em forma de amenidades, conhecimento e habilidades para gerações futuras.

Destas observações, emergiu as análises neoclássicas presentes na Economia dos Recursos Naturais modelando a utilização de terras agrícolas, recursos minerais, florestais e hídricos, enfim, todos os recursos naturais reprodutíveis e não reprodutíveis (ENRÍQUEZ, 2010). Neste viés a preocupação está em reconhecer o padrão ótimo de uso destes recursos,

identificando o manejo apropriado dos recursos renováveis e qual a taxa ótima de depleção dos recursos não renováveis (ANDRADE, 2010).

De modo particular, os recursos renováveis são regidos pelos fenômenos biológicos e possuem como característica principal a dinamicidade como, por exemplo: o crescimento de árvores, multiplicação dos animais e plantas. Porém, os mesmos podem chegar a um esgotamento, principalmente, quando localizados em espaços de uso e acesso comum devido a incompatibilidade entre as dinâmicas biológicas (indicador de sua evolução) e econômica (indicador do ritmo de exploração) (ENRÍQUEZ, 2010).

Estas dinâmicas diferem-se entre si, pois na biológica o estoque de recursos não é fixo e cresce proporcionalmente conforme as condições naturais específicas. Ao expandirem-se estão submetidas a um limite máximo definido pela capacidade de suporte do seu ecossistema. Na perspectiva econômica poderá haver uma pressão sobre determinado recurso se o seu nível de extração exceder o crescimento. Em síntese, o principal estímulo da Economia de Recursos Naturais é identificar qual a trajetória de exploração de uma população animal ou vegetal submetida a uma dada taxa de extração (ENRÍQUEZ, 2010).

Esta exploração possui um modelo geral derivado do pensamento neoclássico, com a meta de reconhecer as situações impostas aos sistemas para alcançar o “ótimo econômico” e proporcionar ao produtor o melhor benefício – o lucro máximo. Na forma analítica descrita por Enríquez (2010), o estoque " $X$ " de um recurso " $G$ " em qualquer tempo " $t$ " é resultante das diferenças entre as taxas naturais de recomposição e exploração, ambas em função do tempo, tal como indicado na expressão matemática da (Eq. 3):

$$x = G(x(t)) - h(t) \quad \text{Eq.(3)}$$

A taxa natural de recomposição de  $x$  é representada por  $G(x(t))$  e a taxa de utilização por  $h(t)$ . O lucro “ $\pi$ ”, é obtido a partir do uso desse recurso (Equação 4) que indica as consequências da taxa de recomposição e da taxa de utilização do recurso ao longo do tempo, como demonstrado a abaixo:

$$\pi = \pi[x(t); h(t); t] \quad \text{Eq.(4)}$$

A partir da Equação 4, a regra de produtividade marginal da acumulação ótima do capital é determinada, pela qual a produtividade marginal de  $G'_x$  é igual a taxa de desconto “ $\delta$ ” como segue na representação:



$$G'_x = \frac{\pi'_x}{\pi'_h} = \delta \quad \text{Eq.(5)}$$

Salienta-se, como um resultado do modelo geral de exploração que a taxa de produtividade dos recursos não garante a igualdade da taxa de desconto já que está em função de variáveis que não correspondem a dinâmica biológica (ENRÍQUEZ, 2010).

A Economia quando contextualizada nas problemáticas ambientais divide-se em abordagens convencionais e modernas, diferenciando-se conforme os problemas estudados, tipos de recursos e setores considerados. Os indicadores de escassez podem estar caracterizados por neoclássicos e/ou biofísicos e são solucionáveis com programações matemáticas avançadas de otimização e maximização (VAN DEN BERGH & NIJKAMP, 1998). Paralelamente a este contexto, surgiu a Economia Ecológica como uma opção moderna defendendo um pluralismo metodológico que acrescenta procedimentos e instrumentos de análise, inclusive, provenientes da Economia Neoclássica (SAES & ROMEIRO, 2018).

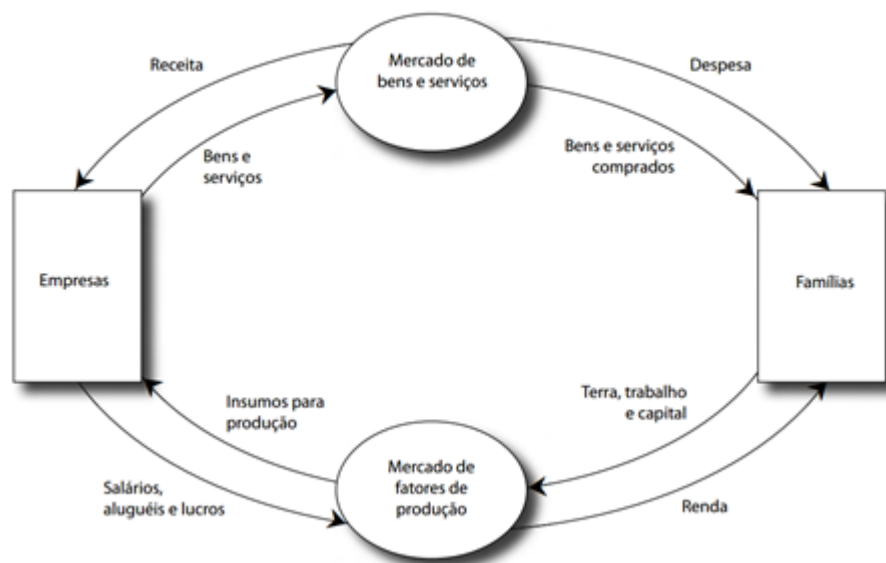
Mesmo que existam conceitos comuns, a principal diferença é como as duas visões enxergam a inserção da economia neste contexto. Na convencional, a biosfera é avaliada separadamente da macroeconomia. Na abordagem moderna ocorre o inverso, aceita-se a economia como um subsistema aberto onde as condições físicas e químicas irão ser influenciadas por um sistema maior derivando-se na utilização de energia e matéria prima (CECHIN & VEIGA, 2010).

É necessário entender as distinções dos sistemas que são fundamentais para o enquadramento ecológico. Em Sistemas Isolados não há troca com meio exterior entre energia e matéria, o único exemplo neste caso é o próprio universo. De modo oposto, os Sistemas Abertos trocam matéria e energia com o meio ambiente, como o caso do sistema econômico. Já os Sistemas Fechados importam e exportam energia, mas não matéria. Um exemplo é o planeta Terra (CECHIN & VEIGA, 2010).

Tais pressupostos trazem o entendimento da existência de um metabolismo energético de fluxo solar, absorvido pela terra e dissipado na forma de calor. Esse fenômeno mantém o funcionamento dos ecossistemas e a economia interage como um sistema aberto. Porém, o tradicional “diagrama de fluxo circular” da economia convencional, ilustrado na Figura 2.1, mostra que a circulação da produção, insumos e dinheiro permanece isolada (CECHIN & VEIGA, 2010).

Na situação apresentada pela Figura 1, nada entra ou sai do sistema, e também não há absorção e liberação de resíduos. As empresas produzem bens e usam insumos através dos três fatores neoclássicos da produção: a terra, o trabalho e o capital. Os agentes econômicos exploram, compram, produzem e consomem em um processo internamente fluído. Na área externa do diagrama estão apenas os fluxos monetários. O consumo ininterrupto da mesma energia e matéria chama a atenção pelo fato de contradizer a mais básica das ciências da natureza - a física (CECHIN & VEIGA, 2010).

Figura 1- Diagrama de fluxo circular



Fonte: (CECHIN & VEIGA,2010)

Em contrapartida, estudos verificaram a existência dos limites para transformação de energia e matéria, dado que os recursos em um ecossistema possuem características de não renovabilidade. As Leis da Termodinâmica, especificamente a Entropia, foram conceitos introduzidos na economia por Georgescu-Roegen a fim de elucidar as diretrizes naturais em que todos os processos econômicos são dependentes. O autor esclarece a diferença qualitativa existente e a irreversibilidade do atual sistema econômico (GEORGESCU-ROEGEN, 2012).

Para o esclarecimento do que é entropia torna-se indispensável o entendimento da 1ª e 2ª lei da termodinâmica. O primeiro princípio indica que a quantidade de energia presente em um sistema isolado é constante, enquanto o segundo refere-se que a qualidade da energia no mesmo sistema tende a degradação sendo fundamental para realização de trabalho. A medida de entropia tem como parâmetro a qualidade de como a energia está disposta, as quais

podem caracterizarem-se por “livres”, “presas” ou “não utilizáveis”, sendo a última o indicador de degradação (CECHIN, 2008).

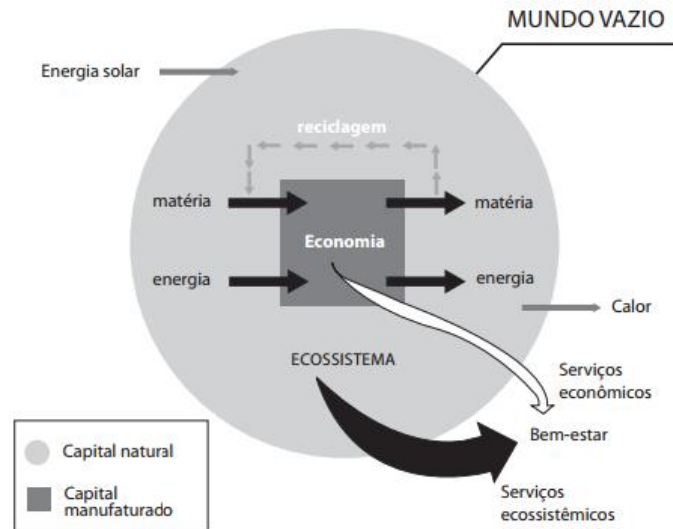
Conseqüentemente, a maneira como “tratamos as energias” dita o equilíbrio dos sistemas. Quando o homem acessa naturalmente uma fonte de energia, pode-se dizer que a energia está livre, entretanto, sua degradação é contínua chegando ao estado de energia presa. Entre estes dois estados de transformação ocorre a geração de calor e trabalho. Este processo da origem a Lei da Entropia, postulando que no sistema fechado, a energia aumenta constantemente e a ordem inicial do sistema é transformada em uma desordem contínua onde estão presentes as energias não utilizáveis (GEORGESCU-ROEGEN, 2012).

A partir dos princípios físicos apresentados, podemos compreender que todos os organismos vivos fazem uso dos recursos ambientais disponíveis (de baixa entropia) transformando-os em produtos de valor econômico (de maior entropia). Nas palavras de Georgescu-Roegen (2012) “o custo de todo empreendimento biológico ou econômico é sempre maior do que seu produto. Em termos da entropia, as atividades produtivas traduzem-se em déficits”. Neste ponto, a tecnologia ocupa um papel central quando associada a melhor utilização dos recursos frente a escassez das fontes de baixa entropia.

Para melhor aproveitamento dos recursos naturais é necessário apurar a sua disponibilidade entrópica. Os recursos naturais estão dispostos no meio ambiente na forma de energia livre por duas fontes distintas: a dos minérios com estoque finito de extração e na forma de radiação solar, energia captada por fluxos e responsável pela fotossíntese, fenômeno vital para manutenção da vida terrena (GEORGESCU-ROEGEN, 2012). Herman Daly utilizou a metáfora de “mundo vazio” e “mundo cheio” para estes pressupostos (DALY, 2005).

Uma maneira visual de assimilar as ideias da Economia Ecológica está presente nesta analogia utilizada por Daly, ilustrada na Figura 2. O referente autor é um dos principais seguidores de Georgescu-Roegen e responsável pela formalização do pensamento de Economia Ecológica.

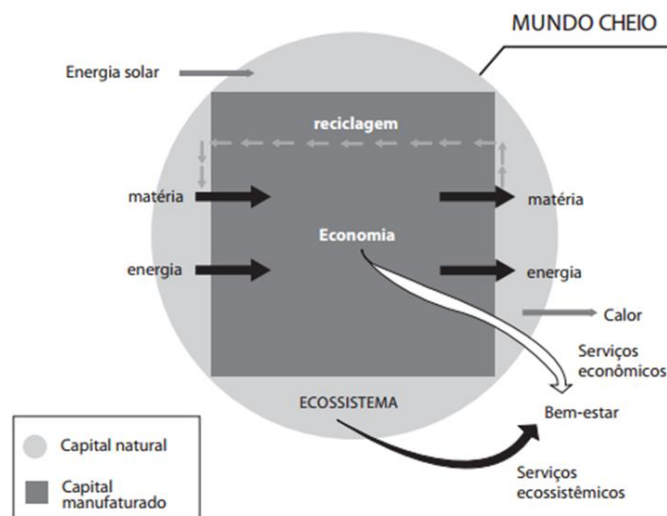
Figura 2 - Visão de mundo vazio



Fonte: (DALY adaptado por ENRÍQUEZ, 2010)

A diferença dos dois “mundos” de DALY tem uma conotação histórica entre a passagem da baixa densidade populacional até chegar aos padrões de consumo atuais, conflitantes com a integridade ecossistêmica. Na Figura 3 está representado a visão do mundo cheio, onde possuímos alto custo de oportunidade no uso dos recursos naturais. Em outros tempos, desconsiderar o meio ambiente era compreensível porque o “mundo vazio” tinha uma pequena escala de produção e o elemento de escassez era o capital de manufatura (DALY, 2005).

Figura 3 - Visão de mundo cheio



Fonte: (DALY adaptado por ENRÍQUEZ, 2010)

Nas ilustrações o reposicionamento das economias segue as definições térmicas descritas anteriormente. Porém, deve ser enfatizado o ciclo de reciclagem expresso pelas setas, o qual é maior no mundo cheio, pois só uma parcela dos resíduos não aproveitável possui um reuso no processo produtivo, a outra é descartada no meio ambiente. Em parte, o descarte é absorvido pela natureza conforme sua capacidade de resiliência, ou na forma de acumulação (poluição) aumentando os estoques de energia não utilizável. Esse impacto pode comprometer os serviços ecossistêmicos e, fatalmente, elevar o nível de entropia do sistema, um exemplo é o aquecimento global (ENRÍQUEZ, 2010; DALY, 2005).

Conforme elucida Daly (2005), quando o mundo era vazio havia muitos rios e aquíferos sem nenhuma interferência humana próximo a eles, de tal modo que o custo de oportunidade do uso desses rios era aproximadamente zero e o conceito de externalidade não tinha menor importância. Por conseguinte, o mundo tornou-se superpovoado e “cheio”, e os sistemas econômicos passaram a pressionar a capacidade do capital natural e seus serviços ambientais, compondo um custo de oportunidade alto. Diante disto, o conceito de externalidade adquiriu uma importância crescente. Estes comentários vão ao encontro dos projetos para novas extrações minerais que necessitam ter mais benefícios do que custos ambientais.

Na trajetória apresentada até o momento, algumas questões econômicas e ambientais foram descritas em vista da reflexão sobre o tema. A partir do modelo de exploração geral neoclássico, aplicações empíricas com o nome de “*Bioeconomics Models*” gradualmente espalharam-se no tratamento dos recursos naturais. Entre eles, ocorreram enfoques especiais para os recursos pesqueiros, florestais e de biodiversidade (MCCONNEL & SUTINEN, 1970; TOUZA et al., 2008; CLARK, 1976). Estas abordagens possuem como essência a busca da otimização entre variáveis biológicas e econômicas utilizando modelos empíricos.

A partir de uma reflexão econômica e social, o romeno, Nicholas Georgescu-Roegen concebeu um diferente significado para a palavra “*bioeconomics*”. Em vista da humanidade ser a única espécie cuja a sobrevivência depende intrinsecamente de instrumentos exossomáticos, ou em outras palavras, instrumentos que são construídos por seres humanos e não herdados geneticamente no momento do nascimento. Segundo Georgescu-Roegen (2012 p.116) “ao transcendermos os limites biológicos naturais, passamos a sobreviver com uma estratégia inteiramente diferente das outras espécies: “ela não é apenas biológica, nem é puramente limitada ao econômico, tornando-se *bioeconomic*”. Desta forma, a interpretação da ligação das duas palavras contribuirá para sobrevivência da humanidade estando diretamente relacionada com a evolução exossomática do homem moderno.

Esse raciocínio configura-se como singular, não podendo ser representado especificamente por uma linha científica da economia, mas de modo interdisciplinar convoca elementos da biologia evolutiva, economia institucional e análise biofísica (MAYUMI, 2009; MIERNYK, 1999). Atualmente nossas ferramentas (exossomáticas) estão condicionadas a exploração dos recursos disponíveis de baixa entropia, seja para energia ou matéria prima. De tal maneira, a abordagem “*bioeconomics*” de Georgescu-Roegen é compreendida por uma estrutura de assimetrias ligadas as três fontes de energia já vistas anteriormente a livre, a presa e a não utilizável (GEORGESCU-ROEGEN, 2012).

Na composição de cada uma das assimetrias está representado todos os anos de estudo do autor, que para nomeá-los chamou de elementos “*bioeconomics*”. Apesar da difícil descrição literária desses elementos, o Instituto Momentum, uma organização que trabalha com os conceitos de decrescimento econômico, resumiu brevemente as questões que confrontam a humanidade conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Assimetrias de *bioeconomics*

Assimetrias	Questões
1 <sup>a</sup>	A parte terrestre é um “estoque”, enquanto a parte solar pode ser considerada como um fluxo. Podemos extrapolar a exploração dos recursos da Terra, mas em nenhum momento poderemos recuperar as radiações solares recebidas por nossos descendentes para formar esses estoques.
2 <sup>a</sup>	Diante da 1 <sup>a</sup> assimetria e da impossibilidade de transformar energia em matéria, o ponto crítico da humanidade, em vista da premissa de “ <i>bioeconomics</i> ”, é a disponibilidade e a exploração das matérias primas encontradas na crosta terrestre, seja ela qual for (carvão, ferro, petróleo entre outros). O fluxo de energia do sol continuará a aquecer a terra e as florestas continuarão dispostas a uso fruto das gerações vindouras.
3 <sup>a</sup>	A quantidade de energia recebida da radiação solar é infinitamente superior aos estoques de energia livre disponíveis na Terra. As reservas totais de combustíveis fósseis representam apenas cerca de duas semanas da radiação solar recebida pelo planeta.
4 <sup>a</sup>	A energia solar recebida pela Terra é altamente dispersa, e sua exploração industrial apresenta imensas desvantagens em comparação com as energias extremamente concentradas já disponíveis no planeta. Usar energia solar direta equivaleria a utilização da energia cinética liberada por cada gota de chuva antes de atingir o solo. Infelizmente, a luz solar não produz rios ou lagos, o que facilitaria significativamente sua exploração, coletando-a como energia hidráulica.
5 <sup>a</sup>	A exploração da energia solar está isenta de poluição: a radiação, usada ou não por humanos, terminará sem dúvida sua jornada sob a forma de calor, contribuindo para o equilíbrio termodinâmico do planeta. A exploração de todas as outras formas de energia irá inevitavelmente produzir poluição de forma prejudicial e implacável.
6 <sup>a</sup>	Todos os seres vivos do planeta dependerão, em última instância, da energia solar para sua sobrevivência. A competição por essa energia é muito mais feroz na natureza pelos seres humano. O homem não é uma exceção e sabe como explorar impiedosamente grandes quantidades de energia graças a seus utensílios exossomáticos. Ele procurou abertamente exterminar todas as espécies que lhe subtraem o alimento ou que se alimentam às suas custas. Essa luta contra outras espécies pelo alimento (em última análise pela energia solar) traz a crença comum e uma orientação positiva perante toda inovação tecnológica, como o caso de introduzir técnicas agrícolas modernas ao sistema econômico.

Fonte: Adaptado por CARTON & SINAÏ de Georgescu-Roegen (2013)

Considerando o funcionamento da agricultura moderna (agronegócio) e suas relações entre indústria, comércio e produção primária, os arranjos econômicos destas conexões surgiram para viabilizar a alimentação dos povos, é sabido que o homem é o único ser capaz de interferir nos limites de produção deste setor. Segundo Georgescu-Roegen (2012) essa intervenção pode não ocorrer apenas na garantia da comida, mas também na eficiência da transformação de energia solar em alimentos. Com o tempo, as práticas primitivas da agricultura trouxeram imensos benefícios, vinculadas as técnicas de lavrar, dinamizar o solo e fertilizá-lo com matérias orgânicas. Entretanto, essa evolução foi marcada pelo crescimento demográfico, avanço das áreas agriculturáveis e pelos subprodutos da revolução industrial.

O último avanço reside na extensão dos processos de baixa entropia mineral, transferidos para a agricultura substituíram a antepassada originalidade biológica das práticas agrícolas. No setor agrônômico, esse processo é marcante e a mecanização substituiu o homem e os animais de tração, e por fim, os fertilizantes químicos permutaram a adubação orgânica (GEORGESCU-ROEGEN, 2012). Em virtude da pressão populacional é inevitável reforçar a produtividade do cultivo com tais elementos tecnológicos. Frequentemente novos fertilizantes, pesticidas e variedades de cereais de alto rendimento são garantias diante das necessidades de sobrevivência humana (VANLOQUEREN & BARET, 2009).

Todavia tais modernizações, a longo prazo, serão contrárias aos interesses da *bioeconomic* proposta por Georgescu-Roegen (2012) por serem equivalentes a uma substituição do elemento mais abundante de todos, a energia solar, por elementos escassos. Mesmo que as técnicas modernas aumentem a quantidade de fotossíntese, o aumento será compensado proporcionalmente ao esgotamento dos recursos de baixa entropia do meio terrestre, ou seja, o único bem cujo a escassez seria problemática (CLEVELAND, 1991).

Diante do exposto, inevitavelmente chegará um momento que os rendimentos produtivos serão decrescentes em consequência da maior substituição dos estoques de energias para desenvolver a agricultura moderna (GIAMPIETRO & PIMENTEL., 1993). Essas observações sinalizam a necessidade de reduzir as tendências em incrementar *inputs* de energia terrestre (contabilizadas a partir da extração mineral), exigindo que as técnicas agrícolas evoluam com uma baixa dependência dos recursos de baixa entropia (GEORGESCU-ROEGEN, 2012). Hoje repensar alternativas para substituir o maquinismo agrícola torna-se complexo, pois os avanços foram surgindo para sustentar altas densidades demográficas.

Ressalta-se neste ponto o alerta para o desenvolvimento da produção primária escrito a mais de quarenta anos pelo cientista Georgescu-Roegen (2012, p.124):

Agricultura altamente mecanizada e densamente fertilizada possibilita a sobrevivência de uma grande população  $P_i$ , mas ao preço de um esgotamento maior dos recursos  $S_i$ , o que, a supor a continuidade da situação, significa proporcionalmente mais redução de vida futura. Além disso, se a produção de alimentos “em complexos industriais” vier a ser uma regra geral, diversas espécies associadas à agricultura tradicional poderão ir aos poucos desaparecendo. Com isso, o homem corre o risco de chegar a um impasse ecológico sem possibilidade de volta.

Nota-se que o setor agrícola de certa maneira se transformou desde então, inovações atuais estão contribuindo para eficiência no uso dos recursos naturais, como por exemplo a agricultura de precisão, práticas agrícolas de baixo carbono, avanço da produção de orgânicos e também o surgimento da utilização de energias alternativas renováveis (CASSMAN, 1999; NORSE, 2012; SMITH, 2016; JEBLI & YOUSSEF, 2017). Contudo, a palavra “*bioeconomic*” de interesse do estudo, em uma configuração que não necessariamente alicerça-se com as teorias do cientista Georgescu-Roegen, já possuem enfoques diferentes e estão sendo integradas para formular avaliações holísticas neste sentido.

Este contraponto, segundo Janssen & Van Ittersum (2007), ocorre no campo de pesquisa denominado “*Bioeconomics and Models Agricultural*”, onde as perspectivas econômicas e biológicas compõem uma avaliação integrada para sistemas de produção agrícola. Assim, possuem a característica de mensurar os impactos produtivos da agricultura sob diversos fatores econômicos, tendo em vista às restrições agroecológicas. Na essência destas abordagens está a formulação de modelos matemáticos, como no caso dos primeiros estudos bioeconômicos empíricos para sistemas extrativistas.

De modo geral, Kruseman (2000) descreve que a estrutura destas aplicações deixa visível dois componentes principais: o primeiro possui questões socioeconômicas pertinentes ao comportamento do produtor, a estrutura de mercado, os arranjos institucionais e os incentivos políticos; o segundo contempla a degradação dos recursos em termos dos processos biofísicos: ciclagem da água e dos nutrientes, crescimento de plantas e animais, emissões de gases e a lixiviação de poluentes no solo.

Combinar e processar as informações de ambos componentes não implica necessariamente em abordagens integradas, resultando em uma análise que não se encaixa



de forma inequívoca a outra. Logo, uma difícil comunicação científica de muitos domínios devido a linguagem específica de diversos cientistas para tratar os fenômenos naturais é observada (KRUSEMAN, 2000). A viabilidade de sobrepor essas barreiras é expressar os problemas de forma quantitativa, formato que unificou as interpretações permitindo uma comunicação satisfatória entre os agentes.

Os modelos bioeconômicos no contexto do agronegócio podem permitir o ajuste de tecnologias aos incentivos políticos e interesses mercadológicos, buscando eficiência econômica e ambiental na combinação de informações das ciências biofísicas e sociais. Nos últimos anos, vários esforços nesse sentido surgiram com o tema abordando especificamente unidades rurais (ROBERT et al., 2016). Neste estudo, a temática é utilizada para enfatizar a interdisciplinaridade encontrada nos problemas avaliados. King et al., (1993, p.389) definiu essas aplicabilidades como:

Um modelo bioeconômico é uma representação matemática de um sistema biológico gerenciado. Modelos bioeconômicos descrevem processos biológicos e preveem os efeitos das decisões de gestão sobre esses processos. Eles também avaliam as consequências das estratégias de manejo em termos de alguma medida de desempenho econômico.

O conceito de modelo, em geral, pode ser definido como uma representação da realidade, com essa virtude eles não abrangem toda a realidade e são, portanto, abstrações (KRUSEMAN, 2000). Os mecanismos mais simples neste sentido são os modelos mentais, capazes de representar qualitativamente uma realidade. Logo, são muito utilizados para representar a construção de hipóteses, teorias e modos de explicação, auxiliando no esclarecimento de uma realidade (GOUVEIA, 1999). Os modelos mentais são os primeiros passos para chegar até os modelos quantitativos formais que as ciências exatas geralmente utilizam (ALMEIDA & TAUHATA, 1981).

Genericamente, os modelos formais estão divididos, segundo Kruseman (2000), em:

- **Modelos teóricos:** representam matematicamente as relações causais sob uma parte da realidade a ser explicada. Consistem em hipóteses sobre as relações de um dado fenômeno. Não é necessário que estes sejam parametrizados, ou seja, expressem o estado de um sistema e seus processos com as funções e grandezas independentes as quais são chamadas de parâmetros;
- **Modelos parametrizados:** representam a realidade com base nos modelos teóricos já parametrizados, de tal maneira que possam explicar com precisão um determinado fenômeno físico;

- **Modelos de simulação:** descrevem e explicam a realidade, mas também permitem a experimentação a partir de uma configuração hipotética. Estes devem estar baseados nos modelos teóricos e parametrizados. O uso da simulação permite fazer previsões para espaços temporais distintos;

As modelagens possuem três finalidades: descrição, explicação e previsão. A descrição é o início da formalização de um modelo mental, carece de agregar os diferentes fenômenos observados em relacionamentos consistentes em termos de definições. Geralmente a explicação ocorre posteriormente sob um conjunto de indicadores mensuráveis, o qual interpretará a relação entre esses indicadores a fim de relatar algo significativo em retrospectiva sobre um determinado fenômeno. O último atributo, a previsão, utiliza dos modelos para explicar uma situação futura (KRUSEMAN, 2000).

Um quesito importante é a escala de tempo e o nível de agregação das modelagens. A escala de tempo registra os períodos temporais observados como: passado, presente e futuro. O modo como o tempo é incorporado no modelo pode variar, alguns serão estáticos, estáticos comparativos e dinâmicos. No nível de agregação serão definidos os espaços físicos observados como por exemplo: uma parcela de terra, fazendas, regiões e/ou superiores (municípios, estados e países) (KRUSEMAN, 2000).

Segundo Rabbing et al., (1994) os modelos parametrizados e de simulação estão entre os mais difundidos nas ciências agrárias. Estes distinguem-se em três objetivos gerais: i) estudos descritivos e comparativos; ii) estudos exploratórios e iii) estudos de planejamento. Os descritivos irão fornecer um panorama atual do sistema agrícola investigado, nos explorativos os autores buscam verificar as possibilidades e potencialidades de uma fazenda ou região ao longo prazo. Aqueles caracterizados como de planejamento referem-se a modelos de previsão de curto e longo prazo para orientar a análise estratégica e tática de intervenções políticas direcionadas.

Estes pressupostos didáticos preliminares assumem também a classificação de empíricos (teóricos e parametrizados) e mecanísticos (parametrizados e simulados). Os empíricos descrevem o sistema estudado fundamentalmente por relações matemáticas (BROWN, 2000). Na sua consistência esses modelos estão presentes com uma ou mais equação associada às peculiaridades locais. Nos mecanísticos, um nível maior de complexidade contorna uma gama maior de fenômenos envolvendo em sua base de análise processos fisiológicos enredados no crescimento de uma cultura ou população animal (CASTRO et al., 2018).

Em um primeiro momento é difícil qualificar as áreas envolvidas na modelagem bioeconômica, devido aos distintos acoplamentos dos submodelos agrários e econômicos existentes em único modelo chamado de bioeconômico (BROWN, 2000). O exercício de compará-los torna-se uma tarefa complexa. Para Kruseman (2000) a dificuldade ocorre não apenas porque os objetivos dos estudos do campo são diversificados, mas porque há diferenças em relação às premissas básicas que orientam os modelos envolvidos. As suposições básicas tendem a depender das ciências que estão participando do escopo. Embora procedimentos multi ou interdisciplinar sejam prescritos nesse tipo de pesquisa, muitas vezes, existe uma disciplina que irá preponderar. Nota-se então uma quantidade significativa e heterogênea de abordagens.

Corrêa et al., (2011) descreve um caminho razoável para explicitar a modelagem na agricultura e estabelecer os seus “diagnósticos de funcionamento” por um ou mais processos, dessa maneira, explorar as oportunidades e aplicabilidades científicas destes métodos de pesquisa. No setor agrícola é notável muitos experimentos utilizar a teoria econômica, em específico a microeconomia sob os postulados da função de produção a qual integra-se a outras áreas.

O escopo das técnicas neste âmbito depende de duas maneiras de representar o processo de produção, conforme elenca Flichman et al., (2011): i) considerar as quantidades físicas de insumos necessários para gerar uma unidade de produção (exemplo: terra, adubos, animais e/ou sementes) e ii) caracterizá-los através dos custos de produção (exemplo: medição monetária dos insumos).

Uma função objetivo de engenharia comumente é atribuída para representar de forma explícita a tecnologia adotada na produção (exemplo: kg de fertilizantes/ha, m<sup>3</sup> de água, entre outros) formando um vínculo entre variáveis biofísicas e econômicas (GULATI & MURTY, 1979). Na agropecuária as práticas produtivas em sua essência podem ser representadas por sistemas biofísicos, desta forma os autores quantificam as variáveis físicas, podendo elas serem de entrada ou saída. Como saída das atividades são verificados os níveis de impacto ambiental (FLICHMAN & JACQUET, 2002).

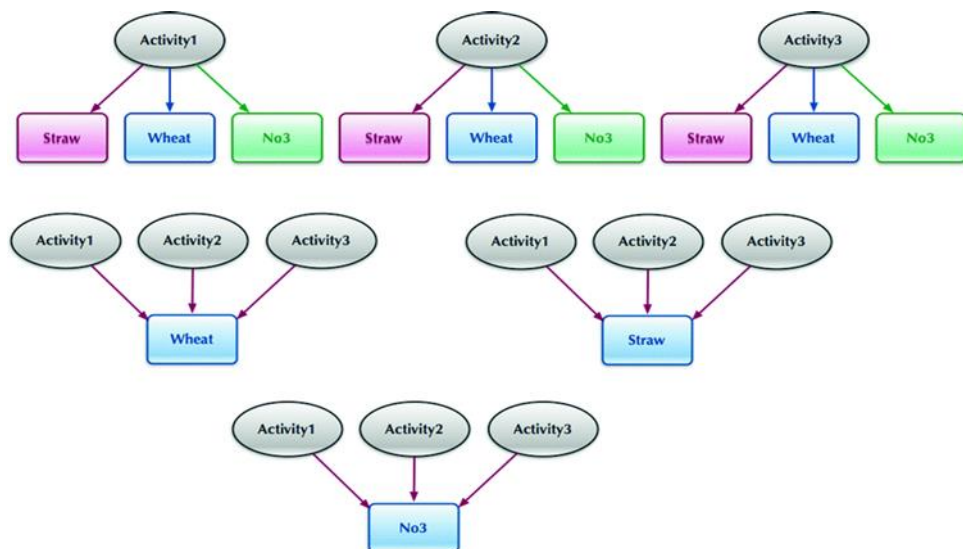
O elemento básico dos estudos é a atividade de produção agrícola e não o bem econômico (produto), uma percepção diferente que enxerga os produtos (exemplo: grãos, animais e florestas) não como elementos básicos de análise, mas investiga o processo de produção que permitiu chegar até eles. Cada produto agrícola tem diferentes formas de ser manufaturado e cada uma delas é composta por um conjunto de atividades, as quais podem resultar em mais de um produto (FLICHMAN et al., 2011).

O modo tradicional de modelagem para tais situações é definir os coeficientes técnicos presentes nas atividades, que convencionalmente estão relacionados a uma unidade de fator fixo, como o caso da (terra), e não a uma unidade de produto (RUBEN et al., 1999). Porém, aplicações diferenciadas avaliam separadamente os processos para produzir uma mesma mercadoria percebendo as externalidades ambientais sob as práticas escolhidas.

O diferencial está em propor uma análise onde as atividades têm várias saídas, ou seja, caracterizar uma produção conjunta de atividades, e nestas condições um único produto pode pertencer a várias práticas formando os “processos de produção”. Conforme Flichman et al., (2011), o lado positivo e negativo destas operações combinadas é melhor observado tornando-se novas políticas de integração que estejam ligadas as atividades, não exclusivamente aos produtos, identificando-as.

Uma produção conjunta é destacada na Figura 4 com um exemplo didático para avaliação do trigo “*wheat*”, palha “*straw*” e  $\text{NO}_3$  (FLICHMAN et al., 2011). O último fator representa o fornecimento do nitrogênio ao solo na forma de nitrato, um composto presente em muitos fertilizantes (ADDISCOTT et al., 1991). As relações implícitas de causalidade são descritas pelas múltiplas entradas e saídas (incluindo externalidades ambientais) até obter os três “produtos”. O impacto de cada entrada e saída pode ser avaliado separadamente, quando é identificado a contribuição de cada atividade na produção. A construção dos modelos bioeconômicos passa então a enquadrar variáveis biofísicas em uma função matemática que expressa a produção (FLICHMAN et al.,2011).

Figura 4 - Diagrama de produção conjunta

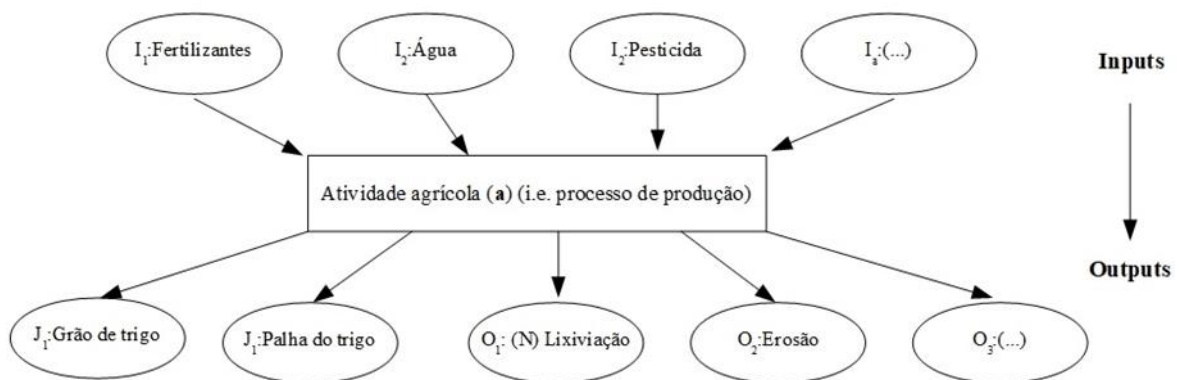


Fonte: (Flichman et al., 2011)

O conjunto de expressões matemáticas é descrito conforme Flichman et al., (2011), representado pela Figura 5, considerando cada atividade agrícola concebida no processo de produção, com várias saídas e entradas. Cada especificação adotada pelos autores implica em consequências não triviais. A partir disto é possível escolher a programação matemática do modelo, incluindo os custos econômicos e as externalidades ambientais dos recursos naturais relacionados a produção agrícola.

Os custos geralmente são definidos a partir de pesquisas de engenharia, informações estatísticas e submodelos biofísicos. Enfatiza-se que as modelagens devem ilustrar os custos ambientais e econômicos pelas atividades e não por produtos. Desta forma, segundo Flichman et al., (2011) serão observados os custos e suas especificidades por atividades na formulação do modelo, a entrada dos custos muitas vezes é não linear, porém o custo médio é igual ao custo marginal, os custos reais por produto serão não lineares e, portanto, o custo marginal normalmente aumentará proporcional ao nível de produção. A causa do acréscimo na agropecuária geralmente está atribuída a presença do fator limitante fixo (terra), mas também poderá ser outro fator de limitação natural, como a água. As externalidades ambientais poderão ser tratadas como custos, desde que sejam identificados e medidos como um produto físico (exemplo: toneladas de erosão do solo, kg de poluição  $\text{NO}_3$ , etc). Para capturar estas informações os modelos biofísicos dinâmicos simulam os diferentes produtos relacionados com uma atividade agrícola dentro de uma estrutura integrada.

Figura 5 - Conjunto de variáveis na modelagem agrícola



Fonte: (Flichman et al., 2011)

Existem muitos propósitos e formatos na execução dos problemas agropecuários, os quais são delineados por funções e solucionáveis com a programação matemática bioeconômica. Contudo, o enfoque do trabalho não se caracteriza por uma revisão criteriosa

destes atributos e, portanto, será sinalizado um escopo geral das ferramentas com a finalidade de entender a sua usabilidade nos setores do agronegócio, verificando seus principais objetivos e resultados. Um básico esboço dos aspectos fundamentais das funções integrativas é absorvido da revisão criteriosa realizada por Castro et al, (2018), compondo o Quadro 2 com os itens principais.

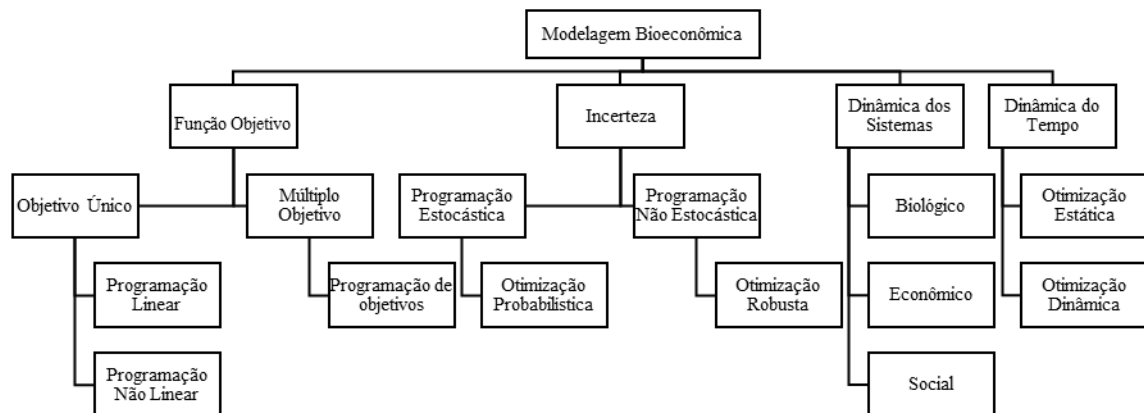
Quadro 2 - Fundamentos da abordagem bioeconômica integrativa

<b>Funções Objetivo</b>	Representa a racionalidade econômica do processo decisório, e é onde estão descritas as atividades do sistema com os coeficientes para respostas produtivas. Possuem um conjunto de restrições que definem as condições operacionais podendo estar formuladas para um único ou múltiplo objetivo.
<b>Integração da incerteza</b>	Os métodos para incluir a incerteza são: i) programação estocástica: representados por funções de probabilidade para parâmetros de sistemas reais e ii) programação não estocástica: possui natureza determinística, ou seja, estudos levarão o um único resultado definido.
<b>Integração da dinâmica do tempo</b>	Modelos estáticos: tem a capacidade de mostrar o que acontece ao longo do tempo, mas o próprio tempo não é incorporado no modelo, todas decisões são para um único período. Modelos dinâmicos: incorporam o tempo em sua estrutura para considerar variáveis de decisão em função do tempo.
<b>Integração da dinâmica do sistema</b>	A captura de integração entre os processos biológicos e as decisões humanas adotadas muitas vezes podem ser não linear, chamados de modelos integrados complexos. São caracterizadas por múltiplos equilíbrios dinâmicos ou longos períodos de desequilíbrio e possuem um conjunto desconhecido de variáveis reais. De outro modo, tem-se a integração em modelos convencionais que não permitem a captura das relações dinâmicas não-lineares, assim o conjunto de variáveis possui valores mínimos ou máximos e são utilizadas equações lineares.

Fonte: Elaboração a partir de Castro et al., (2018)

Em uma grande parcela das aplicações com modelagem bioeconômica está presente a otimização. A partir dela as programações matemáticas poderão ter rotinas de otimização diferentes, sendo adaptadas conforme a formulação do problema observado e do tipo de função adequada. Considerando os aspectos fundamentais do Quadro 2 e devido o potencial de importância da otimização, Castro et al., (2018) elencaram as seguintes opções em termos de programações para tais abordagens, conforme ilustra a Figura 6.

Figura 6 - Configurações da modelagem bioeconômica



Fonte: Castro et al., (2018)

Com o fluxograma de técnicas apresentadas na Figura 6, os autores optam primeiramente pelo tipo de função objetivo verificando o seu grau de incerteza e o tratamento com o tempo. Sempre considerando a dinâmica específica do problema (biológica, econômica e social) presente nos sistemas agropecuários. A imagem representa a estruturação dos modelos mecanicistas mais usuais que visam integrar objetivos de sustentabilidade do setor na tentativa de evitar efeitos adversos como: a depleção do solo, perda de nutrientes e gestão dos recursos naturais (BROWN, 2000). O grande desafio destes métodos é incluir vários objetivos de maneira que se obtenha uma visão integrada de todos os processos produtivos (CASTRO et al., 2018). Nos próximos parágrafos são descritos brevemente as características principais dos elementos da Figura 6.

Na programação linear um conjunto de coeficientes de entradas e saídas é definido pelo programador observando a limitação dos recursos e as possíveis restrições para as atividades. A modelagem a ser otimizada considera as atividades e restrições para uma meta específica do autor, como por exemplo o lucro. É uma técnica versátil onde os recursos podem ser melhor alocados e geralmente são denominados variáveis de decisão (JANSSEN & VAN ITTERSUM, 2007). Em programações não lineares todas atividades devem garantir a não linearidades dos coeficientes de entrada e saída. Uma abordagem utilizada para quando o estudo tem a preferência de maximizar o retorno econômico e espera ao mesmo tempo que o risco financeiro seja delimitado (HÄRTL et al., 2013). Como ambos objetivos geralmente não podem ser alcançados simultaneamente utilizando a opção linear, a programação não linear fornece uma solução viável, pois há a combinação do retorno esperado e o risco

envolvido na função objetivo. Nas programações de múltiplos objetivos integram-se informações e metas além da maximização do lucro. A maneira mais simples de utilizá-la é selecionar o que será maximizado e minimizado no modelo, especificando os objetivos frente as restrições (TEM BERGE et al., 2000).

Os graus de incerteza referem-se a robustez dos dados envolvidos no sistema em análise e devem estar de acordo com a função modelada. Na programação estocástica busca-se uma disponibilidade de dados ocorridos em eventos futuros e/ou adversos (ROTZ, 1989). A aleatoriedade destas informações muitas vezes explica satisfatoriamente a natureza dos processos. Utiliza-se funções probabilísticas que caracterizem aos sistemas reais, geralmente com dados históricos para as variáveis ambientais, de preços e uso dos insumos (DA SILVA & KNOKE, 2009). A opção de programação não estocástica robusta visa englobar pequenas quantidades de informações sobre parâmetros bem definidos, abordando a incerteza através da formulação de restrições. É comum a robustez estar atribuída a criação de cenários perante ao sistema observado, gerando as combinações possíveis para aquela problemática (HILDEBRANDT & KNOKE, 2009).

## 2.2 *Bioeconomy*

Os sistemas de produção que marcaram o século XX possuem muitos processos com dependência de recursos não renováveis e são vistos como não sustentáveis. Em decorrência disso, identifica-se uma transição em diversos sistemas tecnológicos voltados para a produção de energia e materiais (TORRES, 2015). Desta transformação surgiu um novo setor chamado de ‘*Bioeconomy*’ que pretende colaborar frente as futuras problemáticas ambientais (BIBER-FREUDENBERGER, 2018). Uma indústria em desenvolvimento que se estabelece como um “novo setor econômico” de base biológica visando a integração setorial para solucionar déficits socioeconômicos (RONZON & M’BAREK, 2018).

Na constituição desta abordagem diversos autores, empresas e países estão adotando metas para integrar as matérias-primas renováveis em seus processos produtivos (KIRCHER, 2014). No entanto, é preciso um esforço significativo onde as estratégias políticas, as inovações e a gestão contribuam com cadeias produtivas tradicionais (MACIEJCZAK, 2015). Inserido neste contexto o agronegócio pode tornar-se um elo primordial para tal consolidação, em vista da sua capacidade de operacionalizar a produção e distribuição de



suprimentos agrícolas, desde unidades de transformação primária até a esfera agroindustrial. A expertise adquirida com a cadeia de alimentos o coloca como um setor habilitado para coordenar os diversos arranjos que trabalham com matérias primas biológicas (DENTONI et al., 2012).

O termo *Bioeconomy* começa a ser difundido antes da virada do milênio quando dois geneticistas, Juan Enriquez Cabot e Rodrigo Martinez, vislumbraram que os avanços ocorridos na ciência genômica poderiam modificar a economia mundial pelas transformações que aconteciam na área da biociência, trazendo novas aplicabilidades para indústrias e empresas do ramo (VON BRAUN., 2014). Segundo Enriquez (1998), as ciências naturais seriam fundamentais para a formação deste novo setor. Em função das novas descobertas científicas, posteriormente desencadeou-se um movimento de planejamento estratégico identificado nas principais economias mundiais (VON BRAUN., 2014; THE WHITE HOUSE, 2012; COMISSÃO EUROPEIA, 2005).

De acordo com Petermann & Aguilar (2018), um aspecto central para propulsão do setor é uso de biotecnologias. Uma revolução tecnológica que iniciou com fermentação de matérias orgânicas e estendeu-se até manipulação genética. Algumas dessas bases são as sequências de inovações ocorridas neste sentido: a estruturação da dupla hélice do DNA (1953), regulação da síntese proteica (1961) e no isolamento dos genes (1969) (BUD, 1991). Essas técnicas com o tempo foram aprimoradas com novos processos e produtos de ganhos expressivos para setores como a química, farmacêutica, medicina e agricultura (MCKELVEY et al., 2004).

No avanço dessas agendas há também um posicionamento quanto a utilização de biomassa, um recurso que ao longo do tempo perdeu o enfoque, devido ao percurso histórico de uso das energias provenientes do carvão, petróleo, gás natural e as mais contemporâneas fontes alternativas (CORTEZ et al., 2008; JEBLI & YOUSSEF, 2017). Hoje, porém, em maior ou menor magnitude, a maioria dos países está promovendo ações em prol das fontes renováveis, motivados pela concentração específica dos recursos minerais em determinadas áreas do globo, que além de ser finitos, sua exploração tornou-se cada vez mais cara (ESCOBAR et al., 2009). Seguindo nessa linha, a modernização ecológica também despertou a consciência da população para redução no consumo dos derivados do petróleo visando diminuir a emissão de gases promotores do efeito estufa (BERGENDAHL et al., 2018).

Neste ponto, segundo Cortez et al., (2008), quando analisamos as tecnologias suficientemente maduras e disponíveis para serem empregadas comercialmente, somente a biomassa utilizada em processos modernos com elevada eficiência tecnológica possui a

flexibilidade de suprir a carência energética para os derivados do petróleo. Os processos químicos mostraram que é possível produzir biopolímeros, energia elétrica, biocombustíveis entre outros bens e esse potencial de aproveitamento retornou aos debates estratégicos. Assim, estabelecer bioprocessos envolvendo tecnologias elementares ou altamente sofisticadas é necessário (DALENA et al., 2017).

Desta forma, percebe-se uma ligação histórica entre a pesquisa científica e o desenvolvimento da *Bioeconomy*, em específico, na compreensão de dois mecanismos. O primeiro em nível molecular (genético), onde o objetivo principal é projetar novos produtos verificando a maneira de implementá-los a partir de processos industriais. O segundo é estabelecer o fornecimento estável de matérias primas biológicas a um sistema capaz de transformá-las em bens que substituam a dependência dos recursos fósseis (BIRNER, 2018). Nota-se que estes encaminhamentos já ocorriam antes da conexão das palavras “*bio*” e “*economy*” contando com a participação e interdisciplinaridade do agronegócio (WÜNSCH, 2014; FARIA et al., 2016; GRAFF et al., 2014). Em virtude dos novos interesses estratégicos é recomendável entender quais elementos estão neste contexto e como será o direcionamento da produção primária.

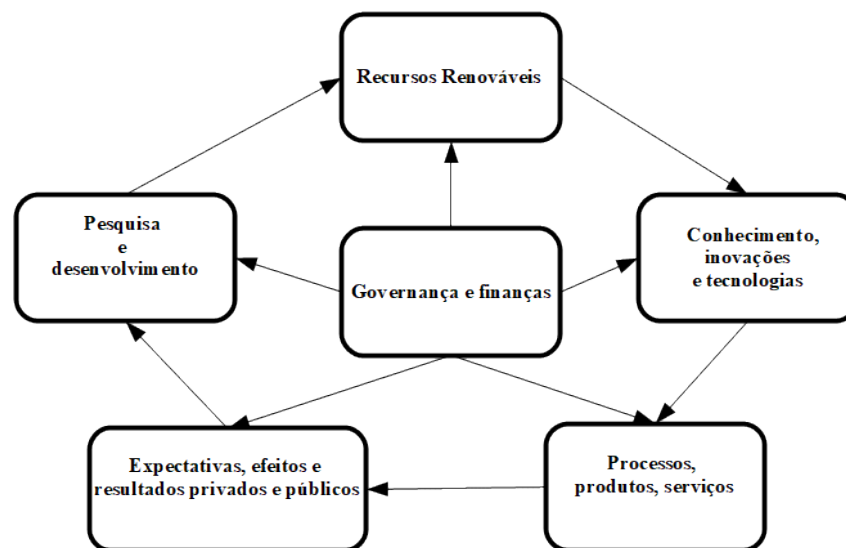
Esses interesses levaram ainda na primeira década do século XXI a formulação de muitas definições para uma mesma palavra. A maneira como define-se *Bioeconomy* é importante tendo em vista seus atributos, os quais são refletidos nas estratégias políticas e programas de pesquisas (PRIEFER et al., 2017). O enfoque de cada elemento pode implicar na adoção de caminhos específicos, não apenas por parte dos países, mas também pelas entidades que de alguma forma são responsáveis pelo seu desenvolvimento. É de interesse do estudo observar e contextualizar as estratégias políticas, inovações, uso de insumos agrícolas, bem como a gestão produtiva dos recursos biológicos em relação ao agronegócio.

No âmbito político estratégico, a *Bioeconomy* insere-se como uma nova dimensão dentro dos elementos existentes no sistema socioeconômico, os quais, em grande escala, estimulam o progresso de diversas formas, como realizar planos de ações (agendas) (STAFFAS et al., 2013). O desenvolvimento destes estudos geralmente visa reduzir alguma dificuldade encontrada nas federações, sejam elas sociais, econômicas e ambientais (RONZON & M'BAREK, 2018). Existem muitas formas de realizar o diagnóstico que viabilize estes instrumentos contornando os mais diversos interesses. Assim, em específico, a oportunidade foi idealizada pela Comissão Europeia (CE). Entre os seus motivos particulares, distinguiu-se por dois fatores principais: atingir a sustentabilidade e estabelecer

a eficiência no uso dos recursos renováveis (COMISSÃO EUROPEIA, 2005; PFAU et al., 2014).

Esses fatores impulsionaram estratégias específicas, a primeira e mais relevante foi a responsabilidade em difundir o campo, seguida em conceituá-lo de maneira que desse sentido a uma série de ações governamentais. Desta forma, quando se é mencionado a palavra corriqueiramente a mesma está vinculado a um conceito institucional (DE BESI & MCCORMICK, 2015). No entanto, as estratégias poderão sofrer variações conforme as percepções do ambiente a onde estão sendo desenvolvidas. Considerando que a partir das estratégias particulares de cada país, surgem e modificam-se os conceitos necessário para identificar os principais elementos transitórios deste fenômeno. Conforme o sistema ilustrado na Figura 7, a sinergia entre tais elementos: conhecimento, P&D, viabilidade de utilização dos insumos (recursos renováveis), processos compatíveis de transformação e a aceitação do mercado podem reconfigurar a dinâmica das estratégias e dos novos conceitos (MACIEJCZAK, 2015).

Figura 7 - Análise estratégica em *bioeconomy*



Fonte: Adaptado de (MACIEJCZAK, 2015)

Os primeiros conceitos formais narrados, de acordo com o Quadro 3, surgiram a partir de 2005 como resultado do trabalho de cúpulas federativas para o desenvolvimento estratégico. Nas primeiras descrições buscava-se enfatizar o papel da conversão das matérias primas e o apelo ecológico no desenvolvimento de novas tecnologias (COMISSÃO EUROPEIA, 2005). Em 2007 uma necessidade emergiu a fim de especificar os setores envolvidos caracterizando-os nas principais áreas científicas e os componentes de produção

que iriam ser manufacturados: alimentos, materiais, produtos químicos e energia (COMISSÃO EUROPEIA, 2007). Em um mesmo período a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), realizou algumas reflexões valorizando e incentivando os conhecimentos que estavam envolvidos no novo setor (OCDE, 2009).

Quadro 3 - *Bioeconomy* e os conceitos governamentais

<b>Comissão Europeia (CE)</b>	<b>Marco Inicial (2005)</b>	<b>Especificação Setorial (2007)</b>
	<i>"A bioeconomia constitui uma conversão ecológica e ecologicamente eficiente dos recursos biológicos renováveis para alimentos, energia e outros produtos industriais".</i>	<i>"Todos os sistemas de produção que utilizam processos bioquímicos e biofísicos, incluindo todas as ciências naturais e tecnológicas relacionadas que são necessárias para produção de produtos úteis. Estão no contexto das aplicações biotecnológicas desde a agricultura até as indústrias, incluindo as biorrefinarias, produção de bioenergia e os bioquímicos".</i>
<b>OCDE</b>	<b>Determinação da política de desenvolvimento (2006)</b>	<b>Relato frente as estratégias expostas pela CE (2009)</b>
	<i>"Recomenda-se que a bioeconomia seja o conjunto agregado de operações econômicas em sociedade, que usa os valores latentes (ocultos) embutidos nos produtos e nos processos biológicos para acelerar o aumento e alcançar a prosperidade para cidadãos e nações".</i>	<i>"A bioeconomia significa a troca de conhecimentos resultantes das ciências naturais com novos produtos ecoeficientes e competitivos, ecologicamente corretos".</i>
<b>Estados Unidos</b>	<b>Projeto Nacional de Bioeconomia (2012)</b>	
	<i>"Uma bioeconomia é aquela baseada no uso de pesquisa e inovações nas ciências biológicas para criar atividade econômica e benefício público. A bioeconomia dos EUA está ao nosso redor: novas drogas e diagnósticos para melhorar a saúde humana; culturas agrícolas de maior rendimento; biocombustíveis emergentes para reduzir a dependência do petróleo; e intermediários químicos de base biológica".</i>	

Fonte:(COMISSÃO EUROPEIA, 2006, 2007; OCDE, 2006, 2009; THE WHITE HOUSE, 2012).

Afim de concretizar constantemente as estratégias citadas acima, os objetivos políticos dirigem-se principalmente para a construção e transferência do conhecimento (BORGE & BRÖRING, 2017). No eixo da agricultura as pesquisas são voltadas para o aprimoramento da produção de biomassa, obtida a partir de recursos biológicos reprodutíveis de origem animal ou vegetal. A investigação para o processo de transformação dos materiais biológicos busca o aprimoramento das reações bioquímicas, mecânicas e termoquímicas (ADAMOWICZ., 2017). Ressalta-se que neste ciclo de inovações o produtor rural poderá beneficiar-se “antes da porteira” e “após a porteira”.

Essas modificações eventualmente refletem em toda a cadeia do agronegócio. O seguimento irá sofrer pequenas alternâncias em virtude das proposições institucionais. A jusante ou a montante do setor, deve-se considerar que uma unidade de produção rural terá

conexões diferenciadas entre as entradas, processamento e saída dos materiais biológicos. Ao passo que inovações como novas espécies de cultivo demandarão ajustes técnicos em nível de propriedade, agroindústria e comercialização.

Os efeitos políticos da *Bioeconomy* para cadeia produtiva agrícola mesmo que tratados por um novo conceito recentemente sofreram mudanças. Retoma-se para essa discussão os dois mecanismos apresentados anteriormente, os quais são difundidos na literatura como área de perspectivas para “inovação biotecnológica” e “substituição de recursos” (BUGGE et al., 2016). Conforme o Quadro 4, desenvolvido por Birner (2018), as evidências históricas do termo na primeira década do século XXI são apresentadas.

Quadro 4 - Perspectivas de *bioeconomy* na literatura

<b>Perspectiva</b>	<b>Substituição de recursos (2000-2010)</b>	<b>Inovação biotecnológica (2010-2018)</b>
Relação com recursos fósseis	“Pico do petróleo”, escassez de recursos fósseis energéticos	Novas tecnologias de exploração de petróleo; preços baixos voláteis
Principais forças motrizes	Expectativa de que os preços continuarão a aumentar	Acordo climático de Paris e avanços nas ciências biológicas
Razão Geral	Substituição de recursos	Inovação para o desenvolvimento sustentável

Fonte: (BIRNER, 2018)

Os eventos citados trouxeram consequências no direcionamento dos objetivos estratégicos para as duas perspectivas. Quando ocorreu o “pico petrolífero” as taxas de extração atingiram um nível elevado e os preços dos combustíveis fósseis aumentaram abrindo vantagem para utilização da biomassa como fonte energética e material, assim a promoção da perspectiva de substituição de recursos elevou-se. A chamada crise do petróleo entre os anos 2007 e 2008 impulsionaram as políticas para biocombustíveis com implicações importantes tanto para a *Bioeconomy* como também ao agronegócio (BOMB, 2007). É destacável que houve tensão neste período entre garantir produção de alimentos ou usá-las para desenvolver as biomassas (BIRNER, 2018; AJANOVIC, 2011). Em paralelo, ocorreu uma atenção especial para desenvolver pesquisas, aumentando a produtividade da biomassa como uma opção alternativa que não fosse conflitante com a produção de alimentos (SIMS et al., 2006).

O progresso em termos científicos para a percepção de substituição de recursos emergiu com a segunda geração de biocombustíveis, os quais são feitos a partir de matérias

primas diferentes, e, portanto, impulsionaram novas tecnologias para extrair energia útil (HOMBACH et al., 2016). Diferentemente da primeira geração de biocombustíveis que carecem dos açúcares e óleos vegetais também encontrados em culturas alimentícias, as matérias primas da segunda geração incluem biomassa lignocelulósica, culturas lenhosas e resíduos agrícolas (ULHOA, 2014; GUPTA & TUOHY, 2013). Novas cultivares resistentes as intempéries ambientais foram tidas como uma opção produtiva para terras marginais, aquelas inapropriadas para a produção de alimentos (VAN DER WEIJDE, 2017).

Atuais opções de exploração do petróleo derrubaram o preço dos combustíveis fósseis, fazendo com que a perspectiva de substituição dos recursos fosse um pouco desmerecida. A principal argumentação estratégica passou a ser a proteção do clima, embora não seja um fato novo. O acordo de Paris trouxe novas justificativas plausíveis para substituir o recurso mineral (BIRNER, 2018). Sabe-se que essa troca de matéria prima continua sendo importante, mas no contexto da geração de novos conhecimentos em *Bioeconomy* a perspectiva de inovação biotecnológica ganhou um espaço maior nos últimos dez anos. Esse contorno estratégico é documentado pela (Conselho Alemão de Bioeconomia - BÖR), com seguinte citação:

“Originalmente, o conceito de uma economia de base biológica foi promovido à luz do esperado esgotamento rápido de reservas de gasolina, gás e carvão. No entanto, a mudança para a bioeconomia não é mais impulsionada predominantemente pelas expectativas de aumento dos preços dos combustíveis fósseis. Tendo em conta a exploração de novas reservas fósseis e devido a melhorias na eficiência energética, este argumento tornou-se menos proveniente, mas permanece estrategicamente essencial. Sem grandes ajustes, a emissão contínua de gases de efeito estufa e as mudanças relacionadas às condições climáticas danificarão irreversivelmente o ecossistema global e envolverão riscos econômicos incalculáveis” (BÖR, 2014, p.1)

Esse levantamento realizado pelo órgão consultivo, independente do governo federal alemão, é apenas um dos tantos trabalhos que essa organização vem promovendo sobre *Bioeconomy*. O conselho alemão identificou informações da ascensão da *Bioeconomy* em muitos países, incluindo países industrializados e em desenvolvimento. O objetivo foi verificar em qual situação estratégica os países estão trabalhando com os conceitos relacionadas. A Figura 8 ilustra uma visão global do estado de desenvolvimento alcançado até 2017.

Figura 8 - Políticas mundiais de *bioeconomy*

Fonte: (BÖR, 2017)

Como observado pela Figura 8, as políticas mundiais de bioeconomia estão sendo desenvolvidas em todo o mundo. No estudo é observado que as inovações biotecnológicas e/ou substituição de recursos renováveis incidem em quarenta e cinco países, desenvolvendo estratégias políticas nacionais com impacto significativo. Oito regiões foram classificadas como estratégias dedicadas (União Europeia, Finlândia, Alemanha, Japão, Malásia, África do Sul, EUA e os países nórdicos ocidentais). O destaque de estratégia dedicada ocorre por estes países atribuírem um olhar holístico de implementação que visa a transição de base biológica em vários nichos produtivos, diferenciando-se dos demais que possuem uma política setorial específica (BÖR, 2017).

No âmbito geral, as principais metas e objetivos estratégicos em *Bioeconomy* sob a perspectiva das inovações em biotecnologias está relacionada ao crescimento econômico e à criação de empregos. Assumindo as prerrogativas da mudança climática e aspectos ambientais as inovações neste eixo buscam reduzir os impactos (COMISSÃO EUROPEIA, 2010). Para gerar valor com as descobertas a vínculo maior com sistemas de inovação e regulação governamental altos investimentos em pesquisa, procedimentos para registro intelectual e a legalização dos inventos são a chave para essa dimensão (LEWANDOWSKI, 2015).

Nota-se que em certo ponto ambas perspectivas se encontram. Particularmente, no setor agrícola novas tipologias de cultivares poderão contribuir posteriormente nas agroindústrias pela perspectiva de substituição de recursos.

Historicamente os agricultores manipulam plantas e animais através de reprodução seletiva a fim de criar inovações desejadas e necessárias (GOODMAN et al., 2008). No século XX, o incremento tecnológico permitiu que a biotecnologia fizesse mudanças significativas no agronegócio, selecionando características para aumentar a produtividade resistindo a pragas e secas (SILVEIRA et al., 2005). O produto pioneiro do setor de alimentação utilizando biotecnologia agrícola foi vendido em 1990 e, em 2003, 7 milhões de agricultores já utilizavam culturas biotecnológicas. Mais de 85% desses agricultores estavam localizados em países em desenvolvimento (ABSP, 2004).

No setor agrícola as inovações biotecnológicas em *Bioeconomy* consistem em técnicas de aprimoramento que incluem a engenharia genética, diagnósticos e marcadores moleculares, entre outros. Esses avanços científicos habilitam a modificação dos organismos vivos como: plantas, animais e microrganismos. No trato com os cultivares as técnicas de modificação mais comuns são: criação tradicional, mutagênese, poliploide, fusão de protoplastos, interferência de RNA, transgênicos e edição de genoma (SILVEIRA et al., 2005).

Uma das fundamentais buscas da biotecnologia agrícola moderna está na técnica de DNA recombinante de maneira especial na transgenia, método que permite apurar o trabalho de produção, abatendo o tempo na obtenção de novas características para espécies vegetais (FALEIRO et al., 2011). Além disso, permite a solução de barreiras naturais entre as espécies, ou seja, consegue isolar as características genéticas desejáveis de uma célula, e agrupá-las à outra, realizando o melhoramento da planta em questão (CARRER, 2010).

Embora muito discutido na literatura especializada, existem razões primordiais pelas quais estes procedimentos têm sido objetos de pesquisa e cada vez mais são adotados nos sistemas agrícolas. Os autores Altman & Hasegawa (2011) destacam alguns motivos: a densidade demográfica mundial e a carência de quantidade e qualidade de alimentos; a consideração de que a saúde das populações sofrem influências das doenças causadas por patógenos e outros organismos e pela qualidade dos alimentos, sobretudo a respeito das vitaminas e minerais; o aumento da temperatura global seguida pelos riscos bióticos e abióticos que implicam na modificação de culturas para resistir a ecossistemas modificados; e pelas adaptações do consumo humano de novos produtos como biomateriais e biocombustíveis.



Antes de ascender na agricultura, a concentração dos estudos biotecnológicos estava relacionada primeiramente a saúde humana e animal utilizando microrganismos para o desenvolvimento de antibióticos, um exemplo é a penicilina, descoberta por Fleming, em 1929. Em 1953, com descrição do DNA tornou possível a manipulação de qualquer espécie viva (CARRER et al., 2010). Na agricultura em detrimento do avanço populacional, a produtividade precisou ser elevada reduzindo o uso de adubos químicos e agrotóxicos, buscando-se “fortalecer” plantas e animais domésticos com defesas genéticas contra patógenos e pragas (SAMBUICHI et al., 2012).

Os anos de 1960 e 1970, trouxeram significativas mudanças para agricultura mundial. Os países em desenvolvimento deram início a Revolução Verde, época marcada pela intensificação agrícola a partir de programas estratégicos de melhoramento genético clássico, uso intensivo de insumos e mecanização. Nessa época, importantes espaços de pesquisa começam a investigar profundamente a biotecnologia aplicada à agricultura, período no qual a engenharia genética inicia a transferência controlada de genes para vegetais, ocorrendo a fabricação de vacinas transgênicas e outras proteínas terapêuticas (AZEVEDO & FUNGARO, 2000; VIEIRA FILHO & FISHLOW, 2017).

Destas descobertas, surgiu o primeiro cultivar transgênico da história no ano 1983. O melhoramento genético das plantas com sequenciamento permitiu que a substância chamada “*nopalina*” estivesse inserida no DNA circular da bactéria “*Agrobacterium tumefaciens*” e fosse transferida para uma variedade de tabaco. Tal experimentação abriu os caminhos para o avanço transgênico com novas características e anos depois a primeira espécie alimentícia destinada ao mercado seria lançada (BARTON et al, 1983; CARRER et al., 2010).

Desde então, surgiram várias investigações e novas aplicações de técnicas em biotecnologia para o aprimoramento dos vegetais. No ano de 1995, outras culturas geneticamente modificadas foram disponibilizadas para uso comercial. O milho, a canola, o algodão e a soja tiveram características específicas adquiridas pela tecnologia de DNA recombinante. No ano 2000 o genoma foi sequenciado pela primeira vez permitindo um grande avanço em relação ao estudo das características essenciais de como as plantas funcionam e à possibilidade de modificação genética (CARRER et al., 2010).

Uma tendência estratégica para *Bioeconomy* agrícola é que mais eventos com genes estejam disponíveis na produção primária com combinações que confirmem a resistência de doenças, sendo tolerantes a fatores ambientais como a falta de umidade e outros estresses abióticos. Segundo Dias & Carneiro (2015) espera-se benefícios não só para produtor

primário, mas que sejam inclusos aspectos ao consumidor final, com aumento de valores nutricionais (maior teor proteico; maior produção de ácidos graxos benéficos, como o ácido oleico e o ômega-3), maior capacidade de conversão em biocombustíveis (milho) e maior qualidade da fibra (algodão).

As inovações em *Bioeconomy* a serem contextualizados aos agronegócios concentram-se sob vários aspectos, como na descoberta de técnicas de obtenção de variedades geneticamente modificadas, tanto para o manejo ambiental quanto para o consumidor final desses produtos. Entretanto, o uso da biotecnologia pode ser aplicado não apenas na produção de organismos geneticamente modificados como também no controle através de insumos produtivos, favorecendo o produtor de forma indireta.

Nessa visão, entende-se que as principais metas da biotecnologia agrícola pretendem atingir os seguintes quesitos: sustentabilidade (o desenvolvimento laboratorial técnico atendendo os cuidados ao ambiente); segurança alimentar (produzir alimentos com qualidade e quantidade necessárias para alimentar a crescente população, com substâncias essenciais como vitaminas, lipídios, carboidratos, e outros); e na produção de novos biomateriais (como: biofármacos, biocombustíveis e bioplásticos produzidos a partir de plantas) (DIAS & CARNEIRO, 2015).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para responder o objetivo proposto e realizar a análise de literatura utilizou-se os pressupostos normativos de uma revisão sistemática de literatura e uma integração da análise quantitativa de correspondência, identificando as abordagens sobre Bioeconomia no âmbito científico e como estão contextualizadas no agronegócio; e, um estudo qualitativo a fim de objetivar as temáticas da bioeconomia. A análise sistemática de literatura (ASL) foi realizada com base nos requisitos do método PRISMA Statement (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) (MOHER et al., 2009) com o propósito de acumular informações existente na literatura de forma planejada. Com o auxílio do método de revisão foi possível mapear o estado da arte em que o tema se encontra.

O método de PRISMA consiste em três principais vertentes: seleção, exclusão e elegibilidade, e serão abordados no decorrer do capítulo.

#### 3.1 Estratégia de seleção

A análise sistemática inicial abordou palavras, em inglês, no título, resumo e palavras-chaves, em alguns dos principais bancos de dados disponíveis eletronicamente. A pesquisa utilizou as expressões “*bioeconomy*”, “*bioeconomic*”, e suas variações, “*bio-economy*”, “*bio-economic*” e “*biobased economy*” no título, e, o prefixo ‘agri\*’ adicionado ao tópico da pesquisa. Dessa maneira, restringindo a pesquisa aos trabalhos que de alguma forma estão relacionados com o setor agrícola (*agriculture, agribusiness, agricultural, etc.*).

A opção pelos bancos de dados das plataformas “*Scopus*”, “*Science Direct*”, “*SciELO*” e “*Web of Science*”, para a seleção dos periódicos, foi para abranger uma maior coleta de artigos sobre o assunto. Em especial, a *SciELO* foi designada para que as obras da América Latina que não estão inclusas nas coleções renomadas possam estar na revisão.

Os termos de busca exploraram os acervos digitais das quatro plataformas diferentes, durante um intervalo de tempo de 2008 até 2018. O intuito da pesquisa foi identificar as diferenças quanto a empregabilidade dos termos e compor o referencial teórico do trabalho. A pesquisa dos artigos foi realizada no dia 23 de maio de 2018 e atualizada em 10 de janeiro

de 2019 a atualização foi necessária para incluir na análise os últimos artigos publicados no ano de 2018.

O protocolo para esta pesquisa foi configurado a partir da estruturação composta no Quadro 5 e demonstra seus principais parâmetros de estratégia de busca.

Quadro 5 - Protocolo de pesquisa

<b>Protocolo de pesquisa</b>	
Variações de palavras	“ <i>bioeconomy</i> ” OR “ <i>bioeconomic</i> ” OR “ <i>bio-economic</i> ” OR “ <i>bio-economy</i> ” OR “ <i>biobased economy</i> ” ( <i>Tille</i> ) AND <i>agri*</i> ( <i>Topic</i> ).
Período de busca	2008 a 2018
Base de dados	<i>SciELO; Scopus; Science Direct; Web of Science.</i>

Fonte: dados da pesquisa

### 3.2 Critérios de exclusão

Identificados os artigos da análise sistemática e suas informações foi realizada a organização em uma planilha eletrônica (Excel) com registros do título, nome do periódico, autores e ano da publicação. Os primeiros passos de exclusão são para artigos duplicados, usando o menu dados do *software* Excel e a opção remover células duplicadas. Além do auxílio da função foi verificado manualmente a repetição de títulos, autores e aqueles arquivos com mesmo conteúdo, mas em idiomas diferentes.

Após finalizada a etapa de remoção de artigos idênticos, foram definidos os critérios de exclusão. No total foram utilizados 5 critérios:

1. O artigo traz descrições de bioeconomia contextualizadas ao agronegócio? Esse critério teve como objetivo identificar na leitura dos resumos aplicações ligadas às operações produtivas e comerciais dos agentes em cadeias como: agricultura, pecuária, florestal, aquicultura e integração.
2. O trabalho menciona de forma clara as variáveis biológicas (índices zootécnicos, agrônômicos e ambientais) e econômicas (índices econômicos, financeiros e sociais)? Tal critério tinha função de suprimir os artigos que não davam ênfase nestes elementos de bioeconomia;

3. O acesso do material estava aberto para instituição UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) ou CAPES Brasil (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).
4. Os artigos possuem caráter científico com elementos textuais padrão (introdução, objetivos, referencial teórico, metodologia e conclusão).

### 3.3 Análise de elegibilidade

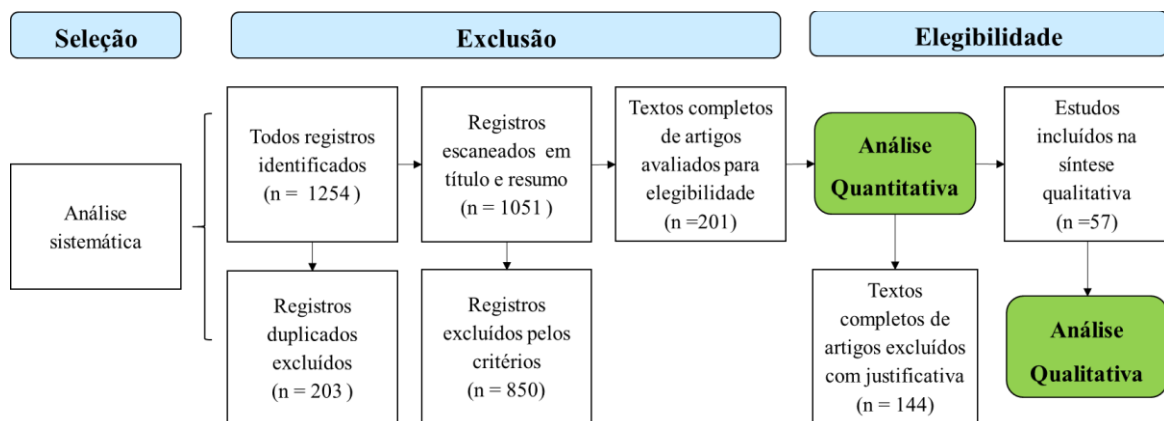
Selecionados os artigos remanescentes pelos critérios de exclusão, uma nova etapa de triagem qualitativa, a elegibilidade, foi elaborada. Os periódicos classificados e armazenados em planilha eletrônica conforme o tópico 3.2, que os catalogou pelo título, autoria, ano, base de dados e periódico, foram submetidos a uma análise de conteúdo, com sentido de eleger para síntese os documentos que de alguma maneira justificaram e/ou responderam à pergunta de revisão “Como as abordagens *bioeconomics* e *bioeconomy* estão relacionadas com o agropecuária?”

Ao estudar as obras usa-se a estratégia de desmembramento da questão objetivo observando, em um primeiro momento, qual problema de pesquisa em bioeconomia o artigo está abordando. Logo, é verificado o debate dos recursos naturais e inovações biotecnológicas em alguma das atividades do agronegócio e/ou área de relação. Desta forma, a análise minuciosa da elegibilidade qualificou 57 artigos envolvidos e 7 problemáticas diferentes, os artigos que não foram eleitos tem suas justificativas descritas no apêndice.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos na análise sistemática. Na primeira etapa foram abordados os dados referentes a estratégia de seleção. Após, uma análise quantitativa alusiva ao grupo de artigos selecionados conforme o procedimento metodológico descrito no tópico 3.2. Enfim, será apresentado um tratamento qualitativo dos resultados que visa responder o problema de pesquisa, por meio da ASL adotando o procedimento de elegibilidade, conforme o fluxograma da Figura 9.

Figura 9 - Fluxograma de análise sistemática



Fonte: Autoria própria

### 4.1 Seleção de periódicos

Seguindo os critérios de seleção desenvolvidos, foram identificados um total de mil duzentos e cinquenta e quarto (1254) artigos recuperados das plataformas utilizadas. Foi observado que as expressões “*bioeconomic*” e “*bioeconomy*” relatam visões diferentes no campo de bioeconomia.

De modo geral, as aplicabilidades com a palavra *bioeconomics* reconhecem as bases biológicas envolvidas em atividades de cunho econômico. Para “*bioeconomy*”, os trabalhos encontrados em sua maioria fomentam novos conhecimentos nas ciências biológicas a fim de utilizá-los em novos produtos e/ou processos industriais.

Observando os objetos de estudo notou-se que até o momento não existia nenhuma revisão sistematizada relacionando os dois vocábulos. Em grande parte, as publicações encontradas não tratavam a bioeconomia como objeto principal de pesquisa, e sim, uma área do conhecimento em que os autores apenas contextualizavam-nas. Ainda, foi constatado que

o termo “*biobased economy*” assemelhava-se muito com a terminologia “*bioeconomy*”, desta forma, a incidência dos “*biobased*” são inseridos dentro do contexto dessa nomenclatura.

#### 4.2 Análise quantitativa

O método de análise de correspondência múltipla foi utilizado para avaliar associações entre os termos *Bioeconomics* e *Bioeconomy*, e as categorias das variáveis em setor de atividade, ano de publicação, base de dados e temas abordados nos artigos. As análises foram realizadas por meio do procedimento *PROC CORRESP* disponível no programa *SAS Studio®* na Plataforma *SAS OnDemand for Academics*.

Antecedendo a análise quantitativa, uma remoção dos documentos duplicados do acervo selecionado foi realizada devido a estarem incluídos simultaneamente em mais de uma base de dados. Em seguida, a amostragem total dos artigos recebeu o tratamento dos critérios de exclusão descritas no item 3.2 visando uma melhor transparência do processo. A Tabela 1 demonstra a quantidade de artigos removidos por repetição e conforme cada critério de exclusão.

Tabela 1 - Número de artigos excluídos

<b>Crítérios</b>	<b>Quantidade</b>
(0) Remoção dos documentos duplicados	203
(1) Descrição de bioeconomia contextualizando o agronegócio	517
(2) Utilização de variáveis biológicas e econômicas	163
(3) Disponibilidade de acesso	90
(4) Apresentação explícita dos elementos textuais	80
<b>Total</b>	<b>850</b>

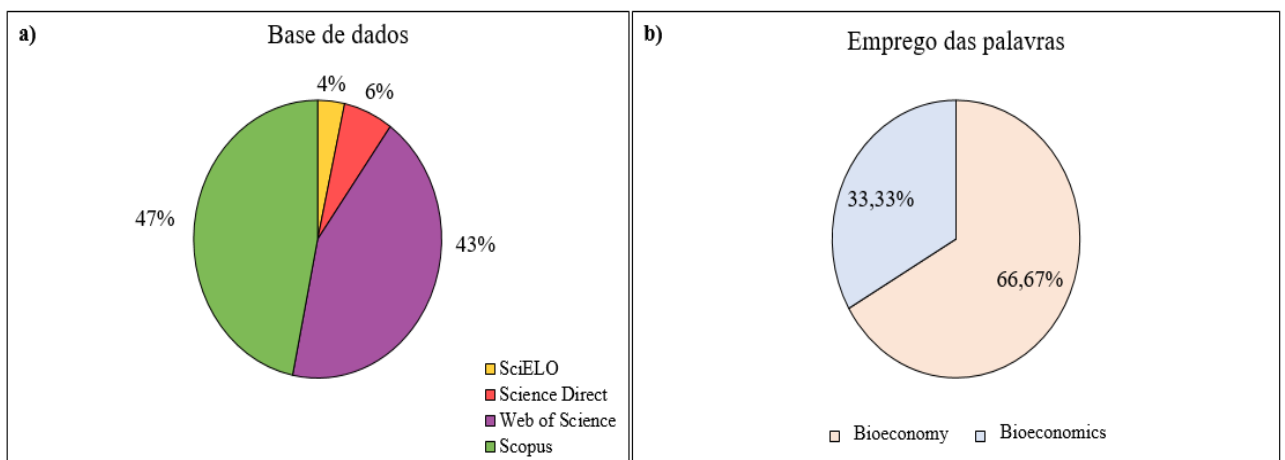
Fonte: Dados da pesquisa.

Na primeira filtragem foram removidos duzentos e três (203) artigos duplicados. No segundo filtro, oitocentos e cinquenta (850) artigos foram rejeitados através da leitura dos resumos pela aplicação dos cinco critérios de seleção. O primeiro critério foi responsável por uma expressiva exclusão (517), uma vez que o conceito de bioeconomia não estava contextualizados na agropecuária. O segundo critério excluiu trabalhos que não continham a

abordagem de variáveis biológicas e econômicas que estivessem relacionadas com o objetivo do trabalho (163). Os demais critérios eliminaram aqueles trabalhos que não estavam disponíveis para a instituição de pesquisa (90) ou se encontravam escritos sem uma clara descrição dos elementos textuais (80).

Os demais artigos remanescentes (201) foram analisados quantitativamente para mapear o perfil dos trabalhos publicados pela análise estatística de correspondência. A Figura 10 mostra a deposição dos dados por base de indexação e pela abordagem dos conceitos.

Figura - Bases de indexação e empregabilidade das palavras



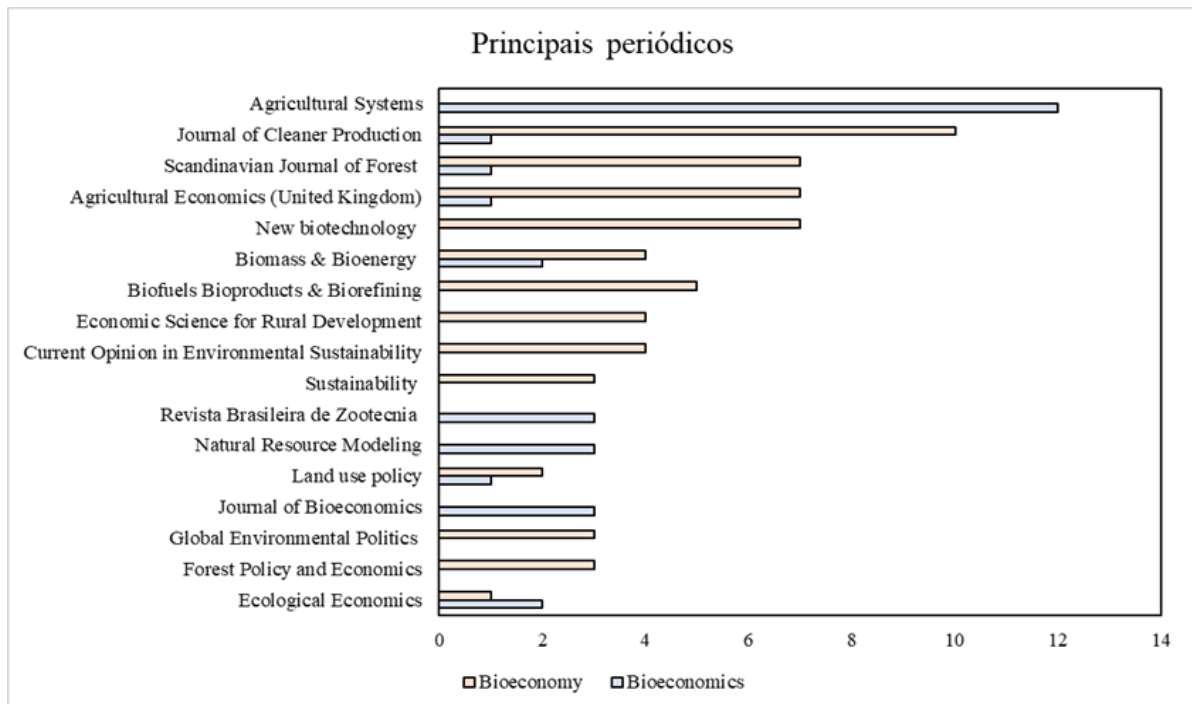
Fonte: Dados da pesquisa.

O gráfico da Figura 10 indica em (a) que a maioria das obras estão alocadas nos espaços científicos virtuais *Web of Science* (43%) e *Scopus* (47%). O gráfico (b) mostra que nos últimos dez anos incidiram duas vezes mais artigos com o termo *bioeconomy*. Essa representatividade indica que as inovações em biotecnologia agrícola, processos de substituição para biomassas, são preferenciais na investigação científica. Não existindo uma paridade perante as observações em *bioeconomics* que em sua essência avaliam os fatores biológicos e econômicos nos sistemas agropecuários.

As publicações que mais tiveram menções nos periódicos estão dispostas na Figura 11.



Figura 11 - Principais periódicos da amostra

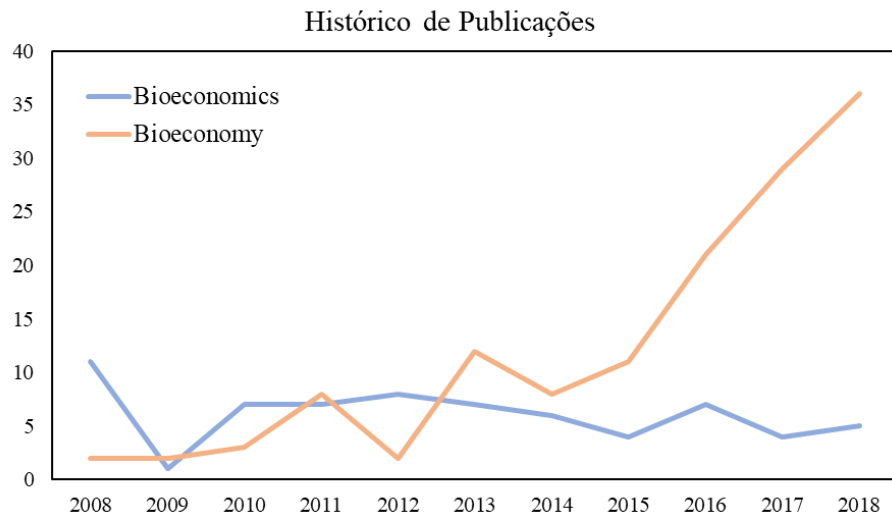


Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 11 apresenta apenas os periódicos que possuíram mais de três publicações no intervalo de 10 anos. A revista “*Agricultural systems*” é a que mais possuiu publicações e destaca-se por apresentar exclusivamente a área de *bioeconomics*. O termo *bioeconomy* está mais difundido em escopos editoriais com áreas interdisciplinares, principalmente nas revistas “*Journal of cleaner production*”, “*Scandinavian journal of forest*”, “*Agricultural economics*” e “*New biotechnology*”.

O desempenho cronológico na averiguação das duas visões é apresentado na Figura 12. Nota-se que a partir de 2014 a difusão da *bioeconomy* acentua-se. Acredita-se que algumas questões influenciaram tal comportamento, como a crise econômica mundial dos anos 2007-2008. Próximo a este evento duas agendas com metas e objetivos de desenvolvimento estratégico em bioeconomia são publicadas, na União Europeia (2010) a “Estratégia 2020: crescimento inteligente, sustentável e alusivo” e nos EUA (2012) “O modelo nacional de bioeconomia” (STAFFAS et al., 2013). Ambos documentos oficiais sinalizavam a comunidade científica oportunidades de discutir novas políticas e propor inovações tecnológicas baseadas no conhecimento.

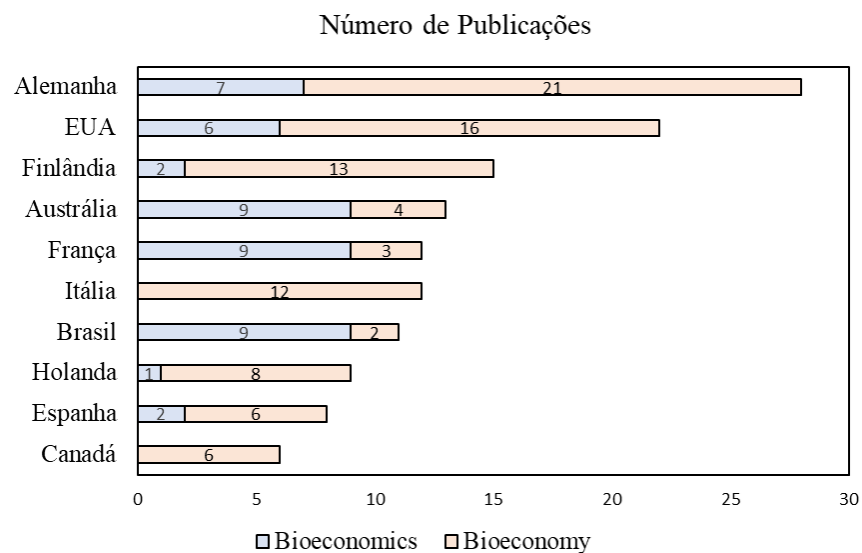
Figura 12 - Histórico de publicações



Fonte: Dados da pesquisa.

Nestas colaborações destacam-se alguns países, entre eles, estão citados os dez maiores em número de publicação, conforme a Figura 13. Identifica-se que as nações com maior desenvoltura tecnológica tendem a estudar mais o termo *bioeconomy*, enquanto aquelas com expressão na produção primária visam melhorar e otimizar a produtividade em sistemas agrícolas utilizando os pressupostos da *bioeconomics*.

Figura 13 - Relação de publicações por países



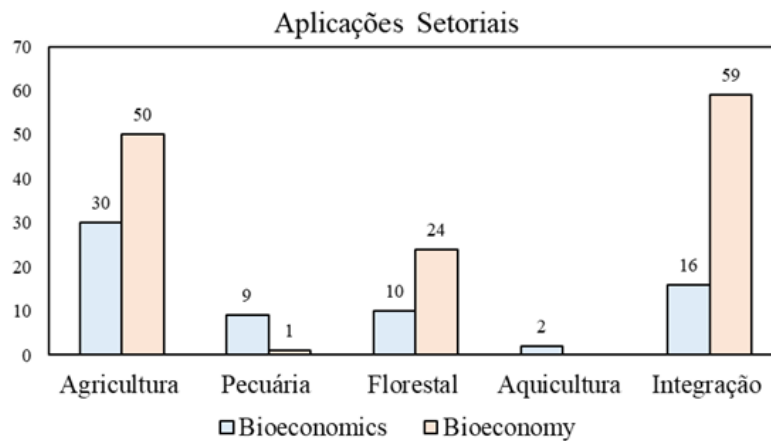
Fonte: Dados da pesquisa.

Enfatiza-se neste ponto uma maior participação brasileira em *bioeconomics*, em arranjos produtivos da bacia leiteira, sistemas florestais e modelos de decisão para atividades

integradas. No que tange a *bioeconomy* a atenção está na potencialidade dos subprodutos da cana-de-açúcar, assim como agendas estratégicas envolvidas neste segmento.

Os setores agrícolas que estão no escopo das duas abordagens podem ser identificados na Figura 14. Compreende-se que há uma preferência nos objetos de investigação voltados para os setores de agricultura e na integração das atividades. Estes dois setores têm maior número de publicações em *bioeconomy*.

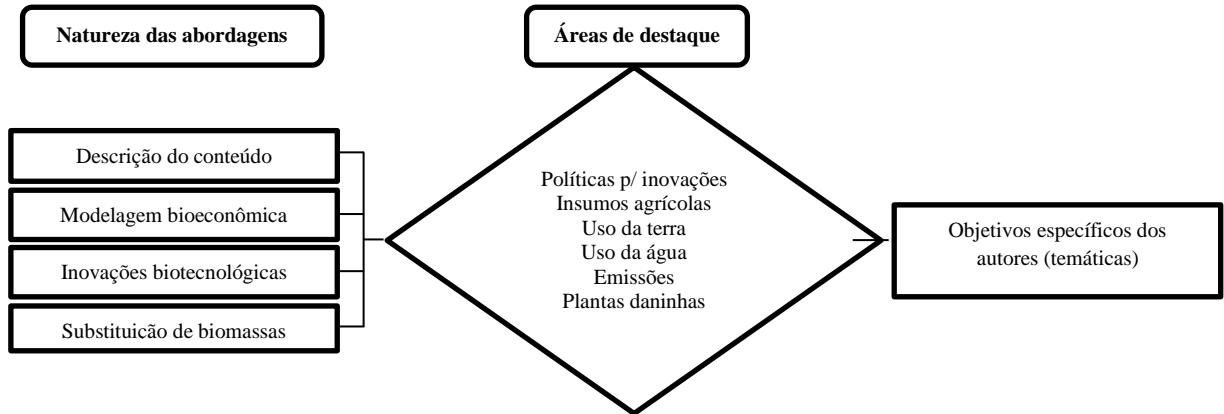
Figura 14 - Relação setorial em bioeconomia



Fonte: Dados da pesquisa.

Após analisar o perfil das principais tendências de publicação: base de dados, uso das palavras, anos e setores, realizou-se uma análise de identificação para natureza das abordagens correlacionando-as com suas áreas. Esse processo foi classificado pela leitura em conformidade ao destaque textual usado pelos autores. Exemplificando a seleção, os artigos dividem-se em quatro (4) natureza das abordagens e sete (7) áreas. Porém, um único arquivo poderá abordar mais de uma área de destaque, e assim englobará diferentes graus de relevância (GR), ou seja, a principal ênfase do artigo deterá o grau de relevância 1. Para o segundo GR, será desconsiderado a primeira imposição e uma nova classificação irá impor a nova importância do estudo e assim para um terceiro GR (Ex. natureza: modelagem bioeconômica; área de destaque I: insumos agrícolas; área de destaque II: uso da terra; área de destaque III: planta daninha). A Figura 15 mostra os itens considerados como natureza das abordagens e a classificação das áreas mais recorrentes.

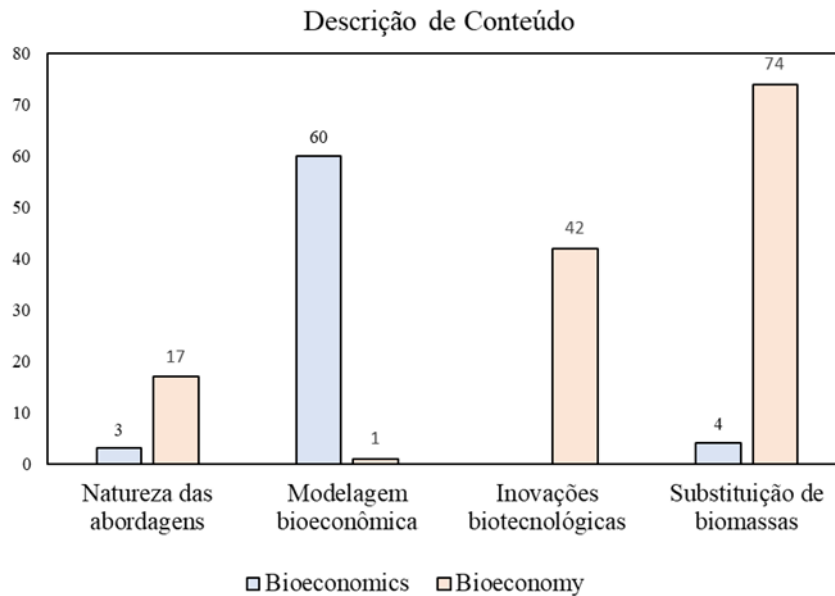
Figura 15 - Natureza das abordagens e áreas de destaque



Fonte: Autoria própria

Essa classificação foi realizada para duzentos e um (201) artigos, e o gráfico da Figura 16 apresenta a descrição principal do intuito da pesquisa voltados para as terminologias *bioeconomy* e *bioeconomics*.

Figura 16 - Classificação por conteúdo principal do trabalho



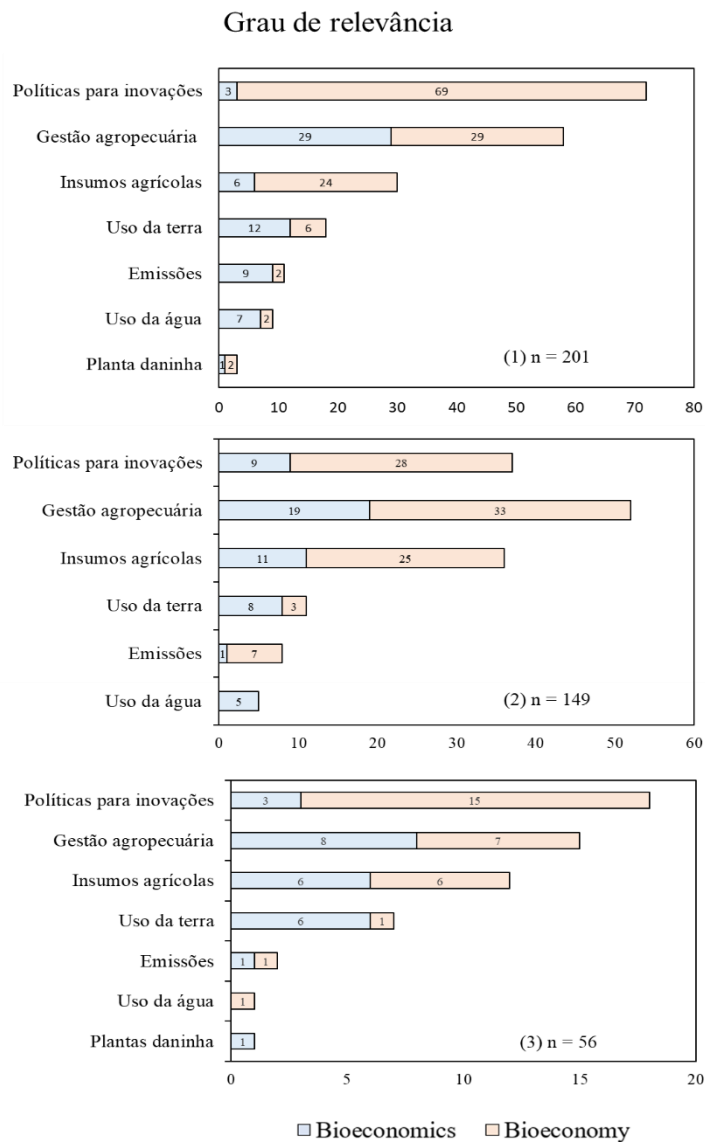
Fonte: Dados da pesquisa.

O primeiro item refere-se à “descrição do conteúdo”, ou seja, o trabalho descreve as duas finalidades de bioeconomia. No segundo “modelagem bioeconômica” tem como foco estabelecer uma linguagem matemática aos termos. Após, as “inovações biotecnológicas” salientam o desenvolvimento de novos produtos e/ou processos. E por fim a “substituição de biomassas” propõe alternativas para cultivo, demanda e transformação das mesmas.

Na apresentação da natureza das abordagens verifica-se uma certa coerência devido a análise preliminar dos termos corresponder a revisão de bibliografia. Era esperado que o tratamento matemático da *bioeconomics* estivesse ligado a “modelagem bioeconômica” conforme os autores Janssen et al., (2010). Assim, como a manipulação biológica para “inovações biotecnológicas” e “substituição de biomassas” fosse atribuída a *bioeconomy*, corroborando com Bugge et al., (2016).

Em seguida, os três graus de relevância considerando as sete principais áreas de suas aplicações foram analisados. Na Figura 17 demonstra qual o principal propósito do estudo de acordo com sua magnitude de importância.

Figura 17 - Graus de relevância GR



Fonte: Dados da pesquisa.

Dos 201 trabalhos selecionados 149 empregam mais de uma área em sua pesquisa, ou seja, 52 artigos relevam apenas uma área de destaque e não correlacionam com outro assunto. O conjunto de trabalhos que apresentam mais de três áreas de estudo é 56 artigos. Isto mostra que um quarto dos trabalhos selecionados tratam de multiáreas do agronegócio envolvendo *bioeconomy* e *bioeconomics*. Já para uma terceira opção de tratamento 93 publicações não confrontam mais de duas extensões científicas como GR.

Os principais pontos de vistas observados foram políticas para inovações, gestão agropecuária e insumos agrícolas, seguidos de uso da terra, emissões, uso da água e plantas daninhas. Uma maior demanda por *bioeconomy* foi observado, essa projeção era esperada devido ao maior número de publicações nessa terminologia, logo, o primeiro grau de relevância gera uma maior periodicidade nessa avaliação.

Desconsiderando a primeira premissa de magnitude (2) percebe-se que gestão agropecuária compõe o maior número em ocorrências de trabalhos da amostra. Nota-se que no GR 2 e no GR 3 mesmo com a alternância de políticas e gestão, os estudos enfatizam as mesmas três áreas de destaque do GR 1 como importância. Outra percepção é de que existe um campo pouco explorado nas áreas que contemplam o manejo com uso da terra, uso da água, emissões e plantas daninhas.

Verifica-se que políticas para inovação é a primeira área de destaque entre os artigos da base de dados para o termo *bioeconomy*, observando a mesma relevância no GR 3. Quando analisado o termo *bioeconomics*, tem-se como o segundo grau de relevância nos artigos, posteriormente em ênfase para o GR 3.

Percebe-se que para a área de destaque gestão agropecuária, o *bioeconomics* apresenta seu maior grau de relevância numa primeira leitura dos artigos. Após tem-se uma redução do GR 2 com a mesma relação para o GR 3. A relevância do GR 1 para o GR 2 é constante, seguida de uma redução acentuada para o GR 3 quando empregada a *bioeconomy*.

A terceira área de destaque mais mencionada nos artigos, insumos agrícolas, possui seu maior grau de relevância no termo *bioeconomics* e sua segunda abordagem está relacionada em *bioeconomy*. No entanto, o *bioeconomy* permanece invariante do GR 1 para o GR 2, e do penúltimo grau para o último, um intenso decaimento é visível.

De uma maneira mais analítica, foram cruzadas entre si os principais parâmetros da ASL (terminologia, naturezas das abordagens, grau de relevância 1 e área de destaque)

conforme a matriz apresentada no Quadro 6. Observa-se que a leitura da matriz é interpretada analisando as publicações com base na natureza da abordagem (colunas) e sua relação com as áreas de destaques (linhas), estas ainda, associadas pelo uso das duas terminologias.

Quadro 6 - Matriz de frequências cruzadas

		Natureza das abordagens				Total
		Áreas Destaque 1	Descrição do conteúdo	Modelagem bioeconômica	Inovações biotecnológicas	
<b>B i o e c o n o m i c</b>	Políticas para inovações	0	2	0	1	3
	Gestão agropecuária	3	26	0	0	29
	Uso da terra	0	12	0	0	12
	Uso da água	0	6	0	1	7
	Plantas daninhas	0	1	0	0	1
	Emissões	0	9	0	0	9
	Insumos agrícolas	0	4	0	2	6
	<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>67</b>
<b>B i o e c o n o m y</b>	Políticas para inovações	14	0	21	34	69
	Gestão agropecuária	1	1	0	27	29
	Uso da terra	1	0	0	5	6
	Uso da água	0	0	2	0	2
	Plantas daninhas	0	0	0	2	2
	Emissões	0	0	0	2	2
	Insumos agrícolas	1	0	19	4	24
	<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>1</b>	<b>42</b>	<b>74</b>	<b>134</b>

Partindo dessa premissa, o primeiro pilar referente à descrição do conteúdo mostra que os trabalhos no campo da *bioeconomic* tratam sobre a perspectiva da gestão agropecuária. No entanto, para *bioeconomy* a discussão de políticas de inovações é a área que mais emprega e visa definir o termo.

Para os estudos de modelagem no âmbito da *bioeconomic*, as áreas de destaque que mais se relacionam com esse assunto são voltadas para gestão agropecuária e, também, para temas referentes ao manejo de recursos naturais (uso da terra, uso da água e insumos agrícolas). Já a modelagem no contexto de *bioeconomy* não é expressivo, visto que apenas um artigo foi correlacionado.

No campo de inovações biotecnológicas, a *bioeconomy* destaca-se por apresentar políticas relacionadas a implementação e regulamentação de novas tecnologias. Além de ter

uma ênfase no desenvolvimento tecnológico para insumos agrícolas (sementes, pesticidas, herbicidas, etc).

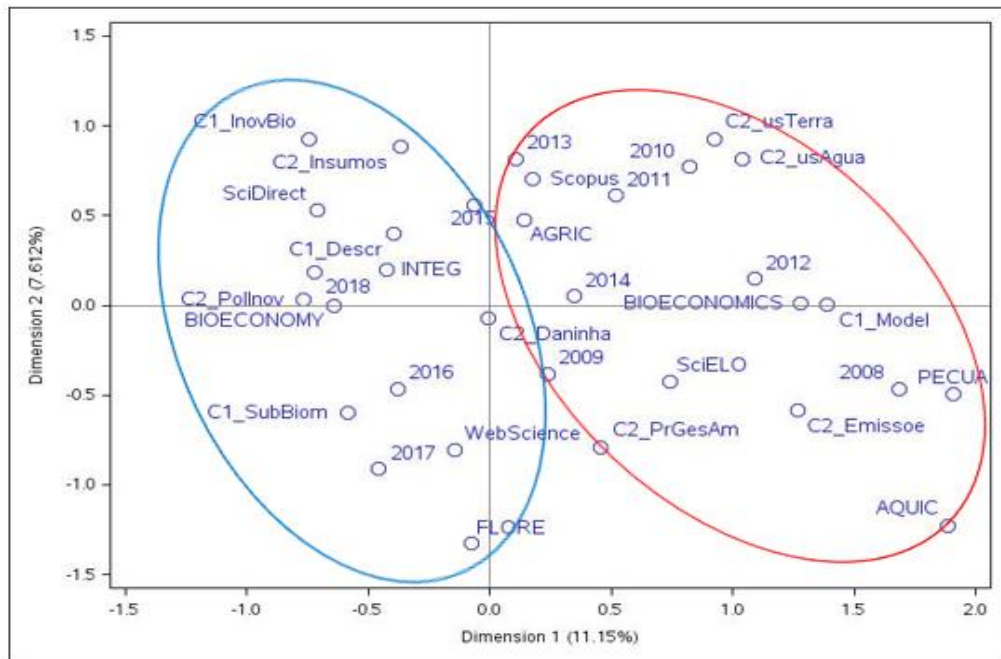
Por fim o último alicerce correlacionado, substituição da biomassa, tem-se que a comunidade científica, nos últimos dez anos, está mais preocupada em debater *bioeconomy* por meio de discussões de políticas no uso de biomassa como substituto de outras fontes energéticas sendo evidente pelo número de artigos recentes publicados relacionados a essa área. A mesma terminologia é abrangente na parte de gestão agropecuária devido as adaptações necessárias entre ‘*inputs*’ e ‘*outputs*’ de insumos, fortalecendo novos arranjos produtivos para o fornecimento regular de biomassa para transformação.

Após a verificação das frequências individuais para uso da terminologia, base de dados, ano de publicação, natureza das abordagens e áreas de destaques, com auxílio do programa *SAS Studio*®, optou-se por utilizar a técnica multivariada de análise de correspondência múltipla. Nesta etapa foi realizada uma observação unificada de todas as variáveis apresentadas até o momento. Esse exercício tem como objetivo distinguir o grau de associações e inter-relações entre as informações coletadas.

Como resultado deste procedimento obteve-se o gráfico da Figura 18, no qual fica evidente uma dissociação entre os termos *bioeconomics* e *bioeconomy*. À disposição das categorias das variáveis com os termos estão representadas por elipses, aquelas onde foram mais associadas à *bioeconomic*, em vermelho, e as mais relacionadas com *bioeconomy* em azul.



Figura 18 - Análise de correspondência múltipla



### 4.3 Análise qualitativa

A etapa qualitativa partiu dos critérios de exclusão e elegibilidade conforme o item 3.3 da amostra com (201) arquivos identificando as principais problemáticas de pesquisa para os termos *bioeconomics* e *bioeconomy* nesta tarefa foram lidos na íntegra 57 artigos científicos que obtiveram os maiores graus de relevância elucidando as áreas de destaque sinalizadas no processo quantitativo.

#### 4.3.1 *Bioeconomics*

As publicações de *bioeconomics* possuem uma diversificada linha de aplicações científicas. Frequentemente os autores referem-se a uma visão de análise, modelagem, simulação e avaliação “*bioeconomics*”. O termo está sendo utilizado para investigar componentes biológicos e econômicos de um sistema interativo, produzindo resultados e expressando os atributos de um sistema específico para esta perspectiva. Este tratamento compõe um conjunto de atividades agrícolas, matriz de coeficientes técnicos, equações matemáticas e um conjunto de restrições próprias do sistema.

As decisões produtivas dos sistemas são limitadas por recursos de origem fixa (máquinas, equipamentos e instalações) ou de natureza variável (bióticos ou abióticos). No contexto dos agronegócios somam-se a estas áreas termos agrônômicos, zootécnicos e administrativos, implicando em abordagens interdisciplinares para investigar as manipulações agrícolas, os impactos ambientais e os resultados econômicos. Na raiz das aplicações, há sempre um pertencimento disciplinar na qual a agropecuária está inserida, ou seja, nos processos biológicos é adicionado um componente econômico e nos seus modelos são inclusos alguns componentes biológicos.

A literatura investigada coleciona inúmeros enfoques para guiar a alocação de recursos naturais e a gestão dos agentes do agronegócio. Os estudos revisados são desenvolvidos de acordo com questionamentos ordenados ou assertivos, conforme o objetivo almejado pelo pesquisador. Os artigos de caráter ordenado estão retratando o que foi observado e compreendem o comportamento real dos agentes prevendo o que acontecerá no futuro com base nesse conhecimento. Enquanto os assertivos, ao oposto, estão sugerindo um

novo cenário para chegar ao objetivo pré-estabelecido de forma eficiente (por exemplo, novas políticas, técnicas ou recursos).

A tipologia das informações empregadas na visão *bioeconomics* pode partir de observações empíricas (modelos econométricos ou equações básicas) ou são formuladas por uma teoria (modelos mecanicistas), corroborando com a revisão bibliográfica citada no tópico 2.1. Corriqueiramente o emprego mecanicista é pertinente para previsões ao longo prazo, visto que conseguem simular o comportamento dos sistemas agrícolas fora do intervalo de dados observados. A diferença central está na possibilidade de produzir resultados otimizados baseados em funções objetivas.

O conjunto de estudos com estas abordagens soma-se em 23 obras que podem estar referindo-se a vários níveis de aplicações como nacionais, regionais, de propriedades e genéricas, dividindo-se em atividades setoriais como agricultura, pecuária e integração. O Quadro 7 ilustra como estão distribuídas as obras em aplicações e atividades.

Quadro 7 - Setores e níveis de aplicação

Nível de aplicação	Setores		
	Agricultura	Pecuária	Integração
País			(Louhichi et al., 2010) (Nedumaran et al., 2014)
Região	(Lehmann & Fingir, 2014) (Egbendewe et al., 2011) (Egbendewe et al., 2015) (Levers & Schwabe, 2017) (Beverly et al., 2016)	(Macleod et al., 2011)	(Schuler & Sattler, 2010) (Bhattarai et al., 2008) (Hampf et al., 2018) (Carauta et al., 2018) (Upadhyay et al., 2013) (Chopin et al., 2015) (Chavez et al., 2014) (Wise & Cacho, 2011)
Propriedades	(Djanibekov et al., 2013) (Glithero et al., 2012)		(Whish et al., 2016)
Genérico			(Janssen et al., 2010) (Mosnier et al., 2017) (Tanure et al., 2013) (Castro et al., 2018)

Fonte: Dados da pesquisa.

Notou-se uma expressiva incidência de estudos regionalizados e de caráter misto. Confrontando as atividades de apenas uma aplicação, um maior número de citações é observado para a agricultura. Já a pecuária contou com somente uma publicação. Geralmente os autores buscam apurar os aspectos produtivos para apoiar a tomada de decisão. Apesar de muitas aplicações procurarem maximizar a produtividade, também se destaca de forma

integrada, o papel dos recursos naturais, que tem como objetivo aproximar-se da sustentabilidade.

Devido ao desmembramento inicial da seleção de artigos para referenciar áreas de destaques, particularmente sobre a visão *bioeconomics*, foi identificado que um único estudo avalia mais de uma área. Com intuito de sinalizar as ideias centrais de maneira sintetizada serão apresentados quadros com os objetivos centrais dos trabalhos e suas principais correspondências, as áreas sinalizadas anteriormente.

Os artigos sobre *bioeconomics* possuem muitas características matemáticas apresentadas no tópico de revisão (tipo de equação, função objetivo, grau de explicação, relação ao tempo e grau de incerteza). Estes aspectos são sinalizados para retratar como os autores formalizam e integram seus processos produtivos. Após estes esclarecimentos, as informações foram associadas a cada um dos artigos divididos por seus setores produtivos.

O tipo de equação e a função objetivo escolhida pelo autor implica em como ele modela matematicamente a técnica de otimização usada em seu sistema agrícola. As equações lineares são usadas quando a combinação de variáveis possui valores mínimos ou máximos. Alguns artigos observam os recursos disponíveis e desenvolvem uma meta específica ao sistema, como por exemplo, verificar a viabilidade do cultivo para exata quantidade de água. Quando existe um conjunto desconhecido de variáveis reais os autores utilizam equações não lineares e uma função objetivo maximizar ou minimizar os componentes observados. Em suma, como não é possível apurar muitos objetivos usando equações e programações lineares os autores preferem a programação não linear, a qual fornece ambos objetivos, como por exemplo maximizar o retorno econômico e, ao mesmo tempo, limitar seu risco ambiental.

Para o grau de explicação certos trabalhos usam do empirismo para descrever as relações entre as variáveis obtidas experimentalmente sem compreender as estruturas econômicas, físicas ou biológicas existentes entre elas. Os demais possuem característica mecanicista, deste modo avaliam os detalhes das variáveis que estão influenciando o sistema agrícola, bem como suas interações. Com este conhecimento muitas das pesquisas revisadas expõem as relações complexas existentes nos sistemas e demonstram que tal visão bioeconômica explica com robustez os termos matemáticos e o uso dos recursos.

A relação ao tempo trata as mudanças ocorridas em variáveis dinâmicas ou estáticas. Os enfoques dinâmicos incorporam o tempo na sua estrutura afim de considerar algumas variáveis de decisão em função do tempo. A revisão encontrou algumas situações em que para basear as decisões esse atributo é necessário, verificando as opções do período específico e as implicações em tempos posteriores. Reflexões para o modelo estático podem demonstrar a ocorrência ao longo do tempo, mas a sua dinâmica não é incorporada na avaliação. Sendo assim, as aplicações estáticas no processo de otimização tomam decisões para um único período de análise.

Para muitos modelos dinâmicos é necessário o uso de simuladores, pois são ferramentas que fornecem uma diversidade de dados como por exemplo, as etapas de crescimento das culturas e suas necessidades fisiológicas. Os algoritmos contidos em suas estruturas relacionam os múltiplos equilíbrios e desequilíbrios presentes no ambiente natural usando equações diferenciais. Em geral, essas soluções são encontradas em softwares já desenvolvidos. Corriqueiramente os artigos utilizam deste mecanismo, mas não fazem maiores detalhamentos.

A última particularidade sinalizada nas publicações é o grau de incerteza dos dados podendo ser determinística ou estocástica. Classificam-se como determinísticos os estudos que possuem um conjunto de eventos que levará a um único resultado definido. Tratando-se de estocásticos aqueles com interpretações com resultados incertos sendo estruturados para funcionar com essa incerteza. Praticamente todos os estudos investigados possuem incertezas intrínsecas por se tratarem de sistemas naturais. Aqueles com abordagem determinística podem muitas vezes ignorar essas incertezas quando suas respostas observam um único conjunto de condições. Já os estocásticos podem descrever empiricamente e prever os comportamentos presentes nos sistemas agrícolas, como por exemplo, a composição do solo frente ao desenvolvimento de um cultivar.

Após os relatos das configurações básicas encontradas em cada artigo, será apresentado um quadro com as respectivas informações para cada autor e atividade abordada. No decorrer das exposições os pontos principais que melhor ilustram as aplicabilidades do campo serão contextualizados aos agronegócios.

Para a prática de agricultura foram elegíveis sete artigos a serem discutidos. As culturas para bioenergia foram as mais investigadas. Os autores comumente estão preocupados em adequar os sistemas produtivos atuais para suportar futuras demandas

energéticas (LEVERS & SCHWABLE, 2017; EGBENDEWE et al., 2015; GLITHERO et al., 2012; EGBENDEWE et al., 2011). De outro modo as reflexões para culturas alimentares buscam a conformidade dos manejos agrônômicos perante as políticas agrícolas estabelecidas ou que irão ser formuladas (BEVERLY et al., 2016; LEHMANN & FINGIR, 2014; DJANIBEKOV et al., 2013). Visualmente suas peculiaridades estão ilustradas no Quadro 8.

Quadro 8 - Modelagem bioeconômica na agricultura

<b>Agricultura</b>						
<b>Autores</b>	<b>Área de destaque</b>	<b>Tipo de Equação</b>	<b>Função Objetivo</b>	<b>Grau de Explicação</b>	<b>Relação ao tempo</b>	<b>Grau de Incerteza</b>
(Lehmann & Fingir, 2014)	Agendas Políticas	Não Linear	Múltiplo	Empírico	Dinâmico	Estocástico
(Egbendewe et al., 2011)	Uso da terra	Não Linear	Múltiplo	Empírico	Dinâmico	Estocástico
(Egbendewe et al., 2015)	Uso da terra	Não Linear	Múltiplo	Empírico	Dinâmico	Estocástico
(Levers & Schwable, 2017)	Uso da água	Não Linear	Múltiplo	Mecanicista	Dinâmico	Determinístico
(Beverly et al., 2016)	Agendas Políticas	Não Linear	Múltiplo	Mecanicista	Dinâmico	Estocástico
(Djanibekov et al., 2013)	Agendas Políticas	Linear	Único	Empírico	Estático	Determinístico
(Glithero et al., 2012)	Uso da terra	Linear	Único	Empírico	Estático	Determinístico

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Europa, o trabalho de Glithero et al. (2012) demonstrou o potencial da palha de cereais como matéria prima para bioetanol lignocelulósico. O projeto foi dividido em uma série de etapas com o principal foco da pesquisa no modelo de fazenda bioeconômico parametrizado em uma propriedade do leste da Inglaterra. O método do autor captura *trade-offs* entre diferentes aspectos do sistema agrícola e é modelado usando uma otimização de programação linear composta de atividades para as culturas, taxas de trabalho para as diversas operações de colheita, níveis de aplicações químicas, requisitos de sementes e secagem de grãos. Assim, energia, emissões e desempenho financeiro puderam ser quantificados com foco específico na produção de bioenergia. Quando as emissões da fazenda são minimizadas (57%), ocorre uma diminuição de 15 e 19% na margem bruta e na energia líquida, respectivamente.

Nos EUA uma integração de modelos estruturou a previsão de efeitos ambientais da produção de bioenergias em terras atualmente cultivadas. O estudo foi realizado nas sub-regiões de ‘Michigan’ e ‘Wisconsin’, os agricultores destas regiões são considerados os principais fornecedores do mercado de biocombustíveis nacional. As técnicas inclusas foram o *software EPIC* agro-ecossistêmico que simula todo desenvolvimento da planta e seus requisitos, incluindo as projeções de preço, com uma programação matemática sub-regional gerando resultados. As alterações previstas no meio ambiente em resposta ao aumento do preço da biomassa desencadeiam a expansão de culturas anuais e intensificam o uso de insumos, aumentando a perda de carbono do solo e as emissões de GEE (EGBENDEWE-MONDZOZO et al., 2015).

Em um trabalho semelhante, os mesmos autores Egbendewe-mondzozo et al., (2011) compararam o potencial produtivo entre as culturas de fornecimento de biomassa celulósica. A intensão era maximizar o lucro regional e identificar opções de sistemas de cultivo rentáveis. O impacto das atividades foi calculado pela variação percentual dos níveis de produção convencional com a produção para fins de matérias celulósicas. O aproveitamento celulósico faz a remoção dos resíduos das culturas aumentando as perdas do solo, nitrogênio, carbono e fósforo. Quando ocorre a inovação em plantar culturas perenes para energia substituindo as culturas anuais, os autores verificaram uma melhoria gradual em todos os resultados ambientais.

Os trabalhos com bioenergia abordaram os impactos na qualidade do ar e do solo, mas devido a dependência da irrigação na agricultura ser um agravante ambiental, mudanças no tipo de cultivar e nos métodos de controle de utilização da água podem ser uma alternativa para regiões com escassez. Assim, Levers & Schewabe (2017) aplicaram uma modelagem em solos salinos onde cultivares suficientemente tolerantes ao sal possam ser produzidas. O potencial produtivo da cultura de bioenergia (*Brassica*) perante a cultura de trigo foi testado, em uma fazenda na Califórnia, especificando sua área, técnicas do sistema de irrigação, preços dos produtos e custos produtivos. Foram observados que ao considerar os preços médio da cultura usando o sistema de irrigação, os lucros para cultura de *Bassica* são maiores que do trigo sob água de drenagem de baixa salinidade. Quando a salinidade da água de drenagem é alta, os rendimentos de trigo são reduzidos à medida que o crescimento do mesmo se torna insuficiente.

Em comum, as pesquisas desenvolvidas com culturas alimentares propositalmente realizadas com um cunho político verificam o aproveitamento da água nos sistemas onde

estão inseridas. Beverly et al., (2016) identificaram o custo produtivo em terras modificadas para atender metas da Política Ambiental Australiana usando um modelo de simulação de bacias hidrográficas com um algoritmo de otimização. Os fenômenos foram observados utilizando informações do tamanho das propriedades, classes de produtividades e tipos de práticas ambientais adotadas, como retenção da qualidade da água, recuperação de terras inapropriadas, estratégias de manejo seletivo por tipo de terra. As práticas mensuravam as seguintes variáveis e seus aumentos respectivos: sólidos suspensos totais - 33%, nitrogênio inorgânico dissolvido - 3%, nitrogênio particulado - 5%, fósforo particulado - 11% e herbicidas - 29%. O aumento do financiamento para boas práticas aumentou de 2 milhões de dólares para 8 milhões. Os resultados derivados da aplicação bioeconômica mensuraram os *trade-offs* entre boas práticas agronômicas, financiamentos e os impactos ambientais. Desta forma há um conhecimento adicional e importante na tomada de decisões dos gestores.

Uma previsão para demanda de água foi elaborada por Lehmann & Fingir (2014) com objetivo de averiguar nos próximos 25 anos o uso necessário de água para cultura de batata na Suíça. O delineamento do processo de otimização gerou uma população aleatória de possíveis indivíduos consumidores. Cada agente consumidor possui um conjunto específico de variáveis de decisão (quantidade de fertilizantes e estratégia de irrigação). Para simular a cultura foi utilizado o *software CropSyst* e para gerar dados meteorológicos ao período o *software LARSWG*. O resultado de ambas as simulações foi integrado ao modelo matemático de decisão econômica e as técnicas resultaram em cenários de manejo ideal relacionando as necessidades de fertilizantes e irrigação. Foi identificado que a política eficaz para evitar danos ambientais devido às altas captações de água durante os períodos de seca é a implantação de uma cota de água no valor  $1500 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ .

No Uzbequistão os cientistas Djanibekov et al., (2013) utilizando um modelo simplificado investigaram as necessidades hídricas do algodão em comparação com outras culturas. A perspectiva encontrada sobre grãos alimentares embasaria a tomada de decisão da política estatal de produção de algodão. Uma área de corte propositalmente selecionada descreveu as características produtivas quanto ao tamanho, tipo de solo e canais de irrigação. A ferramenta matemática usada é oriunda de um projeto da Unesco nomeado de *Khorezm* e é capaz de captar as características básicas da agricultura regional e verificar suas especificidades produtivas. Como saída do modelo obtiveram quatro cenários para julgamento, amplas situações foram hipotéticas, como: flexibilidade ou não da escolha das culturas, compra dos grãos pelo estado ou mercado e restrições biofísicas. Em todas as



simulações houve a modificação da política do algodão sob disponibilidade normal de água, o arroz obteve um maior consumo. Em uma escassez, em todos os cenários, o algodão exigiria a maior quantidade de água.

Na *bioeconomics* verifica-se que as práticas agrícolas contemporâneas modificam o meio ambiente na medida que ocorram novas demandas de consumo em bioenergias. Os autores sinalizaram a necessidade de pesquisas futuras sobre o fornecimento de bioenergia produzida por terras marginais (EGBENDEWE-MONDZOZO et al., 2015). Em contrapartida, notou-se pelo trabalho de Levers & Schwabe (2017) a viabilidade desta produção em terrenos salinos onde atualmente a produtividade para fornecer alimentos é baixa. Na produção de alimentos, os autores apontaram para necessidade de intervenção nas decisões dos produtores perante ao manejo da água em suas propriedades. Estudos para aprimorar as políticas de regulamentação visando um bem comum são recorrentes tanto em países desenvolvidos como em subdesenvolvidos (BEVERLY et al., 2016; LEHMANN & FINGIR, 2014; DJANIBEKOV et al., 2013).

Para criação de animais elegeu-se apenas uma pesquisa com modelagem bioeconômica realizada na Austrália. Determinados a entender o impacto causado pela produção bovina nas paisagens, uma região foi delimitada para o estudo utilizando o *software GRASP*, apto a reproduzir todas características do sistema como, taxa de lotação animal, índices pluviométricos e crescimento do pasto. As considerações de manejo então foram avaliadas em 15 regiões obedecendo os critérios de qualidade da terra “ABCD”, o quais são parâmetros desenvolvidos pelo governo local, onde “A” quer dizer geografias em ótimo estado e “D” representa o maior índice de degradação. Os autores não fornecem informações detalhadas da metodologia, a simulação foi realizada para o período de 1986 a 2010. Os resultados apresentados ilustram a utilidade do programa que verificou que o ajuste anual dos animais em prol da conservação das pastagens ao longo dos 25 anos não trouxe melhorias aos resultados econômicos dos empreendimentos. Desta forma, os pesquisadores atribuem os resultados a grande influência das condições climáticas não favoráveis do período e sinalizam que novas estratégias deverão ser formuladas para manter o crescimento econômico da região, as características da aplicação são apresentadas no Quadro 9.

Quadro 9 - Modelagem bioeconômica na pecuária

<b>Pecuária</b>						
<b>Autores</b>	<b>Área de destaque</b>	<b>Tipo de Equação</b>	<b>Função Objetivo</b>	<b>Grau de Explicação</b>	<b>Relação ao tempo</b>	<b>Grau de Incerteza</b>
(Macleod et al., 2011)	Agendas Políticas	Linear	Único	Empírico	Dinâmico	Determinista

Fonte: Dados da pesquisa.

As atividades produtivas de sistemas de integração são delineamentos preferenciais dos autores de *bioeconomics*, um maior número de publicações neste sentido é observado. O direcionamento principal está em mensurar o equilíbrio dos recursos naturais quando ocorre a integração das práticas (CARAUTA et al., 2018; NEDUMARAN et al., 2014; LOUHICHI et al., 2010; SCHULER & SATTTLER, 2010). Um fator de investigação comum é o uso da terra, podendo estar acompanhado de objetivos específicos como uso da água, perda de nutrientes e emissões de gases, não desassociando as rentabilidades econômicas encontradas na integração das atividades (HAMPF et al., 2018; CHOPIN et al., 2015; CHAVEZ et al., 2014; UPADHYAY et al., 2013; BHATTARAI et al., 2008). O Quadro 10 explana as principais propriedades no desenvolvimento das aplicações de integração.

Quadro 10 - Modelagem bioeconômica de sistemas integrados

<b>Integração</b>						
<b>Autores</b>	<b>Área de destaque</b>	<b>Tipo de Equação</b>	<b>Função Objetivo</b>	<b>Grau de Explicação</b>	<b>Relação ao tempo</b>	<b>Grau de Incerteza</b>
(Louhichi et al., 2010)	Agendas Políticas	Não Linear	Múltiplo	Mecanicista	Dinâmico	Estocástico
(Nedumaran et al., 2014)	Agendas Políticas	Não Linear	Múltiplo	Mecanicista	Dinâmico	Determinista
(Schuler & Sattler, 2010)	Agendas Políticas	Linear	Único	Empírico	Estático	Determinista
(Carauta et al., 2018)	Agendas Políticas	Não Linear	Múltiplo	Mecanicista	Dinâmico	Estocástico
(Bhattarai et al., 2008)	Uso da água e terra	Não Linear	Múltiplo	Mecanicista	Dinâmico	Estocástico
(Hampf et al., 2018)	Uso da água e terra	Não Linear	Múltiplo	Mecanicista	Dinâmico	Estocástico
(Upadhyay et al., 2013)	Emissões e uso da terra	Não Linear	Múltiplo	Empírico	Estático	Determinista
(Chopin et al., 2015)	Uso da terra	Linear	Múltiplo	Mecanicista	Estático	Determinista
(Chavez et al., 2014)	Uso da terra	Não Linear	Múltiplo	Empírico	Estático	Determinista

Fonte: Dados da pesquisa.

Para modelar um problema que identifique como as políticas tornam-se satisfatória evitando a erosão dos solos, os autores precisam considerar na seleção dos métodos a capacidade de integração simultânea dos fatores de influência. Deste modo a combinação de métodos avalia os efeitos potenciais das atividades. A pesquisa de Louhichi et al. (2010) estimou a erosão do solo associada às atividades praticadas na Tunísia. O modelo quantificou

as áreas em uso de acordo com as condições físicas do ambiente, os efeitos de intervalos de produção e frações de solo usadas para práticas produtivas. A função descreveu o comportamento dos agricultores, com base na maximização da renda esperada. Os resultados mostraram que o uso de técnicas mais intensivas para aumentar a produção por hectare estavam acompanhadas de mudanças bruscas nas erosões. As medidas de incentivo agrícola para boas práticas levariam a redução em 50% dos casos, no entanto, o impacto econômico seria negativo e a renda diminuiria de 8 a 30%.

Para otimizar a retenção de umidade e reduzir a erosão do solo maximizando a produtividade e minimizando a degradação, Nedumaran et al. (2014) auxiliaram a política Indiana usando uma função objetivo que refletiu a decisão das famílias sobre algumas restrições. O modelo incorporou as informações dos rendimentos das culturas aos manejos do solo, balanço de nutrientes e estimou a erosão por diferentes culturas. Os resultados da simulação mostraram que a introdução de variedades de alto rendimento e sistemas intercalares de cereais e leguminosas podem ajudar a melhorar o bem-estar dos pequenos agricultores aumentando a renda e sustentabilidade dos recursos naturais.

Dois trabalhos visam manter as qualidades ambientais em regiões beneficiando os agricultores por boas práticas adotadas. Schuler & Sattler (2010) investigaram na Alemanha três sistemas para conservação do solo aplicando o modelo “MODAM” reconhecido na área, o mesmo é capacitado para englobar características relacionadas ao solo e as atividades agrícolas. Seus módulos descrevem uma fazenda ou região com suas capacidades de produção e posteriormente faz uma avaliação parcial dos efeitos econômicos e biofísicos. Os produtores podiam optar por três opções de conservação: a primeira para práticas específicas de conservação incluindo sistema de cultivo reduzido; a segunda direcionada a campos altamente erodíveis; o último, restringir culturas específicas que aceleram a erosão no local. Além destas alternativas foi incluída a situação atual, ou seja, caso o produtor não queira ser beneficiado pelas políticas. Os autores concluíram que as opções políticas direcionadas são rentáveis em termos de dinheiro gasto por erosão reduzida. A combinação da opção dois e três são as mais eficazes ressaltando ainda que uma proibição de culturas traria perdas econômicas, desta forma as mudanças mesmo com altos custos orçamentários são benéficas.

Outro benefício vem sendo utilizado no Brasil em forma de linha de crédito específica para atividades agropecuárias de baixo carbono, um dos exemplos contemplados ocorre quando o produtor reserva 10% da área produtiva para cultivar florestas, dando-o direito a

um subsídio com juros baixos. Carauta et al., (2018) de forma holística investigaram as taxas de sua adoção, dados do censo agropecuário e informações preliminares do programa, integrando-as a uma avaliação quantitativa de regiões mato-grossenses. O método observou a aceitação em função da heterogeneidade das fazendas. Os resultados mostraram que sem o crédito a adoção teria resposta de apenas 11% dos produtores analisados. Os retornos financeiros dos sistemas de baixo carbono foram ligeiramente superiores aos convencionais. Desta forma, pequenas mudanças no financiamento ou no mercado podem desencadear realocação de recursos entre usos competitivos da terra.

Utilizando métodos de simulação biofísica, nos EUA um estudo para bacias hídricas comparou a relação da qualidade da água, mudanças produtivas e a receita dos produtores empregando a ferramenta *SWOT* para previsões de impacto médio, tornando possível pela versatilidade do recurso tecnológico de análise que compunha extensos dados de entrada como registros climáticos e insumos produtivos. O seu algoritmo simula os níveis de escoamento de nutrientes e sedimentos do solo sob uma combinação particular de cenários de uso da terra. Como principais resultados de saída perceberam que a mudança de florestas para terras agrícolas teve grandes impactos na qualidade da água, incluindo a quantidade de escoamento superficial e cargas de sedimento no canal principal da bacia (BHATTARAI et al., 2008).

Em outra avaliação regionalizada modelada no estado Mato Grosso, Hampf et al. (2018) utilizaram o modelo *MONICA*, um instrumento capaz de equacionar e simular o crescimento de culturas sob alterações hidrológicas, mudanças no solo (absorção de nitrogênio e concentração orgânica) entre outras especificidades. Alguns parâmetros foram observados em quatro macrorregiões produtivas. Ao longo do tempo destaca-se a mudança de florestas para pastagens e atualmente o estabelecimento de cultivares de soja, milho e algodão. Entre os fatores produtivos inclusos no *software* o ganho em produtividade está associado aos rendimentos biofísicos (água e nutrientes), sendo responsáveis por 24% do rendimento. Desta maneira, os autores mencionam que o resultado encontrado será válido para ajudar a traçar um quadro mais completo das medidas sustentáveis, pois haverá um decréscimo nos rendimentos após o desgaste natural provocado pela intensificação das atividades.

Usando uma estrutura de mosaicos que indaga quais arranjos produtivos são mais viáveis para especificidades regionais, Chopin et al. (2011) coletaram informações

geográficas das possíveis explorações agrícolas. O modelo “MOSAICA” produziu três cenários para produção de frutas, cana-de-açúcar e criação de animais em pequenas propriedades no Caribe. A sua função objetivo considera uma área de cultivo ótima em escala regional através da maximização das suas utilidades e as equilibra com a soma de variações positivas e negativas esperadas da margem bruta. As restrições do sistema são a quantidades de precipitações, altitude e tipo de solo. As tendências gerais dos três cenários demonstram uma queda acentuada na produção de cana-de-açúcar e banana, as áreas dedicadas a pastagens aumentaram progressivamente.

Abordando processos de sequestro de carbono em relação às mudanças no uso da terra, foi desenvolvido na região do Nepal uma estrutura de modelagem que consistiu em dois tipos de entradas: parâmetros biofísicos e socioeconômicos. O processo de otimização produziu níveis de usos da terra para 25 anos, colheita de produtos florestais e atividades do solo que, por sua vez afetam a dinâmica de sequestro. A função objetivo maximiza a utilidade agregada de toda a região como a soma do lucro líquido descontado da agricultura, pecuária e produtos florestais. As restrições definidas no sistema são o número de hectares alocadas para determinadas culturas, o desmatamento, força de trabalho e outras variáveis determinantes das atividades. Os resultados encontrados mostraram que ao reduzir as taxas de oportunidades de emprego, fora das fazendas, os habitantes do Nepal sofrem um impacto negativo sobre a densidade das terras florestais e da biomassa, resultando em mais emissões de carbono devido ao desmembramento negligente de novas terras para cultivo, redução da perda total de solo e extração de produtos de biomassa (UPADHYAY et al., 2013).

Em Virginia na Argentina atividades agrícolas foram avaliadas a fim de melhorar as condições do solo degradado pela cultura do Tabaco. Um modelo estático de maximização semelhante ao exposto anteriormente foi utilizado. Porém, com uma função e restrições específicas, incluindo 23 atividades de cultivo, dados de entrada (rendimento, preço e custos), disponibilidade e requisitos de recursos (terra, trabalho, balanço de carbono e água), entre outros fatores. A melhor combinação econômica está na soja com tabaco, porém contribui com saldo médio de carbono negativo. O plano ideal considerando a restrição de carbono é a criação de boi, tabaco e soja, devido à margem bruta e suprimento de carbono (CHAVEZ et al., 2014).

#### 4.3.2 Bioeconomy

A visão de *bioeconomy*, ao longo dos últimos anos, ganhou espaço como um campo científico que integra as ciências da vida e suas subáreas biologia, botânica, microbiologia e bioquímica. Inclui em sua conjuntura elos adjacentes principais como a economia, ciências dos materiais e engenharia (PFAU et al., 2014). Aparentemente pode parecer complexo termos múltiplos conhecimentos reunidos a favor de um único objetivo, mudar as atividades econômicas atuais relacionando-as a novos produtos, processos e tecnologias.

O motivo para o desenvolvimento constante desta estrutura de conhecimento são as limitadas reservas de petróleo e combustíveis fósseis para atender o consumo crescente da população, especialmente para os países cujas indústrias são fortemente dependentes destes recursos. Antes mesmo da *bioeconomy* ser popularizada, já havia uma tendência industrial para substituir tal dependência (ZILBERMAN et al., 2013). Impulsionada pela crise do petróleo nos anos 70 e o nascimento da nova indústria de biotecnologia no início dos anos 80, situações que forneciam à economia da época uma expectativa de se tornar sustentável usando recursos renováveis (ÇELIKKANAT OZAN & BARAN, 2014). Deste então, a viabilidade de novos produtos de base biológica e tecnologias de bioprocessamento estavam sendo desenvolvidas sem mencionar o termo bioeconomia.

O desenvolvimento comercial desses produtos de base biológica, nas últimas décadas, possuía um progresso lento atribuído ao baixo retorno dos seus investimentos. Os processos biológicos eram relativamente ineficientes comparados à concorrência dos produtos à base de petróleo (WESSELER & VON BRAUN., 2017). Esse panorama modificou-se principalmente na cadeia do agronegócio com a integração da indústria química e agrícola (WIELD et al., 2013). Fornecedores de alimentos passaram a usar biotecnologias e serem grandes fabricantes de produtos de valor agregado como: sementes geneticamente modificadas (GM), produtos químicos especiais (fertilizantes, pesticidas e adubos), e etanol combustível (ZILBERMAN et al., 2018). Desta forma, a agricultura passou a ter mais excedentes agrícolas e novas aplicabilidades industriais, além de aumentar a produtividade dos alimentos em muitos lugares do mundo. Essa mudança produtiva repleta de inovações tecnológicas atraiu mundialmente muitos investidores e corporações privadas (KIRCHER, 2014).

Os relatos citados fazem parte da chamada “Revolução Verde” que transformou a agricultura e traçou novos horizontes para o tema (SMOLKER, 2008). Essas bases moldaram o aprimoramento de políticas estratégicas formando novos mercados unificados com a difusão dos conceitos de *bioeconomy*. Mesmo que a descrição dos muitos significados envolvendo *bioeconomy* ainda pareça estar em “fluxo” é notável uma relação com os agronegócios (PÜLZL & KLEINSCHMIT, 2014). Para identificar alguns aspectos desta conexão dividiu-se a natureza das abordagens conforme a proposição de Bugge et al., (2016):

- **Inovações biotecnológica (IB):** concentra-se na rápida utilização e comercialização de pesquisas em vários setores da economia e baliza-se pela aplicabilidade das biociências;
- **Substituição de biomassas (SB):** enfatiza a utilização sustentável de matérias primas biológicas aprimorando potencialidades de conversão;

Partindo dos principais entendimentos de *bioeconomy* estabelecidos para essa abordagem será observado nos artigos selecionados as principais temáticas tratadas neste sentido correlacionando-as com as áreas identificadas na análise quantitativa.

Na área Políticas para inovações obteve-se 11 artigos divididos em 4 temáticas, conforme o Quadro 11.

Quadro 11 - Políticas para inovações

<b>Área de destaque: políticas para inovações</b>		
Temáticas	Inovações biotecnológicas (IB)	Substituição de biomassas (SB)
Aplicação Florestal	(Kleinschmit et al., 2014) (Kroger & Raitio, 2017) (Pülzl et al., 2014)	(Kleinschmit et al., 2014) (Kroger & Raitio, 2017) (Pülzl et al., 2014) (Borgström et al., 2018)
Ecologia e Economia		(Mouysset, 2017)
Transição	(Zilberman et al., 2013) (Zilberman et al., 2018)	(Zilberman et al., 2013) (Zilberman et al., 2018)
P&D	(Lainez et al., 2018) (Kuehne et al., 2012) (Levidow et al., 2012)	(Lainez et al., 2018) (Levidow et al., 2012)

Fonte: autoria própria.

Na temática **Aplicação Florestal** as políticas e estratégias possuem opiniões distintas. Para Kleinschmit et al, (2014) existe a necessidade de integrar aos debates as seguintes teorias: política (análise racional, institucional e governança); econômica (recursos, comportamental e ecológica); e da administração (reponsabilidade social, cadeia de suprimentos eecoinovação). Os autores relacionam as áreas de pesquisa a desafios que

deverão ser enfrentados frente aos domínios da IB e das SB, como por exemplo o tratamento da produção conjunta em bioenergia e biorrefinarias. De outro modo, Kroger & Raitio, (2017) visualizam que há um caminho dominante na política florestal com diferentes dimensões de sustentabilidade rotuladas pela expressão “produzindo mais de tudo”, referindo-se aos aspectos da IB. Apesar de prioridades políticas para produção, os pesquisadores notaram novos clamores ambientais vindos da opinião pública consciente sobre conservação e biodiversidade. Em uma análise de discurso mais abrangente Pülzl & Kleinschmit, (2014) verificaram que os discursos da *bioeconomy* são intercambiáveis entre adversidade (limites ao crescimento), tecnológico (modernização ecológica) e econômico (neoliberalismo). Concluem que as florestas apesar das divergências são vistas neste contexto como meios produtivos industriais (resíduos, biomassa lenhosa) e de mitigação (neutralização de CO<sub>2</sub>) e englobam ambas narrativas. Borgstrom et al., (2018) estudaram a particularidade de especificar as “partes” da natureza que podem ser extraídas e definidas como direitos básicos de uso. Facilitando as transações relacionadas e garantindo mecanismos para coordenar os usos e resolver disputas futuramente inevitáveis. Também está incluído no contexto da IB quais reservas legais definem os limites de manipulação de plantas. O autor menciona que uma regulação internacional dos recursos naturais tem sido pouco desenvolvida devido à ideia histórica de soberania dos Estados perante as riquezas naturais.

Na temática **Ecologia e Economia** é relatado a consciência frente os recursos naturais de uma maneira integral. O autor Mouysset (2017) pontua que os impactos causados na biodiversidade pelas decisões produtivas dependem do seu contexto exógeno (mercado, volatilidade de preços, incertezas ambientais e políticas públicas). A dificuldade de harmonizar o agronegócio com biodiversidade está na aversão ao risco, ou seja, capturar um comportamento cauteloso diante das incertezas. Nos agronegócios essa aversão leva os agricultores a adotarem escolhas sustentáveis. Quando o produtor adota níveis de diversificação de espécies genéticas promove a heterogeneidade dos habitats, porém os agentes da agricultura são adversos ao risco econômico e preferem a especialização da agricultura reduzindo a biodiversidade, outras estratégias que não diversificam as atividades, gerenciam melhor esse risco econômico. Na visão do autor as funcionalidades do seguro agrícola contribuem para práticas de monocultura, ao aderi-las o produtor não mais possui o risco econômico, mas obriga-se a ter em sua propriedade uma atividade agrícola altamente especializada. Em virtude destas situações o setor é dispendioso em desenvolver práticas



sustentáveis a reversão do exposto é dependente de políticas públicas para conciliar agricultura e biodiversidade.

Na temática **Transição**, em *bioeconomy*, se faz necessário mudar as atividades econômicas tradicionais. Segundo Zilberman et al., (2013) este percurso é subordinado as tecnologias em um processo evolutivo contínuo de transição de sistemas de recursos não renováveis para os renováveis, essas bases moldam o surgimento desta terminologia em bioeconomia. O autor identifica que a “colheita de recursos renováveis”, através da agricultura, contrário a extração de recursos não renováveis já é um avanço muitas vezes considerado como “sustentável”. Porém, a produção agrícola tecnificada necessita o uso de insumos, como fertilizantes que podem ser não renováveis (fósforo). A avaliação dos recursos produtivos, bem como, outros efeitos ambientais praticados pelas atividades promotoras da IB mostram que realidade é complexa. O mesmo autor, em outra publicação, considera que os debates políticos atuais carecem da inclusão de áreas consolidadas anteriormente e menciona a Economia Agrícola para ajustar incoerências na contabilização dos custos de oportunidade. Enfim, reconhecer a heterogeneidade da Ciência Econômica capacita as configurações de estratégias e políticas que maximizam a utilidade total dos indivíduos, estimando um crescimento econômico sustentável (ZILBERMAN et al., 2018).

A pesquisa e desenvolvimento - **P&D** - é protagonista nos debates direcionando setores estratégicos para o *bioeconomy*, como o caso específico da Espanha para agropecuária. Conforme Lainez et al., (2018) a política e estratégia do país irá percorrer duas ideias principais: uso de recursos renováveis com ênfase na eficiência, e sustentabilidade de exploração relacionando a disponibilidade de recursos específicos como água e a terra. Em suas palavras, se faz necessário trabalhar o “triângulo ciência, economia e sociedade” onde os conhecimentos gerados devem ser utilizados para desenvolver atividades produtivas que permitam o crescimento em áreas que a sociedade aceita e compartilha. Todos os estudos em P&D demandam grandes investimentos, sendo assim, é necessário avaliar quais são os seus retornos. Projetos envolvendo sistemas agrícolas complexos necessitam estimar os impactos biofísicos e econômicos futuros. Geralmente essas análises são feitas considerando fatores de produção, econômicos, sociais e ambientais, altamente variáveis (KUEHNE et al., 2012). Uma iniciativa de KUEHNE et al., (2012) gerou duas ferramentas de avaliação, a primeira “BENEFIT bio-economy” estima os impactos do gerenciamento de lucros versus recursos naturais impactados em nível de negócio global. Sua base estrutural descreve os fluxos de água, biomassa e dinheiro nos sistemas de produção de grãos e pecuária. A segunda

ferramenta nomeada de ADOPT fornece informações quanto ao nível de adoção das inovações desenvolvidas e direcionadas para população alvo.

Segundo Levidow et al. (2012), um dos principais paradigmas do P&D na agricultura distingue-se entre a engenharia genética e a engenharia ecológica. A genética busca modificações na estrutura biológica da planta, e o objetivo primordial está em aumentar a produtividade que conseqüentemente também superará desafios no suporte de pragas, patógenos, seca, ambientes salinos e solos inférteis. O principal interesse da corrente ecológica é projetar sistemas com o mínimo de exigência possível de agrotóxicos e insumos energéticos externos, seu entendimento passa pela observação das interações ecológicas entre os componentes naturais permitindo que os mesmos sejam responsáveis pelo aumento da fertilidade do solo e façam a proteção natural dos cultivos. Entre as duas tipologias, a área genética é a predominante em uma série de fatores e faz com que as políticas de pesquisa da agroecologia tenham uma proporcionalidade menor. Há uma certa dependência tecnológica e institucional que dificulta o avanço técnico da engenharia ecológica, embora ambas estejam preocupadas na proteção da natureza e sejam coerentes cientificamente.

Na área de insumos agrícolas, os trabalhos estão concentrados em debater as novas aplicações para o recurso vegetal entre perspectivas “dentro da porteira”, com novas variedades de cultivares e respectivos tratamentos, ou “fora da porteira”, processamento para diversas finalidades de valorização. Essas são aplicações que visam em primeiro lugar maximizar a produção, mesmo que os autores destaquem princípios de equilíbrio entre fluxos de recursos renováveis, a otimização do rendimento, bem como, a eficácia dos sistemas produtivos são recorrentes. Existe uma razão norteadora comum entre estes pesquisadores, guiar suas pesquisas pela expressão “primeiro o alimento”. Os insumos produtivos (terra, água, nutrientes e biodiversidade) são mensurados de acordo com os clamores ambientais mais amplos da atualidade. Para o conjunto de dados em sua totalidade, as publicações estão voltadas para monoculturas. Em comum, todos os arquivos das temáticas simpatizam com a IB e SB. Um total de 10 artigos foram distribuídos em 4 temáticas como ilustra o Quadro 12.

Quadro 12 – Insumos agrícolas

<b>Área de destaque: insumos agrícolas</b>		
Temática	Inovações biotecnológicas (IB)	Substituição de biomassas (SB)
Melhoramento de plantas	(Lewandowski, 2016a) (Lewandowski, 2016b) (Małyska & Jacobi, 2018)	(Lewandowski, 2016a) (Lewandowski, 2016b) (Małyska & Jacobi, 2018)
Equilíbrio na oferta	(Lewandowski, 2015) (Uzoh et al., 2018) (Mathews, 2009) (Rogers et al., 2017)	(Lewandowski, 2015) (Uzoh et al., 2018) (Mathews, 2009) (Rogers et al., 2017)
Potencialidade de bioprodutos	(Langeveld et al., 2010) (Sherpa et al., 2017) (Sikkema et al., 2017)	(Langeveld et al., 2010) (Sherpa et al., 2017) (Sikkema et al., 2017)

Fonte: autoria própria.

Na divisão **Melhoramento de plantas** a sua função foi sintetizada recentemente por Małyska & Jacobi (2018), a exploração demasiada dos ecossistemas move a área para desenvolver variedades sustentáveis. Mudanças climáticas, expansão da área agrícola e disponibilidade reduzida de áreas para plantio são fatores que viabilizam que a UE explore apenas 10% em novas terras e o restante na implicação do crescimento de sua produtividade. A partir da mudança do milênio, safras com cultivares GM colaboraram em cerca de 74% para o crescimento global da produtividade, envolvendo 16% de todas as culturas aráveis da UE. Gerar mais biomassa a partir de uma unidade de terra trouxe muitos benefícios ambientais e econômicos para as federações locais. Desta maneira, a rápida evolução de ferramentas e áreas como a ciência proteômica, análise de expressão de dados sequenciais, tecnologia da informação (big data) e avanços de sensores para práticas agrícolas digitais serão as pedras angulares do melhoramento. Este conjunto de novas aptidões darão suporte para enfrentar os desafios como o uso e administração de recursos naturais (nutrientes, solo e água), resistência às pragas, aperfeiçoamento de plantas para nutrição animal e redução da pegada ambiental.

Lewandowski et al., (2016b) expõem o papel da pesquisa frente as Culturas Perenes de espécies vegetais geralmente gramíneas rizomatosas (caule que cresce horizontalmente) ou árvores cultivadas como talhadia (reprodução de plantas por brotos) de rotação curta. O que motiva novas soluções deste tipo são os obstáculos para aceitação e expansão das culturas bioenergéticas. O caso de maior repercussão é os biocombustíveis, assim análises minuciosas do recente passado estão corroborando na linha de pesquisa das plantas perenes.

As principais barreiras encontradas pelos biocombustíveis foram a baixa oferta e custos de produção. Estas questões não foram adequadamente verificadas a priori, como

infraestrutura, logística, condições do solo, capacitação do agricultor e a própria vontade em produzir, passaram de forma despercebidas pela ciência e política de inovação. Os combustíveis chamados de primeira geração necessitam de algumas biomassas usadas também para alimentação ou rações, conseqüentemente, desencadeia o debate “alimento versus combustíveis”. A primeira alternativa encontrada foi produzir em terras marginalizadas por razões econômicas ou biofísicas. Sobe o olhar econômico estas localidades apresentam margens de lucratividade baixas e as restrições naturais resultantes da baixa qualidade do solo, contaminação e abastecimento de água insuficiente. Propositamente as culturas perenes estão trabalhando e incentivando o desenvolvimento destas questões em diversos panoramas (LEWANDOWSKI et al., 2015).

As características principais nas plantações perenes são os baixos pré-requisitos de entrada associados às emissões de GEE possuindo um crescimento contínuo disposto a reciclar e armazenar nutrientes em raízes subterrâneas como propriedades condicionantes aos baixos índices de fertilização necessários. Salienta-se sua performance na reciclagem de Nitrogênio (N) já que fertilizantes nitrogenados são cada vez mais necessários, principalmente, quando a alta produtividade é o principal objetivo. De maneira conseqüente, eles aumentam o conteúdo mineral do solo favorecendo a emissão de um importante gás de efeito estufa, o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Existe a possibilidade de o cultivo de plantas perenes não necessitar de insumos externos em certas situações (LEWANDOWSKI et al., 2016b).

Para avaliar o caráter adaptabilidade inter-regional, um projeto específico da espécie *Miscanthus* investigou métodos para otimizar a produção destas culturas em uma ação conjunta envolvendo toda a Europa Central, Ucrânia, Rússia e China. Tolerâncias para salinidade, estresse abiótico, seca e baixas temperaturas foram avaliadas. Os resultados mostraram uma superação comparando a genótipos comerciais, crescimento satisfatório sobe variações ambientais adversas, viabilidade para produção em terras marginais e alta qualidade da biomassa para processos industriais. Entretanto, o seu custo de implantação é alto e o retorno dos investimentos levariam um tempo considerável para reversão (LEWANDOWSKI et al., 2016a).

**O Equilíbrio na Oferta** parte de uma pergunta central implícita nos artigos investigados “Até onde o agronegócio poderá ir com a substituição dos recursos biológicos?”, analisando o crescente desenvolvimento tecnológico para grandes culturas como soja, milho e cana-de-açúcar, as quais expandem-se em áreas produtivas estimuladas pelos inúmeros

processos químicos que já transformam a biomassa em uma infinidade de produtos substitutos do petróleo, como o plástico, fibras, polímeros adesivos, lubrificantes e materiais têxteis. Paralelamente estão as significativas mudanças climáticas, escassez da água doce, desertificação, e perda na biodiversidade. De tal modo, o planejamento de expansão para novas ofertas agrícolas é visto como um grande impacto mesmo que atenda os desejos de consumo da humanidade. Discussões otimistas e conservadoras são refletidas pelos pesquisadores da temática onde alguns informam que não haverá competição entre produção de alimentos e outros produtos devido ao desenvolvimento de tecnologias lignocelulósicas procedentes de terras marginalizadas.

Para Mathews (2009) existe a possibilidade de integrar demandas agrícolas mesmo com a utilização para outros fins. Sairíamos de uma “petroeconomia” rumo a “bioeconomia” revisando dados e literaturas sobre uma visão global do potencial de terra, água e outros recursos além das aplicações atuais. O autor construiu uma narrativa alinhada em quatro pontos centrais: 1) mudança de culturas anuais perdulárias para culturas perenes; 2) sequestrar carbono no solo tanto organicamente como por biocarvão (*biochar*); 3) melhorar as práticas conservadoras de gestão da água; e 4) utilizar recursos de reciclagem. Atualmente as lavouras são dependentes de insumos e combustíveis fósseis e pertencem a um conjunto tecnológico que não consegue ser diversificado. Em contrapartida, a alternativa perene conta com sistemas radiculares fortes de penetração de camadas profundas extraindo elevados níveis de água e nutrientes, e também captura muito mais carbono. O biocarvão é produzido por um processo de queima lenta de biomassa na ausência de oxigênio (pirólise) e quando adicionado ao solo aumenta sua fertilidade na forma de carbono orgânico e assim podendo ser regenerado. No quesito gestão hídrica o autor apontou as cultivares de biocombustíveis cultivadas em condições de deserto. A reciclagem de resíduos agrícolas em termos de usos energético poderá aumentar 16 vezes a produção de bioetanol.

Por outro ângulo de otimismo no sistema solo e planta, Uzoh et al., (2018) mostraram que um aliado fundamental para expandir produção vegetal é o solo. Na intenção de verificar minuciosamente como a bioeconomia será sustentada notaram a interdependência entre produzir biomassa e a relação com a rizosfera (região onde o solo e as raízes das plantas entram em contato). Tais cientistas reuniram informações referentes aos organismos desta região que naturalmente aumentam a fertilidade da planta. Através de novas técnicas biotecnológicas para inoculantes, microrganismos específicos auxiliarão na produtividade. Ressalta-se que as técnicas ainda carecem de desenvolvimento, pois encontrar quais

micróbios estão associados a cada espécie e ambiente é uma dificuldade experimental. Mas não é descartável que futuramente a fabricação de inóculos combinados à organismos combatam doenças, superem estresses abiótico e aumentem os rendimentos de muitas plantas.

Contrapondo os últimos autores, Lewandowski (2015) assinalou alguns pressupostos no avanço em oferecer biomassas. Uma lacuna entre o potencial de biomassa teórico e o implementável é pontuado, assim há muito poucos exemplos da introdução da bioenergia sendo impulsionada pela disponibilidade de biomassa. A demanda foi criada quando a bioenergia foi introduzida com suposições de que a mesma estaria disponível globalmente. Uma diversidade de estudos exemplificou que a energia de base biológica poderia teoricamente atender a demanda global de energia primária, na sua totalidade ou em partes. Utilizando uma abordagem “de cima para baixo” o potencial disponível para uso foi superestimado. Com frequência estas avaliações pressupõem uma situação ótima “no solo”, com manejos intensivos e altos rendimentos, sem considerar as restrições logísticas e infraestruturais. Determinado o potencial teórico, o mesmo reduz-se ao técnico, seguido, ao econômico, e finalmente, à implementação com suas restrições reais. É necessário incluir como desafio para este campo uma abordagem integrada “*top-down*” e “*bottom-up*” em diferentes setores, dimensões de tempo e escalas espaciais.

As prerrogativas acima citadas são contínuas, entusiasmando novos mercados como podemos perceber na criação de cenários realizada pelo estudioso Rogers (2017). Sua simulação sofisticada englobou setores interligados em redes para crescer, colher, transportar e converter eficientemente grandes quantidades de biomassa nos Estados Unidos. Produtos de base biológica, com projeções para o ano 2030, observando as proeminências nacionais do relatório bioeconômico americano de um bilhão de toneladas de biomassa, instigaram a realização de estimativas segundo os recursos biofísicos e econômicos do país. Os resultados formaram um conjunto de curvas de suprimento de biomassa ultrapassando um bilhão de rendimento. O primeiro cenário referir-se-á utilização no momento da pesquisa (2014) com 598 milhões de tonelada representando 2,4% do consumo de energia fóssil. O segundo computando os negócios futuros do setor para o ano de 2030 representou 1042 milhões de toneladas com utilização de 9,5% de gastos em energia fóssil.

O panorama temático **Potencialidade de Produtos** revelado pelos autores exemplifica uma bioeconomia que se estende bem além da bioenergia. Um mercado que ao

longo prazo contará com uma desenvoltura tecnológica capaz de expandir os horizontes dos itens dependentes de matéria vegetal. Os agronegócios participarão de muitas etapas dos modelos de negócios atuais e futuros envolvidos na temática. Alguns países como EUA, UE, Canadá, Japão e Malásia empreendem atualmente neste sentido com programas específicos (LANGEVELD et al., 2010).

As perspectivas de desenvolvimento partiram do mercado de subprodutos fósseis. Segundo Langeveld et al., (2010) o movimento de substituições ainda é baixo em países em desenvolvimento, devido as escassas ofertas e os níveis técnicos das biorrefinarias, e ainda, os problemas logísticos. Em grandes mercados as aplicações em volume são em polímeros e solventes. Os ingredientes farmacêuticos, enzimas, produtos químicos e biopolímeros formam um grupo em evolução que está apoiado pelas políticas ambiciosas das federações desenvolvidas. Propriedades impactantes da bioindústria incluem gerar valor, reduzir GEE, desenvolver novas indústrias, desenvolvimento rural, gerar empregos e toxicidade reduzida.

De modo muito peculiar, Sherpa et al., (2017) estudaram detalhadamente uma única cultura com o propósito de identificar as questões críticas da sua disponibilidade, sustentabilidade e utilização. A cana-de-açúcar é obtida em safras expressivas no Brasil e na Índia, a partir de altas taxas hídricas, sendo conhecida no universo dos bioprodutos como fonte de grandes quantidades de resíduos lignocelulósicos que é a melhor alternativa para a substituição de combustíveis fósseis. Seu beneficiamento gera alguns subprodutos tracionais como bagaço, melão e vinhaça e fortalecem a indústria açucareira que tem como principais produtos o bioetanol e o açúcar. Porém, ultimamente conceitos e práticas do biorrefinamento estão dando amplas finalidades para todos os seus resíduos em aproveitamentos de alto volume que proporcionam escala produtiva para inositol, xilitol, glicerol, ácido succínico, entre outros. O emprego completo de uma biomassa sem desperdício poderá trazer avanços energéticos e estabilidade econômica, as pesquisas brasileiras mostram-se ágeis neste sentido.

Além das biorrefinarias um conceito provindo do setor florestal são efeitos em “cascata”, que basicamente geraram valor aos subprodutos em todo o seu ciclo, começando pela alocação ótima da colheita, seleção das toras, desdobramentos (cortes), e resíduos remanescentes. Uma única árvore dependendo de sua qualidade pode atender inúmeros mercados. A cascata da celulose, por exemplo, pode ser elaborada com resíduos de alta qualidade das serrarias ou árvores de qualidade média, seguido pela reciclagem do papel

usado. Entretanto, o maior desafio está em reduzir o uso de combustíveis nos procedimentos e as extras emissões de GEE, fatos que muitas vezes não são minimizados em suas etapas (Sikkema et al., 2017).

Crescente argumentação na área destaque **Uso da Terra** são do interesse da academia por distintas áreas. Particularmente para essa circunstância de debate existem múltiplos entendimentos: transformação econômica, refinamento biotecnológico e intensificação ecológica. Constituinte novos paradigmas interdisciplinares extremamente relacionados com a estrutura terrestre, a investigação encontrou 5 documentos distribuídos em 3 temáticas principais expostos no Quadro 13.

Quadro 13 - Uso da terra

<b>Área de destaque: uso da terra</b>		
Temática	Inovações biotecnológicas (IB)	Substituição de biomassas (SB)
Ferramentas de monitoramento	(Hertel et al., 2013) (O'Brien et al., 2015) (O'Brien et al., 2017)	(Hertel et al., 2013) (O'Brien et al., 2015) (O'Brien et al., 2017)
Governança	(Juerges & Hansjürgens, 2016)	(Juerges & Hansjürgens, 2016)
Investimentos globais em terras		(Deininger, 2013)

Fonte: autoria própria.

Em primeiro lugar mensurar o espaço territorial de maneira apropriada coletando informações relevantes não é trivial. No mesmo ambiente uma série de atividades naturais e antrópicas ocorrem simultaneamente. Logo, uma conformidade ambiental, alimentar e energética molda as temáticas. Na coleta de dados a apropriação do termo **Governança** obteve uma única incidência mediada em aspectos organizações. Segundo Juerges & Hansjürgens (2016), o uso coordenado do solo está presente nas instituições formais e informais (prescrições legais, regulamentações, incentivos de mercado, regras, normas, hábitos e atitudes), ainda que estejam vinculadas as esferas estatais e não estatais na tomada de decisão, devem estar regidas por três critérios: a eficácia; eficiência; e legitimidade. Instrumentos e ferramentas mensurando os efeitos das intervenções necessitam buscar a eficácia de modo que o objeto não seja um sub resultado do mecanismo. Assim como moldados os usos na garantia de retornos financeiros, é fundamental que a proteção do solo busque o mesmo tipo de eficiência. Procurar a aceitação e concordância com os pares torna os sistemas de governança da terra legitimados. Mediante ao exposto, questões referentes ao solo precisam interligar suas pesquisas de natureza técnica a instrumentos de intermediação, sejam eles econômicos, informativos, cooperativos ou informais.



Nas atividades que mapeiam as modificações da terra, foi constatado na pesquisa algumas **Ferramentas de monitoramento**. Técnicas desenvolvidas pelos autores para averiguar a atual utilização e prever o que irá ocorrer no futuro. Hertel et al. (2013) identificaram via um estudo de caso estatístico a transformação dos espaços terrestres globais frente a substituição dos combustíveis fósseis por biocombustíveis. O método dinâmico tratou o solo como um agregado único e decompôs a resposta em ofertas extensivas e intensivas. Três diferentes cenários foram observados, práticas atuais, novas tendências e a meta das deliberações da Política do Clima, conjunturas que visam atingir a dispersão de GEE em 450 ppm e, na percepção do autor as produções expandirão conforme os acordos políticos. Nos dois estágios iniciais em trinta anos poderão ser cultivados até 124 Mha adicionais, caso sejam atendidos os parâmetros internacionais o limite de exploração ficaria em torno de 64Mha. Na sua avaliação, novos continentes seriam os produtores principais no decorrer dos anos. Os índices só serão viáveis com a participação da América Latina e África Subsaariana.

Na utilização atual das terras percebe-se que muitos países dependem da produtividade em outros lugares, os dados das commodities mostram a “importação líquida” de terras agrícolas. Buscando evidências sobre este ponto, O’Brien et al. (2015) perceberam que economias estratégicas de base biológica irão exigir mais espaços para produção que não dependem de seus territórios. Nessa ideologia, desenvolveram um método de “contabilidade global do uso da terra” (GLUA) para calcular o que chamam de “pegadas de terra”. Em suas métricas os proveitos globais em terra incluem todas as commodities agrícolas importadas e exportadas da UE, com base na produção líquida do comércio externo (importações menos exportação), assim determinaram as informações do consumo interno ocupando terras globais. No ano de 2011 foram exigidas cerca de 45Mha de solos externos em produtos importados, e as exportações contribuíram com 19Mha. Os dados expõem a significativa quantidade que estes estados necessitam da produção externa, entretanto estão demonstrando preocupação com a gestão dos solos no mundo todo. Aprimorar práticas quanto à utilização das áreas será um diferencial para países que pretendem comercializar produtos com os mercados europeus.

Os mesmos autores não satisfeitos com sua primeira abordagem sinalizaram algumas novas métricas nomeadas de “sistêmicas” para discernir melhor as aplicações que dependem da biomassa e os respectivos usos da terra para promovê-la. No recente estudo O’Brien et al. (2017) pretendem desenvolver ferramentas integradas para monitoramento regular segregando nas análises quais produtos contribuem mais para a pegada de terra e quais

sistemas agrícolas estão ligados aos impactos ambientais mais graves. Desta forma, poderão ser tomados outros encaminhamentos, como por exemplo, verificar qual o consumo europeu está relacionado ao uso mais intenso em terra. Os desafios para viabilizar tais pretensões necessitaram de análises em várias escalas. A lacuna de pesquisa principal no momento é integrar quais pontos fortes da variável terra são presentes nos modelos mais corriqueiros: econômicos, ambientais, de avaliação integrada, contabilidade de pegada, e ciclo de vida. Distinguindo que as condições de produção são diferentes em todo o mundo, comentam que as metas de consumo por pessoa relacionada à escala de uso dos recursos possam indicar a sustentabilidade desde que sejam interpretados devidamente os fatores implícitos à expansão das áreas, precavendo assim os impactos da mudança bioeconômica por produtos.

Evidências e implicações políticas em **Investimentos globais em terras** são abordadas na investigação de Deininger (2013). O âmbito da oferta e procura de solos produtivos é um desafio com riscos considerando experiências passadas que implicaram em consequências ambientais e sociais negativas, principalmente, em agriculturas de subsistências com direitos incertos ao acesso à terra. Tratando-se de commodities, a gestão agrícola carece de baixos investimentos de implementação causando insegurança no planejamento territorial, onde muitas vezes os empreendimentos extrativistas tornam-se insustentáveis. Por conseguinte, ocorrem, a seca e exaustão dos solos levando ao abandono de terras danificadas. Para países dependentes da agricultura ultimamente existe um grande interesse dos investidores podendo auxiliar no crescimento econômico. A procura por produtos agrícolas pode ser atendida pela intensificação do uso ou pela sua expansão. Como esta decisão é tomada em países com grandes disponibilidades territoriais, compreensões insatisfatórias perante aos valiosos recursos naturais do local devem ser investigados. Uma forma adequada de agregação de valor a essas terras trará equidade social e ambiental. O autor menciona a necessidade de metodologias agroecológicas serem mais empregadas para tais determinações criando cenários ambientais que explicitem os fluxos benéficos sobre os diferentes investimentos estrangeiros, bem como as maneiras de atrair as práticas mais apropriadas vinculando dados produtivos e georreferências na intenção de mapear as “lacunas de rendimento”, e ainda, encontrando tecnologias ambientalmente seguras a serem transferidas em espaços semelhantes. Os possíveis rendimentos da produção são de domínio da agricultura moderna, reconhecer adequadamente os fatores biofísicos viabiliza a potencialização dos produtos, observando a produtividade das terras aradas ou intactas, desta forma lacunas da intensificação serão melhores estimadas ajudando a preservar ecossistemas.

Os recursos renováveis sustentarão o desenvolvimento das mais diversas bioeconomias globais. Esta área em específico vem trabalhando com aspectos da extração e exploração propondo utilizá-los de maneira inteligente. O máximo proveito da matéria vegetal, após a colheita, trará um significativo resultado diante das quantidades exigidas para transformação. Desta forma, uma parcela de estudos está preocupada nos potenciais de conversão, embora eles estejam dependentes de muitos fatores. Os autores verificam que efeitos bioeconômicos são sequenciais e um bom aproveitamento depende dos insumos usados ainda na produção primária. A biotecnologia agrícola visa um aprimoramento tecnológico para “produzir mais com menos” do ponto de vista da disponibilidade de recursos naturais. Então, fica claro que existe uma estrutura de cadeia buscando a eficiência do cultivo até o processamento dos recursos renováveis. Em vista a área de destaque **Gestão Agropecuária** é discutida, destacando-se 3 temáticas visíveis no Quadro 14.

Quadro 14 - Gestão agropecuária

<b>Área de destaque: Gestão Agropecuária</b>		
Temática	Inovações biotecnológicas (IB)	Substituição de biomassas (SB)
Métodos de conversão para biomassa	(Khan et al., 2015) (Thorenz et al., 2018) (Tyndall et al., 2011) (Ronzon & Piotrowski, 2017)	(Budzinski et al., 2017) (Khan et al., 2015) (Thorenz et al., 2018) (Tyndall et al., 2011) (Ronzon & Piotrowski, 2017)
Biotecnologia agrícola	(Rosegrant et al., 2013) (Sasson & Malpica, 2018) (Wield et al., 2013)	(Rosegrant et al., 2013) (Sasson & Malpica, 2018) (Wield et al., 2013)
Desenvolvimento regional		(Egea et al., 2018)

Fonte: autoria própria.

Monitorar o progresso verificando a eficiência dos recursos renováveis em cadeias de valor da bioeconomia, pelas entradas e saídas de materiais tornou-se uma viabilidade sinalizada por Budzinski et al., (2017). Primeiramente os tipos de utilização da biomassa devem ser aferidos, depois delimitar quais fluxos eles irão seguir. Normalmente são considerados só os atributos físicos da produção, como por exemplo, para manufaturar um item os fluxos de água, área e sementes são quantificados, porém as avaliações dos impactos ambientais de cada um destes insumos passam de forma despercebida. Por esta razão, um esforço vem sendo desenvolvido para avaliar detalhadamente a atividade humana interindustrial e transregional dentro dos ecossistemas naturais. A ideia inicialmente vem sendo possível pelo fornecimento de quadrantes informando o uso dos materiais, entradas e saídas a partir de matrizes de intervenção ambiental. Uma amostra é possível pelo banco de dados EXIOBASE ilustrando a economia mundial em 48 regiões distribuídas em 162

indústrias. Logo, é possível analisar níveis de produtos, indústria e países específicos bem como os níveis específicos.

É de suma importância absorver nas análises todos os caminhos e restrições que o material biológico passa até chegar ao consumidor final, em virtude de não estimular **Métodos de Conversão** danosos aos recursos e ao meio em que estão dispostos. Há também pesquisas endereçadas na viabilidade operacional das biomassas e resíduos agrícolas para enfim substituir a dependência dos derivativos fossilizados, ou ir muito além disso descobrindo novas aplicabilidades orgânicas.

Neste sentido considerando os vários rejeitos vegetais que estão disponíveis existe uma parcela de subprodutos que equilibra o sistema solo, planta e atmosfera realizando a manutenção da fertilidade, retenção de água e mitigação de erosão. Partindo destas premissas cientistas investigam quais taxas são seguras para essa remoção. O material ali depositado tem duas funções, equilibrar o sistema para os próximos cultivos e, também, tornar-se um produto (RONZON & PIOTROWSKI, 2017).

Para a bioeconomia Europeia, Ranzon & Piotrowski, (2017) realizaram uma estimativa dos resíduos através dos dados produtivos disponibilizados pela FAO, aplicando fatores de conversão entre grãos e suas matérias secas seguindo observações da literatura. Os autores encontraram que os resíduos provenientes dos sistemas agrícolas são, em sua maioria, originários das plantas cereais, especificamente 78% das matérias secas restantes. No conjunto das oleaginosas a uma contribuição de 13%. Cultivares de açúcar e amiláceas somam-se 9%. Adotando um fator de segurança para permanência no campo de 75% dos resíduos produzidos os cálculos elaborados mostraram que anualmente é possível chegar aproximadamente a uma disponibilidade de 99 toneladas de recolhimento. Em sua composição estes materiais possuem cerca de 44% de celulose e 10% de amido, setores de base biológica são candidatos a usufruí-los, porém técnicas de colheita e máquinas que otimizem os procedimentos poderão ser dificuldades dos produtores e da indústria.

Em contraste ao exposto, Thorenz et al. (2018) indicaram que existem três potenciais para resíduo de biomassa a saber: o teórico, técnico e bioeconômico. O primeiro inclui todas partes da biomassa sem restrições, sem considerar as perdas da colheita e legislações. Na área técnica são calculadas as quantidades reais e legais. No bioeconômico a porcentagem resultante da área técnica pode ser empregada na indústria, mas se faz necessário verificar a concorrência entre aplicações. O diferencial de sua análise foi mensurar os detalhamentos industriais para resíduos da silvicultura, onde não é preciso o recolhimento diretamente nas áreas de produção. Só o beneficiamento de coníferas gera aproximados 14 milhões de

toneladas que estão disponíveis a processos de alto valor agregado como, por exemplo, fábricas de celulose.

Na região de Iowa, nos Estados Unidos, ocorre uma produção expressiva de bioetanol derivado do milho. Tyndall et al. (2011) pesquisaram um impasse entre a indústria, governo e produtores. As políticas energéticas do país estipularam algumas metas para a produção de biocombustíveis até 2022. Uma delas é chegar a 60,56 milhões de metros cúbicos da produção de etanol celulósico a partir de matérias-primas de biomassa (lignocelulósica). Os debates referentes ao potencial da palha do milho mostram que o valor energético do líquido é de quase 4 vezes o do etanol oriundo dos grãos do milho. O valor energético líquido é a diferença do conteúdo energético do etanol menos a energia não renovável consumida em todo o sistema de processamento. Essas informações estimularam uma diversidade de indústrias, porém a palha da cultura, assim como a de outras, é vital para evitar impactos agronômicos e manter a saúde do solo. Atualmente existe uma política de prevenção de erosão para commodities que regulamenta a permanência de uma pequena quantidade de 30% dos resíduos no solo. Em última análise, além da disponibilidade de palha e mercado, foram identificados a percepção dos produtores. Uma amostra com 1.500 produtores foi sorteada aleatoriamente respondendo à pergunta sobre preferência entre resultado agronômico e/ou ambiental, a maioria dos respondentes mostrou preferência por respostas ambientais.

O aproveitamento de resíduos é inclusivo a fruticultura como mostra os apontamentos de Khan et al., (2015), onde algumas tecnologias são selecionadas para processar os resíduos presentes em cerca de vinte e sete tipos de frutas da África do Sul que estão motivando o setor industrial. O processamento de frutas (conservas, sucos, vinificação e secagem) geram grandes quantidades de resíduos sólidos e líquidos. Aproximadamente 25% das maçãs processadas, 50% das frutas cítricas e 20% das uvas acabam como resíduos e possuem um alto teor de lignocelulose. Maximizar estes fluxos na direção da bioenergia se tornou uma aposta local devido ao crescimento microbiano dos processos e também a possibilidade de produção de enzimas. Fluxos de resíduos de frutas ricas em açúcar são ótimos meios para produzir bioetanol. Os grandes impasses para implementação das biorrefinarias nas localidades são a sazonalidade das frutas.

O conjunto de ferramentas e disciplinas destinadas a modificar os organismos a chamada **Biotecnologia Agrícola** é capaz de proporcionar muitos resultados eficientes perante ao uso dos recursos renováveis e, do mesmo modo, dividir muitas opiniões críticas (WIELD et al., 2013). Nas dimensões da bioeconomia aplicações na produção a campo

(espécies vegetais, pesticidas, vacinas) e em processos de agrocombustíveis (processamento de biomassa) estão impulsionando o crescimento econômico. O desenvolvimento desta temática será muito importante no crescimento sustentável da produtividade agrícola. A rápida absorção de biotecnologias dará oportunidade de “desacoplar” o crescimento agrícola da degradação ambiental (ROSEGRANT et al., 2013).

Os estudos de Rosegrant et al., (2013) exploraram como a bioeconomia está interligada no uso da água e como as restrições hídricas poderão influenciar seu crescimento. O impacto da expansão dos biocombustíveis é um exemplo citado pelos autores, que na última década teve a sua produção global expandida acentuadamente. Como resultado, uma quantidade crescente de recursos hídricos do mundo está sendo consumida para produzir colheitas e transformá-las em combustível para veículos motorizados. Este foi um avanço significativo frente aos recursos hídricos, visto que a necessidade de água para energia derivada da biomassa é cerca de 70 a 400 vezes maior do que outras fontes de energia, como combustíveis fósseis, eólicos e solares. Além de, a agricultura atualmente consome cerca de 70% das capturas de água doce em todo mundo. A necessidade de expandir a produção agrícola em um mundo com recursos finitos, especialmente água, leva rapidamente a um foco no aumento da produtividade dos grãos.

Desta forma, a biotecnologia em cultivares, e o manejo das águas formam uma área em potencial desenvolvimento, porque além da reprodução convencional, esta biociência pode aumentar a diversidade genética combinando melhoria de rendimentos por unidade de água em sistemas agrícolas aperfeiçoados. Estudos estão incluindo a melhoraria da produtividade e a eficiência no uso da água tanto das culturas irrigadas e de sequeiro. O avanço genético das ciências moleculares ajuda a explorar novas compreensões do estresse hídrico e da resposta das plantas, aumentando a eficiência da biomassa no uso da água. Possibilidades distinguíveis pelos marcadores de ADN (diferença entre dois organismos) (ROSEGRANT et al., 2013).

O autor esclarece que coexiste um paralelo nas aplicações de biotecnologia industrial, ao aumentar a resistência dos cultivos à seca os índices de produtividade poderão ser alterados. Consequentemente, as pesquisas identificando genes e relações hídricas só serão úteis se o tipo de tolerância é valioso também para produtividade agrícola caso não ocorra ajustes nos diferentes produtos agrícolas consumidos atualmente. Além da produção primária, a eficiência de processamento da biomassa é um fator crítico que determina a eventual viabilidade comercial dos biocombustíveis e bioprodutos celulósicos. Existem afazeres para projetar plantas que contenham genes de fácil degradação enzimática, etapa

onde estão os custos mais altos. Testes com micróbios para produção de enzimas farão a diferença na fabricação dos produtos, aumentando a produção por matérias requeridas (ROSEGRANT et al., 2013).

Sasson & Malpica (2018) relatam sobre as tendências perceptíveis também presentes nos países em desenvolvimento. Na América Latina a partir de 1996 a “eco-intensificação na agricultura” representou novas alianças agro negociais entre fornecedores de sementes transgênicas e agricultores, havendo ganhos com excedentes agrícolas e novas práticas de manejo julgadas como benéficas ao meio ambiente. Na visão dos autores o alcance dos objetivos em bioeconomia está relacionado com a adoção de culturas GM e no aprimoramento dos conhecimentos biológicos para práticas agroindustriais.

No Brasil, a interconexão das estratégias tem como exemplo o complexo açucareiro que aprimorou cultivares geneticamente modificadas localmente e capacitou-se em produção de açúcar cristalizado e, ao mesmo tempo, biocombustíveis. É preciso ainda aprimorar as pegadas ecológicas destas práticas, que dependem cada vez mais das inovações biológicas para que reduzam áreas de invasão agrícola em florestais e possuam baixas emissões de GEE. Particularmente as preocupações mundiais com o biorrefinamento ocorre nos EUA onde o etanol estimulou 8% do combustível do país para veículos, consumindo quase 40% de sua safra de milho, o que não ocorre nyo país latino. O bagaço da cana-de-açúcar brasileiro é fonte para “biorrefinarias” obtendo 8 unidades de energia para cada unidade que entra em produção, portanto, todo o processo é relativamente eficiente. Em contrapartida, o etanol produzido do amido de milho nos EUA resulta em 1.5 unidades de produção de energia por unidade de insumo, mas a ineficiência do processo é financiada por subsídios do governo com altos muros tarifários (por exemplo, contra importações de etanol brasileiro). Estas reflexões de biotecnologia industrial ligando tecnologias no campo a indústria contribuem para os entendimentos de bioeconomia (SASSON & MALPICA, 2018).

Os pesquisadores Wield et al., (2013) verificaram até que ponto a biotecnologia agrícola poderá ser um diferencial frente a outras transformações tecnológicas do século XXI. O seu contexto de inserção requer arranjos sociais e institucionais interdisciplinares de modo que as ideias sejam compartilhadas e combinadas. Disponibilizar inovações tal como novas sementes, carecem de regulamentações rigorosas e testes com longo período de duração. Os governos são fundamentais para acelerar este processo de mudança, a exemplo da “revolução verde” onde várias culturas híbridas foram adotadas e implicaram em diferentes respostas regionais de adoção. A bioeconomia inclui em suas análises as condições agroecológicas, os sistemas diversificados e mercados sensíveis a essa mudança, formalizando sua principal

estratégia em conhecimento e representada pela união de cientistas, indústrias, agricultores e financiadores. Embora as percepções climáticas e os requisitos globais de energia façam as inovações biotecnológicas terem um olhar específico para segurança energética, é preciso verificar primeiramente a insegurança alimentar dos sistemas.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou caracterizar a abordagem dos termos *bioeconomics* e *bioeconomy* numa perspectiva de contextualização no agronegócio baseado em um grupo de periódicos representativos publicados nos últimos dez anos. Assim, foi realizada uma análise sistemática para seleção, elegibilidade e filtragem por exclusão dos trabalhos publicados.

No processo de seleção dos artigos foi identificado que os assuntos ligados aos temas sobre bioeconomia, contemplam várias áreas do conhecimento (cunho interdisciplinar), além de possuir um massivo número de publicações. Entretanto, com base no critério de exclusão, onde a maior parte das pesquisas foram rejeitadas, identifica-se uma relação implícita das terminologias com o agronegócio, as práticas agrícolas abordadas não são correlacionadas com os agentes e estruturas da cadeia produtiva (indústrias de insumos, produtores e processadores).

Com base nos resultados quantitativos é possível ponderar que:

- A comunidade científica apresenta mais estudos voltados à discussão política enaltecendo a agricultura, assim como propostas para inovações biotecnológicas e o aproveitamento industrial de biomassas (*bioeconomy*);
- O termo *bioeconomy* obteve maior destaque nos últimos anos principalmente por países preocupados na elaboração de agendas estratégicas, os quais são detentores de inovações tecnológicas (insumos agrícolas);
- Com o emprego da palavra *bioeconomic* identifica-se uma forte relação com a modelagem matemática, envolvendo os aspectos biológicos e econômicos em avaliações integradas, o nível de incidência destes estudos manteve-se constante no período investigado.

Portanto, conclui-se que o termo *bioeconomy* está predominantemente ligado a políticas estratégicas e no desenvolvimento industrial. Por outro lado, o termo *bioeconomic* apresenta maior afinidade com a gestão econômica tentando, de certa forma, mensurar sistemas produtivos ligados ao agronegócio. Contudo, poucas publicações em ambas as bioeconomias mencionam de forma literal a palavra agronegócio e/ou utilizam seus conceitos. A amostra dos trabalhos analisados demonstra que o *agribusiness* não é objeto de

relação direta com a bioeconomia, em países reconhecidos pela capacidade de produção primária há uma avaliação mais descritiva dos elos que influenciam o sistema agrícola.

Pelo resultado da técnica multivariada de análise de correspondência múltipla é possível deduzir que não está claro para comunidade científica uma possível integração de *bioeconomy* e *bioeconomics*, visto que os estudos denotam um termo ou outro, não havendo resultados significativo abordando a união das palavras.

A análise qualitativa mostrou que o termo *bioeconomic*, apesar de aplicado por diversas ferramentas de simulação e com diversos parâmetros, tem como afinidade o objetivo de analisar sistemas voltados ao manejo de recursos naturais, não possuindo um caminho único de aplicações nos espaços agrícolas, pode-se entender que os problemas de pesquisa deste eixo observam as heterogeneidades caso a caso. Os modelos atendem uma diversificada gama de objetivos, estudando interações básicas (lineares) até as mais complexas (não-lineares), envolvendo sistemas socioeconômicos associados aos sistemas biológicos. Compreende-se que os artigos desta linha expressam claramente as interconexões científicas utilizadas, pois possuem fundamentos teóricos e metodológicos bem delineados na sua estrutura textual.

Como foi observado preliminarmente no referencial teórico da pesquisa a palavra *bioeconomic* surgiu antes da *bioeconomy*, tendo o significado de avaliar a dinâmica entre os princípios biofísicos, valores e virtudes da relação do homem e suas ações frente ao ambiente natural. Com a aplicação da estratégia de busca não foi observado nenhuma obra com características da termodinâmica, mudança qualitativa de sistemas, irreversibilidade e decrescimento econômico. Notavelmente, verificou-se que na maioria dos casos o emprego da palavra não está utilizando os pressupostos desenvolvidos por Georgescu-Roegen para o pensamento de “problema bioeconômico”.

Para o termo *bioeconomy* percebe-se que as pesquisas envolvendo essa abordagem visam discutir as potencialidades e dificuldades para transição da dependência fóssil. Logo, são recorrentes a esta investigação temáticas como P&D, regulamentações, inserção no mercado e infraestrutura. Essas requisições demandam altos investimentos financeiros e também aceitação social, portanto, muitos artigos estão concentrados em analisar as estratégias políticas que projetam a *bioeconomy* internacionalmente. Eles tratam assuntos que estão conectados à biociência mostrando a potencialidade das tecnologias para desenvolver novos produtos e arranjos produtivos, na grande maioria dos estudos os assuntos técnicos da transformação são transmitidos de maneira simples, a ênfase é para os princípios administrativos e organizacionais. Por ser um campo novo, aberto e em constante

modificação a amplitude dos assuntos inclusos é maior. Como uma discussão central estão as contraposições ambientais que atentam para a proteção de florestas, conservação da biodiversidade e a modernização de sistemas produtivos convencionais. Entre as discussões destes assuntos está o tema substituição de biomassa o qual tem uma propagação maior identificando possibilidades no aproveitamento de resíduos e outros bens agrícolas, problemas de governança no uso da terra e instabilidade na oferta de alimentos são contra-argumentos frequentes desta linha.

No que tange o envolvimento do agronegócio, entende-se que a abordagem *bioeconomic* está mais adjacente aos setores e atores relacionados com a produção primária (produtores rural, pesquisadores, extensionistas e consultores técnicos, pois trata de aplicações na cadeia produtiva com afinidades de cunho operacional. A relação com o termo *bioeconomy* é mais direcionada as instituições de pesquisa (privadas e/ou públicas), governos e agroindústrias. Porém, ambas abordagens possuem um grande campo de oportunidade para serem trabalhadas em conjunto no agronegócio, tendo em vista que uma perspectiva tem objetivo de mensurar (*bioeconomic*) e a outra de desenvolvimento (*bioeconomy*).

## REFERÊNCIAS

ABSP – AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY SUPPORT PROJECT. **Genetically Engineered (GE) crops: a rapidly expanding market.** 2004. Disponível em: [http://absp2.cornell.edu/resources/briefs/documents/warp\\_briefs\\_eng\\_scr.pdf](http://absp2.cornell.edu/resources/briefs/documents/warp_briefs_eng_scr.pdf). Acesso em: 10 jan. 2019.

ADAMOWICZ, Mieczyslaw *et al.* Bio-economy as a concept of development strategies in the European Union. **Journal of International Business Research and Marketing**, Croatia, v. 2, n. 4, p. 7-12, 2017.

ADDISCOTT, Tom M. *et al.* **Farming, fertilizers and the nitrate problem.** Wallingford: CAB International, 1991.

AJANOVIC, Amela. Biofuels versus food production: does biofuels production increase food prices? **Energy**, Amsterdam, v. 36, n. 4, p. 2070-2076, 2011.

ALMEIDA, Elizabeth; TAUHATA, Luiz. **Física nuclear.** Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981. 413 p.

ALMEIDA, Paulo Roberto de. A economia internacional no século XX: um ensaio de síntese. **Revista Brasileira de Política Internacional**, Brasília, DF, v. 44, n. 1, p. 112-136, 2001.

ALTMAN, Arie; HASEGAWA, Paul Michael. (ed.). **Plant biotechnology and agriculture: prospects for the 21st century.** London: Academic Press, 2011.

AMADO, T. J. *et al.* Projeto Aquarius-Cotrijal: pólo de agricultura de precisão. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 91, n. 1, p. 39-47, 2006.

ANCEV, T.; WHELAN, B.; MCBRATNEY, A. Evaluating the benefits from precision agriculture: the economics of meeting traceability requirements and environmental targets. **Precision Agriculture**, Dordrecht, v. 5, p. 985-992, 2005. Disponível em: <https://www.wageningenacademic.com/doi/abs/10.3920/978-90-8686-549-9#page=986>. Acesso em: 17 jun. 2018.

ANDRADE, Daniel Caixeta. **Modelagem e valoração de serviços ecossistêmicos: uma contribuição da economia ecológica.** 2010. 268 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

ANDRADE, Daniel Caixeta. Economia e meio ambiente: aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica. **Leituras de Economia Política**, Campinas, v. 14, p. 1-31, 2008.

ANDRADE, Daniel Caixeta; ROMEIRO, Ademar Ribeiro. Degradação ambiental e teoria econômica: algumas reflexões sobre uma “Economia dos Ecossistemas”. **Revista Economia**, Brasília, DF, v. 12, n. 1, p. 3-26, 2011.

ANSELMINI, A. A. **Adoção da agricultura de precisão no Rio Grande do Sul**. 2012. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

ANTLE, J. M. *et al.* Technological innovation, agricultural productivity, and environmental quality. *In*: CARLSON, Gerald A.; ZILBERMAN, David; MIRANOWSKI, John A. **Agricultural and environmental resource economics**. New York: Oxford University, 1993. p. 175-220.

AZEVEDO, João Lúcio de; FUNGARO, Maria Helena Pelegrinelli; VIEIRA, Maria Lúcia Carneiro. Transgênicos e evolução dirigida. **História, Ciências e Saúde-Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 451-464, 2000.

BANCO MUNDIAL. **World development report: relatório sobre o desenvolvimento mundial 1992: desenvolvimento e meio ambiente**. Washington: Oxford University Press; Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1992. 322 p.

BARONI, Margaret. Ambiguidades e deficiências do conceito de desenvolvimento sustentável. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 14-24, 1992.

BARROS, Fernanda Gene Nunes; AMIN, Mario Miguel. Os recursos naturais e o pensamento econômico. *In*: CONGRESSO DE SOCIOLOGIA RURAL, 44., 2006, Fortaleza. [Anais ...]. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. p. 1-253.

BARTON, Kenneth A. *et al.* Regeneration of intact tobacco plants containing full length copies of genetically engineered T-DNA, and transmission of T-DNA to R1 progeny. **Cell**, Cambridge, v. 32, n. 4, p. 1033-1043, 1983.

BASTOS, Mairon G. L. Toward multipurpose agriculture: food, fuels, flex crops, and prospects for a bioeconomy. **Global Environmental Politics**, Cambridge, v. 18, n. 2, p. 143-150, 2018.

BERGENDAHL, John A.; SARKIS, Joseph; TIMKO, Michael T. Transdisciplinarity and the food energy and water nexus: ecological modernization and supply chain sustainability perspectives. **Resources, Conservation and Recycling**, New York, v. 133, p. 309-319, 2018.

BEVERLY, Craig *et al.* Assessing the net benefits of achieving water quality targets using a bio-economic model. **Environmental Modelling & Software**, New York, v. 85, p. 229-245, 2016.

BHATTARAI, Gandhi *et al.* Assessment of economic and water quality impacts of land use change using a simple bioeconomic model. **Environmental Management**, New York, v. 42, n. 1, p. 122-131, 2008.

BIBER-FREUDENBERGER, Lisa *et al.* Sustainability performance of national bio-economies. **Sustainability**, Basel, v. 10, n. 8, [art.] 2705, 2018.

BIRNER, Regina. Bioeconomy concepts. *In*: LEWANDOWSKI, Iris. (ed.). **Bioeconomy**. Cham: Springer, 2018. p. 17-38.

BOMB, Christian *et al.* Biofuels for transport in Europe: lessons from Germany and the UK. **Energy Policy**, Surrey, v. 35, n. 4, p. 2256-2267, 2007.

BONAIUTI, Mauro. Introduction: Georgescu-Roegen, the man and scientist. *In*: BONAIUTI, Mauro. (ed.). **From bioeconomics to degrowth**. [S.l.]: Routledge, 2011. p. 14-61.

BÖR. **Bioeconomy Policy (Part II). Synopsis of national strategies around the world: a report from the German bioeconomy council**. Berlin, 2015. Disponível em: [https://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/Bioeconomy-Policy\\_Part-II.pdf](https://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/berichte/Bioeconomy-Policy_Part-II.pdf). Acesso em: 10 jan. 2019.

BÖR. **Positions and strategies of the german bioeconomy** – decided at the 8th session of the council. [Berlin], 2014. Disponível em: [https://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/Englisch/Strategy\\_paper.pdf](https://biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/Englisch/Strategy_paper.pdf). Acesso em: 10 jan. 2019.

BORGE, Laura; BRÖRING, Stefanie. Exploring effectiveness of technology transfer in interdisciplinary settings: the case of the bioeconomy. **Creativity and Innovation Management**, Oxford, v. 26, n. 3, p. 311-322, 2017.

BORGSTRÖM, Suvi. Reviewing natural resources law in the light of bioeconomy: finnish forest regulations as a case study. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 88, p. 11-23, 2018.

BROWN, Douglas R. A review of bio-economic models. *In*: **Cornell African Food Security and Natural Resource Management (CAFS NRM) Program**. Ithaca: Cornell University, 2000. 102 p.

BUD, Robert. Biotechnology in the twentieth century. **Social Studies of Science**, London, v. 21, n. 3, p. 415-457, 1991.

BUDZINSKI, Maik; BEZAMA, Alberto; THRÄN, Daniela. Monitoring the progress towards bioeconomy using multi-regional input-output analysis: the example of wood use in Germany. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 161, p. 1-11, 2017.

BUGGE, Markus; HANSEN, Teis; KLITKOU, Antje. What is the bioeconomy? A review of the literature. **Sustainability**, Basel, v. 8, n. 7, p. 691, 2016.

CARAUTA, Marcelo *et al.* Can preferential credit programs speed up the adoption of low-carbon agricultural systems in Mato Grosso, Brazil? Results from bioeconomic microsimulation. **Regional Environmental Change**, Berlin, v. 18, n. 1, p. 117-128, 2018.

CARRER, Helaine; BARBOSA, André Luiz; RAMIRO, Daniel Alves. Biotecnologia na agricultura. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 70, p. 149-164, 2010.

CARTON, Hugo; SINAI, Agnès. Bioeconomics: the vicissitudes of an upcoming concept. Paris, 2013. Disponível em: <https://www.institutmomentum.org/bioeconomics/>. Acesso em: 23 jan. 2018.

CASSMAN, Kenneth G. Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality, and precision agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, DC, v. 96, n. 11, p. 5952-5959, 1999.

CASTRO, Luz Maria *et al.* Integrated bio-economic models as tools to support land-use decision making: a review of potential and limitations. **Journal of Bioeconomics**, Dordrecht, v. 20, n. 2, p. 183-211, 2018.

CECHIN, Andrei Domingues. **Georgescu-Roegen e o desenvolvimento sustentável: diálogo ou anátema?** 2008. 208 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

ÇELIKKANAT OZAN, Didem; BARAN, Yusuf. Comparative development of knowledge-based bioeconomy in the European Union and Turkey. **Critical Reviews in Biotechnology**, Boca Raton, v. 34, n. 3, p. 269-280, 2014.

CHAVEZ, María Daniela; BERENTSEN, Paul BM; LANSINK, AGJM Oude. Analyzing diversification possibilities on specialized tobacco farms in Argentina using a bio-economic farm model. **Agricultural Systems**, Barking, v. 128, p. 35-43, 2014.

CHOPIN, Pierre *et al.* MOSAICA: a multi-scale bioeconomic model for the design and ex ante assessment of cropping system mosaics. **Agricultural Systems**, Barking, v. 140, p. 26-39, 2015.

CLARK, Colin W. **Mathematical bioeconomics: the optimal management resources.** Hoboken: John Wiley, 1976.

CLEVELAND, Cutler J. Natural resource scarcity and economic growth revisited: economic and biophysical perspectives. *In*: COSTANZA, Robert. (ed.). **Ecological economics: the science and management of sustainability.** New York: Columbia University Press, 1991. p. 289-317.

COMISSÃO EUROPEIA. **Bioeconomy europe 2020: a strategy for smart, sustainable and inclusive growth.** Brussels, 2010. Disponível em: <https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/index.cfm?pg=library#>. Acesso em: 10 jan. 2019.

COMISSÃO EUROPEIA. **En route to the knowledge-based bio-economy conference report.** [Brussels], 2007. Disponível em: [https://dechema.de/dechema\\_media/Downloads/Positionspapiere/Cologne\\_Paper-p-20000945.pdf](https://dechema.de/dechema_media/Downloads/Positionspapiere/Cologne_Paper-p-20000945.pdf). Acesso em: 10 jan. 2019.

COMISSÃO EUROPEIA. **New perspectives on the knowledge-based bio-economy: conference report.** Brussels, 2005. Disponível em: <https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/index.cfm?pg=library#>. Acesso em: 10 jan. 2019.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO - CMMAD. **Nosso futuro comum.** Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1988.

CONTINI, Elisio *et al.* Evolução recente e tendências do agronegócio. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, DF, v. 15, n. 1, p. 5-28, 2006.

CORTEZ, Luiz A. Barbosa; LORA, Eduardo S. Lora; GÓMEZ, Edgardo Olivares A. **Biomassa para energia**. São Paulo: UNICAMP, 2008.

DALENA, Francesco; BASILE, Angelo; ROSSI, Claudio (ed.). **Bioenergy systems for the future: prospects for biofuels and biohydrogen**. Duxford, UK: Woodhead Publishing, 2017.

DALY, Herman E. **Beyond growth: the economics of sustainable development**. Boston: Beacon Press, 1997.

DALY, Herman E. Crescimento sustentável? Não, obrigado. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 197-202, 2004.

DALY, Herman E. Economics in a full world. **Scientific American**, New York, v. 293, n. 3, p. 100-107, 2005.

DE BESI, Matteo; MCCORMICK, Kes. Towards a bioeconomy in Europe: national, regional and industrial strategies. **Sustainability**, Basel, v. 7, n. 8, p. 10461-10478, 2015.

DEININGER, Klaus. Global land investments in the bio-economy: evidence and policy implications. **Agricultural Economics**, Amsterdam, v. 44, n. s1, p. 115-127, 2013.

DENTONI, Domenico; HOSPES, Otto; ROSS, R. Brent. Managing wicked problems in agribusiness: the role of multi-stakeholder engagements in value creation. **International Food and Agribusiness Management Review**, Stamford, v. 15, p. 1-12, 2012. Número Especial B.

DESMOND N. G.; SIEBERT, J. W. Toward better defining the field of agribusiness management. **International Food and Agribusiness Management Review**, Stamford, v. 12, n. 4, p. 123-142, 2009.

DIAS, Giovanna; CARNEIRO, Paula. **Contexto histórico e inovações em biotecnologia agrícola**. 2015. Disponível em: <http://www.celer.com.br/inovacoes-em-biotecnologia-agricola/>. Acesso em: 10 dez. 2018.

DJANIBEKOV, Nodir; SOMMER, Rolf; DJANIBEKOV, Utkur. Evaluation of effects of cotton policy changes on land and water use in Uzbekistan: application of a bio-economic farm model at the level of a water users association. **Agricultural Systems**, Barking, v. 118, p. 1-13, 2013.

EGBENDEWE-MONDZOZO, Aklesso *et al.* Bioenergy supply and environmental impacts on cropland: insights from multi-market forecasts in a Great Lakes subregional bioeconomic model. **Applied Economic Perspectives and Policy**, Oxford, v. 37, n. 4, p. 602-618, 2015.



EGBENDEWE-MONDZOZO, Aklesso *et al.* Biomass supply from alternative cellulosic crops and crop residues: a spatially explicit bioeconomic modeling approach. **Biomass and Bioenergy**, New York, v. 35, n. 11, p. 4636-4647, 2011.

EGEA, Francisco J.; TORRENTE, Roberto G.; AGUILAR, Alfredo. An efficient agro-industrial complex in Almería (Spain): towards an integrated and sustainable bioeconomy model. **New Biotechnology**, Amsterdam, v. 40, p. 103-112, 2018.

EL-CHICHAKLI, Beate *et al.* Policy: five cornerstones of a global bioeconomy. **Nature News**, v. 535, n. 7611, p. 221, 2016.

ENRIQUEZ, Juan. Genomics and the world's economy. **Science**, Washington, DC, v. 281, n. 5379, p. 925-926, 1998.

ENRÍQUEZ, Maria Amélia. Economia dos recursos naturais. *In*: MAY, P. H. **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p. 49-78.

ESCOBAR, José C. *et al.* Biofuels: environment, technology and food security. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, New York, v. 13, n. 6/7, p. 1275-1287, 2009.

FALEIRO, F. G; ANDRADE, S. R. M; REIS JUNIOR, F. B. **Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011.

FARIA, Douglas *et al.* Cenários e perspectivas das principais culturas do Rio Grande do Sul em processos de biorrefinaria. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 291-306, 2016.

FLICHMAN, Guillermo; JACQUET, Florence. Le couplage des modèles agronomiques et économiques: intérêt pour l'analyse des politiques. **Cahiers d'Economie et de Sociologie Rurales**, [Paris], v. 67, p. 51-69, 2002.

FLICHMAN, Guillermo; LOUHICHI, K.; BOISSON, Jean-Marie. Modelling the relationship between agriculture and the environment using bio-economic models: some conceptual issues. *In*: FLICHMAN, Guillermo (ed.). **Bio-economic models applied to agricultural systems**. Dordrecht: Springer, 2011. p. 3-14.

GALEMBECK, Fernando *et al.* Aproveitamento sustentável de biomassa e de recursos naturais na inovação química. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 571-581, 2009.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **O decrescimento: entropia, ecologia e economia**. São Paulo: Editora Senac, 2012. 258 p.

GIAMPIETRO, Mario; PIMENTEL, David. The tightening conflict: population, energy use, and the ecology of agriculture. **Negative Population Growth Forum Series**, Washington, DC, p. 1-8, Oct. 1993.

GLITHERO, N. J.; RAMSDEN, S. J.; WILSON, P. Farm systems assessment of bioenergy feedstock production: integrating bio-economic models and life cycle analysis approaches. **Agricultural Systems**, Barking, v. 109, p. 53-64, 2012.

GOODMAN, Richard E. *et al.* Allergenicity assessment of genetically modified crops - what makes sense? **Nature Biotechnology**, New York, v. 26, n. 1, p. 73, 2008.

GORDON, H. Scott. The economic theory of a common-property resource: the fishery. *In: GOPALAKRISHNAN, Chennat (ed.). Classic papers in natural resource economics.* London: Palgrave Macmillan, 1954. p. 178-203.

GOWDY, John M. Bioeconomics and post Keynesian economics: a search for common ground. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 3, n. 1, p. 77-87, 1991.

GRAFF, Gregory D.; BERKLUND, Annabelle; RENNELS, Kathay. **The emergence of an innovation cluster in the agricultural value chain along Colorado's front range.** Fort Collins, CO: Colorado State University, 2014.

GRUNWALD, Armin. Diverging pathways to overcoming the environmental crisis: a critique of eco-modernism from a technology assessment perspective. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 197, p. 1854-1862, 2018.

GULATI, H. S.; MURTY, V. V. N. A model for optimal allocation of canal water based on crop production functions. **Agricultural Water Management**, New York, v. 2, n. 1, p. 79-91, 1979.

GUPTA, Vijai Kumar; TUOHY, Maria G. (ed.). **Biofuel technologies: recent developments.** Berlin: Springer, 2013.

HAMPF, Anna C. *et al.* The biophysical and socio-economic dimension of yield gaps in the southern Amazon—A bio-economic modelling approach. **Agricultural Systems**, Barking, v. 165, p. 1-13, 2018.

HARARI, Yuval Noah. **Sapiens: a brief history of humankind.** London: Random House, 2014.

HÄRTL, Fabian; HAHN, Andreas; KNOKE, Thomas. Risk-sensitive planning support for forest enterprises: the YAFO model. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 94, p. 58-70, 2013.

HATFIELD-DODDS, Steve *et al.* Assessing global resource use and greenhouse emissions to 2050, with ambitious resource efficiency and climate mitigation policies. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 144, p. 403-414, 2017.

HERTEL, Thomas; STEINBUKS, Jevgenijs; BALDOS, Uris. Competition for land in the global bioeconomy. **Agricultural Economics**, Amsterdam, v. 44, n. s1, p. 129-138, 2013.

HILDEBRANDT, Patrick; KNOKE, Thomas. Optimizing the shares of native tree species in forest plantations with biased financial parameters. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 68, n. 11, p. 2825-2833, 2009.

HUBERMAN, L. **História da riqueza do homem.** Rio de Janeiro: Zahar, 1971. 339 p.

JANSSEN, Sander *et al.* A generic bio-economic farm model for environmental and economic assessment of agricultural systems. **Environmental Management**, New York, v. 46, n. 6, p. 862-877, 2010.

JANSSEN, Sander; VAN ITTERSUM, Martin K. Assessing farm innovations and responses to policies: a review of bio-economic farm models. **Agricultural Systems**, Barking, v. 94, n. 3, p. 622-636, 2007.

JEBLI, Mehdi Ben; YOUSSEF, Slim Ben. The role of renewable energy and agriculture in reducing CO2 emissions: evidence for North Africa countries. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 74, p. 295-301, 2017.

JUERGES, Nataly; HANSJÜRGENS, Bernd. Soil governance in the transition towards a sustainable bioeconomy—a review. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 170, p. 1628-1639, 2018.

KHAN, Nuraan *et al.* Fruit waste streams in South Africa and their potential role in developing a bio-economy. **South African Journal of Science**, Pretória, v. 111, n. 5/6, p. 1-11, 2015.

KING, Robert P. *et al.* Bioeconomic models of crop production systems: design, development, and use. **Review of Agricultural Economics**, New York, v. 15, n. 2, p. 389-401, 1993.

KIRCHER, Manfred. The emerging bioeconomy: industrial drivers, global impact, and international strategies. **Industrial Biotechnology**, New Rochelle, v. 10, n. 1, p. 11-18, 2014.

KLEINSCHMIT, Daniela *et al.* Shades of green: a social scientific view on bioeconomy in the forest sector. **Scandinavian Journal of Forest Research**, Abingdon, v. 29, n. 4, p. 402-410, 2014.

KRÖGER, Markus; RAITIO, Kaisa. Finnish forest policy in the era of bioeconomy: a pathway to sustainability? **Forest policy and Economics**, Amsterdam, v. 77, p. 6-15, 2017.

KRUSEMAN, Gideon. **Bio-economic household modelling for agricultural intensification**. 2000. 283 f. Thesis (Doctoral) – Wageningen University, Wageningen, 2000.

KUEHNE, Geoff *et al.* Engaging project proponents in R&D evaluation using bio-economic and socio-economic tools. **Agricultural Systems**, Barking, v. 108, p. 94-103, 2012.

KUZNETS, Simon. **Teoria do crescimento econômico moderno: taxa, estrutura e difusão**. Rio de Janeiro: Zahar, 1974.

LAINEZ, Manuel *et al.* Spanish strategy on bioeconomy: towards a knowledge based sustainable innovation. **New Biotechnology**, Amsterdam, v. 40, p. 87-95, 2018.

LANGEVELD, J. W. A.; DIXON, J.; JAWORSKI, J. F. Development perspectives of the biobased economy: a review. **Crop Science**, Madison, v. 50, p. S-142-S-151, 2010. Supl.1.

LEHMANN, Niklaus; FINGER, Robert. Economic and environmental assessment of irrigation water policies: a bioeconomic simulation study. **Environmental Modelling & Software**, New York, v. 51, p. 112-122, 2014.

LEIS, Héctor Ricardo. Sobre o conceito de interdisciplinaridade. **Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas**, Florianópolis, v. 6, n. 73, p. 2-23, 2005.

LEVERS, L. R.; SCHWABE, K. A. Biofuel as an integrated farm drainage management crop: a bioeconomic analysis. **Water Resources Research**, Washington, DC, v. 53, n. 4, p. 2940-2955, 2017.

LEVIDOW, Les; BIRCH, Kean; PAPAIOANNOU, Theo. EU agri-innovation policy: two contending visions of the bio-economy. **Critical Policy Studies**, Birmingham, v. 6, n. 1, p. 40-65, 2012.

LEWANDOWSKI, Iris *et al.* Progress on optimizing miscanthus biomass production for the European bioeconomy: results of the EU FP7 project OPTIMISC. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 7, p. 1620, 2016a.

LEWANDOWSKI, I. The role of perennial biomass crops in a growing bioeconomy. *In*: BARTH, S. *et al.* (ed.). **Perennial biomass crops for a resource-constrained world**. Cham: Springer, 2016b. p. 3-13.

LEWANDOWSKI, Iris. Securing a sustainable biomass supply in a growing bioeconomy. **Global Food Security**, Amsterdam, v. 6, p. 34-42, 2015.

LOMBORG, B. **O ambientalista cético**. São Paulo: Campus, 2001 506 p.

LOUHICHI, Kamel; FLICHMAN, Guillermo; BOISSON, Jean Marie. Bio-economic modelling of soil erosion externalities and policy options: a Tunisian case study. **Journal of Bioeconomics**, Dordrecht, v. 12, n. 2, p. 145-167, 2010.

MACIEJCZAK, Mariusz. How to analyze bioeconomy? **Roczniki Naukowe: Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu**, Rzeszów, v. 17, n. 6, p. 165-171, 2015.

MACLEOD, Neil *et al.* Application of bio-economic simulation models for addressing sustainable land management issues for northern Australia. *In*: INTERNATIONAL CONGRESS ON MODELLING AND SIMULATION, 19., 2011, Perth, Australia. [**Proceedings ...**]. Canberra: Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, 2011. v.19, p. 801-807.

MAŁYSKA, Aleksandra; JACOBI, Jan. Plant breeding as the cornerstone of a sustainable bioeconomy. **New Biotechnology**, Amsterdam, v. 40, p. 129-132, 2018.

MATHEWS, John A. From the petroeconomy to the bioeconomy: integrating bioenergy production with agricultural demands. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining: innovation for a sustainable economy**, Chichester, v. 3, n. 6, p. 613-632, 2009.

MAYUMI, Kozo. **The origins of ecological economics: the bioeconomics of Georgescu-Roegen**. London: Routledge, 2002.

MCCONNELL, Kenneth E.; SUTINEN, Jon G. Bioeconomic models of marine recreational fishing. **Journal of Environmental Economics and Management**, New York, v. 6, n. 2, p. 127-139, 1979.

MCKELVEY, Maureen D.; RICKNE, Annika; LAAGE-HELLMAN, Jens (ed.). **The economic dynamics of modern biotechnology**. Cheltenham: Edward Elgar, 2004.

MENDOZA, Ciro Alfonso Serna; MORA, Asleth Rafael Ortega; GIRALDO, Diana Sofia Serna. Aspectos de la bioeconomía. *In*: CZERNY, Mirosława; MENDOZA, Ciro Alfonso Serna (ed.). **Globalización y desarrollo sostenible**. Warszawa: Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, 2018. cap. 6, p. 83-92.

MIERNYK, William H. Economic growth theory and the Georgescu-Roegen paradigm. *In*: GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas; MAYUMI, Kozo; GOWDY, John M. (ed.). **Bioeconomics and sustainability: essays in honor of Nicholas Georgescu-Reogen**. Cheltenham: Edward Elgar, 1999. p. 69-81.

MOHAMMADIAN, Mansour. Towards a new paradigm: from resource economics to bioeconomics. **Journal of Interdisciplinary Economics**, [New Delhi], v. 10, n. 4, p. 415-425, 1999.

MOHER, D. *et al.* Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **BMJ News**, London, v. 339, p. b2535, 2009.

MOSNIER, Claire *et al.* Orfee: a bio-economic model to simulate integrated and intensive management of mixed crop-livestock farms and their greenhouse gas emissions. **Agricultural Systems**, Barking, v. 157, p. 202-215, 2017.

MOUYSSSET, Lauriane. Reconciling agriculture and biodiversity in European public policies: a bio-economic perspective. **Regional Environmental Change**, Berlin, v. 17, n. 5, p. 1421-1428, 2017.

MUELLER, Charles C. Economia e meio ambiente na perspectiva do mundo industrializado: uma avaliação da economia ambiental neoclássica. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 261-304, 1996.

NEDUMARAN, S. *et al.* Bioeconomic modeling of farm household decisions for ex-ante impact assessment of integrated watershed development programs in semi-arid India. **Environment, Development and Sustainability**, Dordrecht, v. 16, n. 2, p. 257-286, 2014.

NEILL, Thomas P. The physiocrats' concept of economics. **The Quarterly Journal of Economics**, Cambridge, v. 63, n. 4, p. 532-553, 1949.

NOVIKOFF, Cristina; CAVALCANTI, Marcus Alexandre de Pádua. Redes de saberes: pensamento interdisciplinar. **Revista de Pesquisa Interdisciplinar**, Cajazeiras, v. 2, n. 1, p. 57-69, 2017.

O'BRIEN, Meghan *et al.* Toward a systemic monitoring of the European bioeconomy: gaps, needs and the integration of sustainability indicators and targets for global land use. **Land Use Policy**, Guildford, v. 66, p. 162-171, 2017.

O'BRIEN, Meghan; SCHÜTZ, Helmut; BRINGEZU, Stefan. The land footprint of the EU bioeconomy: monitoring tools, gaps and needs. **Land Use Policy**, Guildford, v. 47, p. 235-246, 2015.

OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **The bioeconomy to 2030: designing a policy agenda**. Paris, 2009. Disponível em: <https://www.oecd.org/futures/longtermtechnologicalsocietalchallenges/thebioeconomyto2030designingapolicyagenda.htm>. Acesso em: 10 jan. 2019.

OLIVEIRA, Leandro Dias de. Os “limites do crescimento” 40 anos depois. **Revista Continentes**, Seropédica, n. 1, p. 72-96, 2012.

PATERMANN, Christian; AGUILAR, Alfredo. The origins of the bioeconomy in the European Union. **New Biotechnology**, Amsterdam, v. 40, p. 20-24, 2018.

PFAU, Swinda *et al.* Visions of sustainability in bioeconomy research. **Sustainability**, Basel, v. 6, n. 3, p. 1222-1249, 2014.

POPPER, Karl. **Conjectures and refutations: the growth of scientific knowledge**. London: Routledge, 2014.

PRIEFER, Carmen; JÖRISSEN, Juliane; FRÖR, Oliver. Pathways to shape the bioeconomy. **Resources**, Basel, v. 6, n. 1, p. 10, 2017.

PÜLZL, Helga; KLEINSCHMIT, Daniela; ARTS, Bas. Bioeconomy—an emerging meta-discourse affecting forest discourses? **Scandinavian Journal of Forest Research**, Abingdon, v. 29, n. 4, p. 386-393, 2014.

RABBINGE, R.; VAN ITTERSUM, M. K. Tension between aggregation levels. *In: FRESCO, Louise et al. (ed.). The future of the land: mobilizing and integrating knowledge for land use options*. Chichester: John Wiley, 1994. p. 31-40.

RANDALL, A. **Resource economics: an economic approach to natural resource and environmental policy**. 2nd ed. New York: John Wiley, 1987. 434 p.

ROBERT, Marion; THOMAS, Alban; BERGEZ, Jacques-Eric. Processes of adaptation in farm decision-making models. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, Les Ulis, v. 36, n. 4, p. 64, 2016.

ROCHA, J. M. **A Ciência econômica diante da problemática ambiental**. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul. Instituto de Pesquisas Econômicas e Sociais, 2004.

ROGERS, Jonathan N. *et al.* An assessment of the potential products and economic and environmental impacts resulting from a billion ton bioeconomy. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining: innovation for a sustainable economy**, Chichester, v. 11, n. 1, p. 110-128, 2017.

ROMAN, Carla Rose. A ciência econômica e o meio ambiente: uma discussão sobre crescimento e preservação ambiental. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v. 4, n. 7/8, p. 99-109, 1996.

ROMEIRO, A. R. Economia ou economia política da sustentabilidade. *In*: MAY, P.H.; LUSTOSA, C.; VINHA, V. (org.). **Economia do meio ambiente**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p. 3-31.

ROMEIRO, Ademar R. Desenvolvimento sustentável e mudança institucional: notas preliminares. **Instituto de Economia—Textos para Discussão**, Campinas, v. 68, p. 1-26, abr. 1999.

RONZON, Tévécia; M'BAREK, Robert. Socioeconomic indicators to monitor the EU's bioeconomy in transition. **Sustainability**, Basel, v. 10, n. 6, p. 1745, 2018.

RONZON, Tévécia; PIOTROWSKI, Stephan. Are primary agricultural residues promising feedstock for the European bioeconomy? **Industrial Biotechnology**, New Rochelle, v. 13, n. 3, p. 113-127, 2017.

ROSEGRANT, Mark W. *et al.* Water and food in the bioeconomy: challenges and opportunities for development. **Agricultural Economics**, Amsterdam, v. 44, n. s1, p. 139-150, 2013.

ROTZ, C. Alan *et al.* DAFOSYM: A dairy forage system model for evaluating alternatives in forage conservation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 72, n. 11, p. 3050-3063, 1989.

RUBEN, Ruerd; MOLL, Henk; KUYVENHOVEN, Arie. Integrating agricultural research and policy analysis: analytical framework and policy applications for bio-economic modelling. **Agricultural Systems**, Barking, v. 58, n. 3, p. 331-349, 1998.

SADER, Emir. **Século XX: uma biografia não autorizada: o século do imperialismo**. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2000.

SAES, Beatriz Macchione; ROMEIRO, Ademar Ribeiro. O debate metodológico na economia ecológica: indefinição ou pluralismo? **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 28, n. 1, p.127-153, 2018.

SAMBUICHI, Regina Helena Rosa *et al.* **A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2012. (Texto para Discussão, 1782).

SANTOS, Luan, SANTOS, Thauan, CARVALHO, José Luis Felício. Meio ambiente e ecologia na história do pensamento econômico: contribuições para o campo da gestão

ambiental. *In*: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 7., 2010, Resende, RJ. [Anais ...]. Resende, RJ: Associação Educacional Dom Bosco, 2010. 15 p.

SASSON, Albert; MALPICA, Carlos. Bioeconomy in Latin America. **New Biotechnology**, Amsterdam, v. 40, p. 40-45, 2018.

SCHAEFER, Milner B. Some considerations of population dynamics and economics in relation to the management of the commercial marine fisheries. **Journal of the Fisheries Board of Canada**, Ottawa, v. 14, n. 5, p. 669-681, 1957.

SCHULER, Johannes; SATTler, Claudia. The estimation of agricultural policy effects on soil erosion -an application for the bio-economic model MODAM. **Land Use Policy**, Guilford, v. 27, n. 1, p. 61-69, 2010.

SHERPA, Knawang Chhunyi *et al.* Sugarcane: a potential agricultural crop for bioeconomy through biorefinery. *In*: KUILA, Arindam; SHARMA, Vinay. (ed.). **Lignocellulosic biomass production and industrial applications**. New York: John Wiley, 2017. p. 171-196.

SIKKEMA, Richard *et al.* How can the ambitious goals for the EU's future bioeconomy be supported by sustainable and efficient wood sourcing practices? **Scandinavian Journal of Forest Research**, Abingdon, v. 32, n. 7, p. 551-558, 2017.

SILVA, Fabio César da; BERGAMASCO, Alessandra Fabiola. Levantamento de modelos matemáticos descritos para a cultura da cana-de-açúcar. **Revista Biociências**, Taubaté, v.7, n.1, p.7-14, jan./jun. 2001.

SILVEIRA, José Maria Ferreira Jardim da; BORGES, Izaias de Carvalho; BUAINAIN, Antonio Márcio. Biotecnologia e agricultura: da ciência e tecnologia aos impactos da inovação. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 101-114, 2005.

SIMS, Ralph E. H. *et al.* Energy crops: current status and future prospects. **Global Change Biology**, Oxford, v. 12, n. 11, p. 2054-2076, 2006.

SMITH, Pete. Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies. **Global Change Biology**, Oxford, v. 22, n. 3, p. 1315-1324, 2016.

SMOLKER, Rachel. The new bioeconomy and the future of agriculture. **Development**, Washington, DC, v. 51, n. 4, p. 519-526, 2008.

SOLOW, Robert. An almost practical step toward sustainability. *In*: SOLOW, Robert. **An almost practical step toward sustainability**. Washington, DC: RFF Press, 2014. p. 11-28.

STAFFAS, Louise; GUSTAVSSON, Mathias; MCCORMICK, Kes. Strategies and policies for the bioeconomy and bio-based economy: an analysis of official national approaches. **Sustainability**, Basel, v. 5, n. 6, p. 2751-2769, 2013.

TANURE, Soraya; NABINGER, Carlos; BECKER, João Luiz. Bioeconomic model of decision support system for farm management. Part I: Systemic conceptual modeling. **Agricultural Systems**, Barking, v. 115, p. 104-116, 2013.



TEN BERGE, H. F. M. *et al.* Farming options for the netherlands explored by multi-objective modelling. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 13, n. 2/3, p. 263-277, 2000.

THE WHITE HOUSE. **National bioeconomy blueprint**. Washington, 2012. Disponível em: [https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/national\\_bioeconomy\\_blueprint\\_april\\_2012.pdf](https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/national_bioeconomy_blueprint_april_2012.pdf). Acesso em: 10 jan. 2019.

THORENZ, Andrea *et al.* Assessment of agroforestry residue potentials for the bioeconomy in the European Union. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 176, p. 348-359, 2018.

TORRES, Adriana Cazalgrandi *et al.* Transição de sistemas tecnológicos: o desafio da inclusão das matérias-primas renováveis na indústria química brasileira. *In: CONGRESSO LATINO-IBEROAMERICANO DE GESTÃO DA TECNOLOGIA*, 16., 2015, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: ALTEC, 2015.

TOUZA, Julia; TERMANSEN, Mette; PERRINGS, Charles. A bioeconomic approach to the Faustmann–Hartman model: ecological interactions in managed forest. **Natural Resource Modeling**, Tempe, v. 21, n. 4, p. 551-581, 2008.

TULLOCK, Gordon. Some personal reflections on the history of bioeconomics. **Journal of Bioeconomics**, Dordrecht, v. 1, n. 1, p. 13-18, 1999.

TYNDALL, John C.; BERG, Emily J.; COLLETTI, Joe P. Corn stover as a biofuel feedstock in Iowa's bio-economy: an Iowa farmer survey. **Biomass and Bioenergy**, New York, v. 35, n. 4, p. 1485-1495, 2011.

ULHOA, Said Azevedo. Produção de biocombustíveis: um panorama sobre o discurso ambiental e econômico. **Acervo da Iniciação Científica**, Belo Horizonte, n. 2, 2014.

UPADHYAY, Thakur Prasad *et al.* Land-use changes, forest/soil conditions and carbon sequestration dynamics: a bio-economic model at watershed level in Nepal. **Journal of Bioeconomics**, Dordrecht, v. 15, n. 2, p. 135-170, 2013.

UZOH, Ifeyinwa Monica; BABALOLA, Olubukola Oluranti. Rhizosphere biodiversity as a premise for application in bio-economy. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 265, p. 524-534, 2018.

VAN DEN BERGH, Jeroen C. J. M.; NIJKAMP, Peter. **Advances in environmental economics**: analysis and modelling. Amsterdam: Tinbergen Institute, 1998.

VAN DER WEIJDE, Tim *et al.* Evaluation of *Miscanthus sinensis* biomass quality as feedstock for conversion into different bioenergy products. **GCB Bioenergy**, Oxford, v. 9, n. 1, p. 176-190, 2017.

VANLOQUEREN, Gaëtan; BARET, Philippe V. How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. **Research Policy**, Amsterdam, v. 38, n. 6, p. 971-983, 2009.

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro; FISHLOW, Albert. **Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade**. Brasília, DF: IPEA, 2017.

VIVIEN, Franck-Dominique. Sustainable development: an overview of economic proposals. **Sapiens: Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society**, Paris, v. 1, n. 2, p. 1-8, 2008.

VON BRAUN, J. Bioeconomy and sustainable development – dimensions. **Rural 21**, Frankfurt, 8 Sept. 2014. Disponível em: <https://www.rural21.com/english/news/detail/article/bioeconomy-and-sustainable-development-dimensions-00001225/>. Acesso em: 10 jan. 2019.

WEAVER, Paul *et al.* **Sustainable technology development**. [S.l.]: Routledge, 2017.

WESSELER, Justus; VON BRAUN, Joachim. Measuring the bioeconomy: economics and policies. **Annual Review of Resource Economics**, Palo Alto, v. 9, p. 275-298, 2017.

WIELD, David *et al.* Twenty-first century bioeconomy: global challenges of biological knowledge for health and agriculture. **Science and Public Policy**, Guildford, v. 40, n. 1, p. 17-24, 2013.

WILEN, James E. Bioeconomics of renewable resource use. *In*: KNEESE, Allen V.; SWEENEY, James L. (ed.). **Handbook of natural resource and energy economics**. Amsterdam: Elsevier, 1985. v.1, cap. 2, p. 61-124.

WISE, Russell M.; CACHO, Oscar J. A bioeconomic analysis of the potential of Indonesian agroforests as carbon sinks. **Environmental Science & Policy**, New York, v. 14, n. 4, p. 451-461, 2011.

WÜNSCH, Nicéia. **A educação interdisciplinar para o agronegócio**. 2014. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

ZILBERMAN, David *et al.* Economics of sustainable development and the bioeconomy. **Applied Economic Perspectives and Policy**, Oxford, v. 40, n. 1, p. 22-37, 2018.

ZILBERMAN, David *et al.* Technology and the future bioeconomy. **Agricultural Economics**, Amsterdam, v. 44, n. s1, p. 95-102, 2013.



## APÊNDICE

Artigos excluídos da análise com justificativa			
Nº	Título	Autores	Justificativa
1	ANÁLISE BIOECONÔMICA DO SEQÜESTRO FLORESTAL DE CARBONO E DA DÍVIDA ECOLÓGICA: UMA APLICAÇÃO AO CASO DO RIO GRANDE DO SUL	Giacomelli Sobrinho, Valny, Schneider, Paulo Renato	Não contextualizou elementos do agronegócio
2	FSSIM, a bio-economic farm model for simulating the response of EU farming systems to agricultural and environmental policies	Louhichi K., Kanellopoulos A., Janssen S., Flichman G., Blanco M., Hengsdijk H., Heckelei T., Berentsen P., Lansink A.O., Ittersum M.V.	Os recursos naturais considerados não se enquadram no escopo da pesquisa. Foram considerados como avaliação biofísica o valor de hectares utilizadas para práticas agrícolas
3	The bioeconomy, the challenge of the century for policy makers	Philp, J	A abordagem sobre recursos naturais e agronegócios é insatisfatória
4	Productivity developments in European agriculture: Relations to and opportunities for biomass production	Marc de Wit, Marc Londo, André Faaij	A análise ignora os recursos naturais primordiais para produção agrícola.
5	Possible Futures towards a Wood-Based Bioeconomy: A Scenario Analysis for Germany	Hagemann, N; Gawel, E; Purkus, A; Pannicke, N; Hauck, J	A pouca êfase aos recursos naturais produtivos para fortalecimento da indústria da madeira
6	Enabling a sustainable and prosperous future through science and innovation in the bioeconomy at Agriculture and Agri-Food Canada	Sarkar S.F., Poon J.S., Lepage E., Bilecki L., Girard B.	A preocupação central do artigo é inovação não deixou claro a preocupação com os recursos naturais
7	From commodity-based value chains to biomass-based value webs: The case of sugarcane in Brazil's bioeconomy	Scheiterle L., Ulmer A., Birner R., Pyka A.	A prioridade do artigo é mostrar como ocorre a rede de cooperação mas os recursos naturais não são o foco principal da análise
8	Genetic fingerprint-innovative method for animal products traceability in the context of bio-economy	Iudith, I; Bogdan, A; Janos, S; Strateanu, A; Enache, ML; Sandu, M; Strasser, H; Toba, GF	A rastreabilidade no contexto apresentado não esta relacionada com a pergunta de revisão
9	European Union needs agro-bioeconomy	Twardowski T., Aguilar A., Puigdomenech P., Linkiewicz A., Sowa S., Zimny T.	A sustentabilidade para o autor esta relacionada as modificações genômicas, mas ele não relata seu potencial quanto ou uso do recursos produtivos (solo, água, nutrientes).
10	BIOECONOMY AS A COMPLEX ADAPTIVE SYSTEM	Maciejczak, M	Aborda a teoria de sistemas sem mencionar os setores agrários
11	Bio-economic modeling of wine grape protection strategies for environmental policy assessment	Lescot, JM; Rouire, M; Raynal, M; Rousset, S	Aborda uma modelagem bioeconomia para redução de pesticidas sem considerar se prática é prejudicial aos recursos naturais da viticultura. Enfoque Economico Financeiro
12	BIO-ECONOMY SECTOR IN POLAND AND ITS IMPORTANCE IN THE ECONOMY	Wicki, L; Wicka, A	Apenas apresenta os dados produtivos da bioeconomia na Polônia, não respondendo a pergunta de pesquisa
13	The global bio-economy	Swinnen J., Riera O.	Apenas é apresentada uma agenda de ações para bioeconomia
14	Rural development opportunities in the bioeconomy	Johnson, TG; Altman, I	Apenas relata que o desenvolvimento rural será fortalecido pela bioeconomia sem enaltecer quais atividades do agronegócio, bem como os recursos envolvidos
15	Sailing into Uncharted Waters: Plotting a Course for EU Bio-Based Sectors	George Philippidis, Heleen Bartelings, Edward Smeets	Apresentação de dados do setor sem foco nos recursos naturais
16	Bioeconomy – The global trend and its implications for sustainability and food security	von Braun J.	Artigo do tipo comentário técnico sem aprofundamento na questão de pesquisa
17	Cross-fertilisation of ideas for a more sustainable fertiliser market: The need to incubate business concepts for harnessing organic residues and fertilisers on biotechnological conversion platforms in a circular bioeconomy	Hildebrandt, J; Bezama, A	Artigo do tipo comentário técnico sem aprofundamento na questão de pesquisa
18	Bioeconomy - The global trend and its implications for sustainability and food security	von Braun, J	Artigo do tipo comentário técnico sem aprofundamento na questão de pesquisa
19	Bioeconomic modelling in aquaculture: an overview of the literature	Llorente, I; Luna, L	As áreas revisadas no artigo não tinham como foco principal os recursos naturais
20	Bioeconomic Model of Decision Support System for Farm Management: Proposal of a Mathematical Model	Tanure S., Nabinger C., Becker J.L.	As implicações levantadas estão referindo-se ao que pode-se industrializar de biomassa, não considerando o papel do agronegócio superficialmente neste ciclo

21	Agricultural and forest biomass for food, materials and energy: bio-economy as the cornerstone to cleaner production and more sustainable consumption patterns for accelerating the transition towards equitable, sustainable, post fossil-carbon societies	Ingrao, C; Bacenetti, J; Bezama, A; Blok, V; Geldermann, J; Goglio, P; Koukios, EG; Lindner, M; Nemecek, T; Siracusa, V; Zabaniotou, A; Huisingh, D	Chamado para publicação sem os elementos textuais de um artigo científico
22	Omics and the bioeconomy: Applications of genomics hold great potential for a future bio-based economy and sustainable development	Jiménez-Sánchez G., Philp J.	Comentário Editorial que relatando as potencialidades da bioeconomia
23	Growing innovations for the bioeconomy	Karp, A; Beale, MH; Beaudoin, F; Eastmond, PJ; Neal, AL; Shield, IF; Townsend, BJ; Dobermann, A	Comentário técnico sem os elementos textuais de um artigo científico
24	Let us discuss how cascading can help implement the circular economy and the bio-economy strategies	Bezama, A	Comentário técnico sem os elementos textuais de um artigo científico
25	From the Treatment of Olive Mills Wastewater to Its Valorisation: Towards a Bio-economic Industrial Symbiosis	Mouzakitis, Y; Aministragia-Giamini, R; Adamidee, ED	Concentra o debate na viabilidade financeira
26	The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: Policies and facts	Scarlat N., Dallemand J.-F., Monforti-Ferrario F., Nita V.	Debate superficialmente como a agricultura (agronegócios) irá fazer a gestão do recursos naturais
27	Serbian organic food consumer research and bioeconomy development	Grubor A., Milicevic N., Djokic N.	Defini os consumidores de organicos não deixando claro qual o impacto que seus hábitos para com os recursos naturais
28	Services in the forest-based bioeconomy - analysis of European strategies	Pelli, P; Haapala, A; Pykalainen, J	Demonstra como são caracterizados os serviços na bioeconomia florestal sem referências ao trato dos recursos naturais
29	Insight into bioeconomy. Solidago canadensis as a valid resource. Brief review	Zihare L., Blumberga D.	É documento de congresso com elementos textuais que não contemplam o objetivo da pesquisa
30	WoodBio will enhance the forests' role in the Nordic bioeconomy	Eggertsson, O	É um comentário técnico e não caracteriza-se como artigo científico
31	Bioeconomic modeling of mixed Norway spruce-European beech stands: economic consequences of considering ecological effects	Griess, VC; Knoke, T	Ênfase economica de produzir duas espécies arbóreas, a métrica não avalia os recursos naturais.
32	Embedded promissory futures: The rise of networked agribusiness in Argentina's bioeconomy	Delvenne P.	Enfatizou os problemas sociais da bioeconomia e do agronegócio sem considerar os recursos naturais locais
33	Metabolic engineering with plants for a sustainable biobased economy	Yoon J.M., Zhao L., Shanks J.V.	Enfoque de engenharia metabólica em plantas para a industrialização sem explicar o contexto com o agronegócio
34	Green electricity and biowastes via biogas to bulk-chemicals and fuels: The next move toward a sustainable bioeconomy	Zeng, AP; Kaltschmitt, M	Enfoque na produção de bioprodutos sem considerar a produção primária e os agronegócios
35	Biotechnology and the bioeconomy— Towards inclusive and sustainable industrial development	Lokko Y., Heijde M., Schebesta K., Scholtès P., Van Montagu M., Giacca M.	Faz uma citação sucinta sobre os recursos naturais para um bioeconomia.
36	Estimating the required logistical resources to support the development of a sustainable corn stover bioeconomy in the USA	Ebadian, M; Sokhansanj, S; Webb, E	Foco em recursos logístico e sustentabilidade financeira
37	A social network analysis of Germany's wood-based bioeconomy: Social capital and shared beliefs	Giurca, A; Metz, T	Foco na rede de conhecimento as percepções sobre recursos naturais e agronegócios são superficiais para responder a pergunta de revisão
38	Is Africa ready to develop a competitive bioeconomy? The case of the cassava value web in Ghana	Poku A.-G., Birner R., Gupta S.	Foco na teia de valor da cultura para entender o ambiente político que esta inserida
39	To thin or not to thin: bio-economic analysis of two alternative practices to increase amount of coarse woody debris in managed forests	Tikkanen, OP; Matero, J; Monkkonen, M; Juutinen, A; Kouki, J	Indica que manutenção de florestas é importante para os ecossistemas, mas não discutiu de que maneira o trabalho aborda o tema.
40	Applying a bioeconomic optimal control model to charcoal production: the case of slash-and-burn agriculture in Mexico	Arrocha, Fernando, Villena, Mauricio G	Modela o problema empregando uma função de produção sem incluir a dinâmica dos recursos naturais
41	Policy recommendations from the 13th ICABR conference on the emerging bioeconomy	Smyth S.J., Falck-Zepeda J.B., Gray R.S., Nasseem A., Paarlberg R., Phillips P.W., Pray C.E., Savastano S., Scandizzo P., Scatata S., Wesseler J.H., Zilberman D.	Não aborda questão sobre o uso dos recursos naturais

42	Biosecurity and sustainability within the growing global bioeconomy	Sheppard A.W., Gillespie I., Hirsch M., Begley C.	Não atendeu o escopo da pergunta
43	'Bio-insecurities': Managing demand for potentially invasive plants in the bioeconomy	Ferdinands K., Virtue J., Johnson S.B., Setterfield S.A.	Não atendeu o escopo da pergunta
44	New pest threats for sugarcane in the new bioeconomy and how to manage them	Goebel F.-R., Sallam N.	Não atendeu o escopo da pergunta
45	INNOVATIONS IN BIOECONOMY FOR DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE USE OF NATURAL RESOURCES IN LATVIA	Zeverte-Rivza, S; Popluga, D; Pelse, M	Não atendeu o escopo da pergunta
46	Wheat Nutrition Bioeconomic Approach, using Substituting Models of Synthetic with Natural Nitrogen	Berca, M; Robescu, VO; Horoias, R; Pascut, G	Não atendeu o escopo da pergunta
47	RURAL POLE FOR COMPETITIVITY: A PILOT PROJECT FOR CIRCULAR BIOECONOMY	Matiuti, M; Hutu, I; Diaconescu, D; Sonea, C	Não atendeu o escopo da pergunta
48	Toward multipurpose agriculture: Food, fuels, flex crops, and prospects for a bioeconomy	Bastos Lima M.G.	Não atendeu o escopo da pergunta
49	Ensuring continuous feedstock supply in agricultural residue value chains: A complex interplay of five influencing factors	Anouk Mertens, Jef Van Meensel, Lander Willem, Ludwig Lauwers, Jeroen Buysse	Não atendeu o escopo da pergunta
50	1: The Importance of Perennial Grasses as a Feedstock for Bioenergy and Bioproducts	Salvatore L. Cosentino, Danilo Scordia, Giorgio Testa, Andrea Monti	Não atendeu o escopo da pergunta
51	7: Suitability of Perennial Grasses for Energy and Nonenergy Products	Danilo Scordia, Giorgio Testa, Jan E. G. van Dam, Douwe van den Berg	Não atendeu o escopo da pergunta
52	Combining biotechnology with circular bioeconomy: From poultry, swine, cattle, brewery, dairy and urban wastewaters to biohydrogen	Ferreira, A; Marques, P; Ribeiro, B; Assemany, P; de Mendonca, HV; Barata, A; Oliveira, AC; Reis, A; Pinheiro, HM; Gouveia, L	Não atendeu o escopo da pergunta
53	ASSESSMENT OF BIOECONOMY DEVELOPMENT POTENTIAL FROM THE PERSPECTIVE OF INNOVATION ECONOMICS IN EUROPEAN REGIONS	Kargyte, V; Varnik, R; Alekneviene, V	Não atendeu o escopo da pergunta
54	A dynamic bio-economic model for community management of goat and oak forests in Zagros, Iran	Soltani, A; Sankhayan, PL; Hofstad, O	Não caracteriza-se como práticas produtivas de agronegócio
55	A recipe for co-management of forest and livestock - Results of bio-economic model at a village level in Iran	Soltani, A; Sankhayan, PL; Hofstad, O	Não caracteriza-se como práticas produtivas de agronegócio
56	Predicting livestock productivity and methane emissions in northern Australia: Development of a bio-economic modelling approach	Charmley E., Stephens M.L., Kennedy P.M.	Não contextualizou elementos do agronegócio
57	Using an energetic and exergetic life cycle analysis to assess the best applications of legumes within a biobased economy	Ben Brehmer, Paul C. Struik, Johan Sanders	Não contextualizou elementos do agronegócio
58	Bioeconomic efficiency of native pasture fertilization in south Brazil	dos Santos, DT; Carvalho, PCD; Nabinger, C; Carassai, IJ; Gomes, LH	Não contextualizou elementos do agronegócio
59	The Bioeconomic Potential for Agroforestry in Australia's Northern Grazing Systems	Donaghy P., Bray S., Gowen R., Rolfe J., Stephens M., Hoffmann M., Stunzer A.	Não contextualizou elementos do agronegócio
60	Impact of soil moisture depletions, planting geometry and soil texture on bio economic efficiency of autumn sugarcane under arid conditions	Sagoo A.G., Aslam M., Khan E.A., Awan I.U., Khan M.A., Hussain A., Bakhsh I.	Não contextualizou elementos do agronegócio
61	Assessing the impact of the Nitrate Directive on farming systems using a bio-economic modelling Chain	Belhouchette H., Louhichi K., Therond O., Mouratiadou I., Wery J., Ittersum M.V., Flichman G.	Não contextualizou elementos do agronegócio
62	Soil carbon buildup and bioeconomics of different landuses in humid subtropics of West Bengal, India	Koul D.N., Panwar P.	Não contextualizou elementos do agronegócio
63	Bio-economic analysis of soil conservation technologies in the mid-hill region of Nepal	Das R., Bauer S.	Não contextualizou elementos do agronegócio
64	Divergent Paradigms of European Agro-Food Innovation: The Knowledge-Based Bio-Economy (KBBE) as an R&D Agenda	Levidow L., Birch K., Papaioannou T.	Não contextualizou elementos do agronegócio

65	Reshaping agriculture toward a transition to a post-fossil bioeconomy	Monteleone M.	Não contextualizou elementos do agronegócio
66	BIOECONOMY DEVELOPMENT POTENTIAL BASED ON MORE EFFICIENT LAND USE IN THE EU	Pilvere, I; Nipers, A; Mickiewicz, B	Não contextualizou elementos do agronegócio
67	Transformation scenarios towards a low-carbon bioeconomy in Austria	Kalt, G; Baumann, M; Lauk, C; Kastner, T; Kranzl, L; Schipfer, F; Lexer, M; Rammer, W; Schaumberger, A; Schriefl, E	Não contextualizou elementos do agronegócio
68	Five cornerstones of a global bioeconomy	El-Chichakli, B; von Braun, J; Lang, C; Barben, D; Philp, J	Não contextualizou elementos do agronegócio
69	Who gets the HANPP (Human Appropriation of Net Primary Production)? Biomass distribution and the bio-economy in the Tana Delta, Kenya	Temper, L	Não contextualizou elementos do agronegócio
70	ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE POLISH AGRICULTURE - TOWARD THE BIO-ECONOMY	Pajewski, T	Não contextualizou elementos do agronegócio
71	Assessing Impacts of Wood Utilisation Scenarios for a Lithuanian Bioeconomy: Impacts on Carbon in Forests and Harvested Wood Products and on the Socio-Economic Performance of the Forest-Based Sector	Jasinevicius, G; Lindner, M; Verkerk, PJ; Aleinikovas, M	Não contextualizou elementos do agronegócio
72	Indicators and tools for assessing sustainability impacts of the forest bioeconomy	Karvonen, J; Halder, P; Kangas, J; Leskinen, P	Não contextualizou elementos do agronegócio
73	A farm-scale, bio-economic model for assessing investments in recycled water for irrigation	Brennan L.E., Lisson S.N., Poulton P.L., Carberry P.S., Bristow K.L., Khan S.	Não contextualizou elementos do agronegócio
74	Bio-Economic and Qualitative Impact of Reduced Herbicide use in Direct Seeded Fine Rice Through Multipurpose Tree Water Extracts	Khaliq, Abdul, Matloob, Amar, Riaz, Yasir	Não contextualizou elementos do agronegócio
75	The cellulose resource matrix	Edwin R. P. Keijsers, Gülden Yılmaz, Jan E. G. van Dam	Não contextualizou elementos do agronegócio
76	Environmental sustainability assessment of bioeconomy value chains	Cristobal, J; Matos, CT; Aurambout, JP; Manfredi, S; Kavalov, B	Não contextualizou elementos do agronegócio
77	Combining backcasting with forest sector projection models to provide paths into the future bio-economy	Sjolie, HK; Latta, GS; Solberg, B	Não contextualizou elementos do agronegócio
78	The role of forests in the bioeconomy	Palatova, P; Sticha, V	Não contextualizou elementos do agronegócio
79	SUSTAINABILITY, COMPETITIVITY AND FUTURE PERSPECTIVES FOR RURAL DEVELOPMENT TOWARDS BIOECONOMY - TULCEA COUNTY CASE STUDY	Rodino, S	Não contextualizou elementos do agronegócio
80	From bio-based products to bio-based industries development in an emerging BioEconomy	Toma, E; Stelica, C; Dobre, C; Dona, I	Não contextualizou elementos do agronegócio
81	The bio-economy as an opportunity to tackle wildfires in Mediterranean forest ecosystems	Verkerk, PJ; de Arano, IM; Palahi, M	Não contextualizou elementos do agronegócio
82	Bioeconomic evaluation of feeding strategies in milk production systems. 1. Production per animal and per area	Renno, FP; Pereira, JC; Leite, CAM; Rodrigues, MT; de Campos, OF; da Fonseca, DM; Renno, LN	Não deixou clara a relação de utilização dos recursos naturais para produção do leite
83	Bioeconomic evaluation of feeding strategies in milk production systems. 2. Alternative methodology: level of capital utilization	Renno, FP; Pereira, JC; Leite, CAM; Rodrigues, MT; de Campos, OF; da Fonseca, DM; Renno, LN	Não deixou clara a relação de utilização dos recursos naturais para produção do leite
84	Bioeconomic efficiency of cows of different milk yield levels per lactation and feeding strategies	Renno, FP; Pereira, JC; Leite, CAM; Rodrigues, MT; de Campos, OF; da Fonseca, DM; Renno, LN	Não deixou clara a relação de utilização dos recursos naturais para produção do leite
85	Progress in upscaling Miscanthus biomass production for the European bio-economy with seed-based hybrids	Clifton-Brown, J; Hastings, A; Mos, M; Mccalmont, JP; Ashman, C; Awty-Carroll, D; Cerazy, J; Chiang, YC; Cosentino, S; Cracroft-Eley, W; Scurlock,	Não deixou claro o impacto da cultura nos recursos naturais
86	Bioeconomics of invasive species: using real options theory to integrate ecology, economics, and risk management	Sims, C; Finnoff, D; Shogren, JF	Não faz relação do quanto as plantas daninhas são prejudiciais aos recursos naturais

87	The responsive bioeconomy: The need for inclusion of citizens and environmental capability in the forest based bioeconomy	Mustalahti, I	Não obtem-se respostas para pergunta de revisão
88	A bioeconomy vision of sustainability	Chisti, Y	Não ocorre um detalhamento de como as atividades agrícolas precisam tratar os recursos naturais
89	Rumo ao desenvolvimento espacial sustentável? Explorando as implicações da nova bioeconomia no setor agroalimentar e na inovação regional	Horlings, Ina, Marsden, Terry	Não responde a pergunta de revisão
90	Bioeconomy as a new S-curve for Thai economy	Saardchom N.	Não responde a pergunta de revisão
91	Biosecurity as an integral part of the new bioeconomy: A path to a more sustainable future	Sheppard A.W., Raghu S., Begley C., Genovesi P., De Barro P., Tasker A., Roberts B.	Não uma referência de ligação entre recursos naturais e biosegurança
92	From Fishery to Fork: Food Safety and Sustainability in the 'Virtual' Knowledge-Based Bio-Economy (KBBE)	Ponte, S	O artigo aborda o envolvimento da bioeconomia do conhecimento com pescarias extrativistas
93	Biomass, Biovalue and Sustainability: Some Thoughts on the Definition of the Bioeconomy	Brunori G.	O artigo conceitua bioeconomia mas não faz ênfase aos questionamentos do agronegócio
94	Towards an economics of the bioeconomy: Four years later	Viaggi D.	O artigo debate como estão relacionadas as áreas no desenvolvimento da Bioeconomia sem aprofundar em alguma dimensão do agronegócios
95	Research agenda of the bio-economy: A study in the field of agribusiness [Agenda de pesquisa da bioeconomia: Um estudo no campo do agronegócio]	Foguesatto C.R., Artuzo F.D., Oliveira L., Souza A.R.L.	O artigo é bibliométrico e não tendo respostas para pergunta da revisão
96	Megatrends in agriculture – Views for discontinuities in past and future developments	Prem S. Bindrabhan, Rudy Rabbinge	O artigo não aborda temáticas bioeconomicas
97	BIOSURFACTANTS' PRODUCTION FROM RENEWABLE NATURAL RESOURCES: EXAMPLE OF INNOVATIVE AND SMART TECHNOLOGY IN CIRCULAR BIOECONOMY	Satpute, SK; Plaza, GA; Banpurkar, AG	O artigo não apresenta uma problemática envolvendo os recursos naturais do insumo utilizado para tecnologia desenvolvida.
98	Forestry in bioeconomy - smart green growth for the humankind	Ollikainen M.	O artigo não expressa com profundidade a questão de recursos naturais para sistema florestas. O objeto floresta relacionado com a economia verde e bioeconomia
99	Grain quality, nutrient use efficiency, and bioeconomics of maize under different sowing methods and NPK levels [calidad del grano, eficiencia de uso de nutrientes y bio-economía de maíz con diferentes métodos de siembra y niveles de NPK]	Rehman A., Farrukh Saleem M., Safdar M.E., Hussain S., Akhtar N.	O artigo não faz a relação em sua análise da importância dos recursos naturais para a produção do milho. Apenas trabalha com possíveis adições de nutrientes do solo para obter ganhos econômicos.
100	How big is the bio-business? Notes on measuring the size of the Dutch bio-economy	Heijman W.	O artigo não faz referência quanto ao uso dos recursos naturais nos diversos negócios da bioeconomia. A preocupação central está em mensurar os números de produção .
101	Assessing the forecasting performance of a generic bio-economic farm model calibrated with two different PMP variants	Kanellopoulos A., Berentsen P., Heckelei T., van Ittersum M., Lansink A.O.	O artigo não mostrou um relacionamento com os recursos naturais. Retorna informações sobre a mudanças entre culturas.
102	On effective biodiversity conservation, sustainability of bioeconomy, and honesty of the Finnish forest policy	Kotiaho, JS	O artigo não possui um método de investigação claro.
103	Climate Change Strategies of Ontario: A Trans-bioeconomic Regional Approach	López-Vallejo Olvera, Marcela	O artigo não trabalha de forma direta com temas do agronegócio
104	Valuing lively materialities: Bio-economic assembling in the making of new meat futures	Henry, M; Roche, M	O artigo relata uma série de características do mercado da carne na NW sem trabalhar os recursos naturais para sua produção
105	Come on feel the noise: Ecological foundations in stochastic bioeconomic models	Sims, C; Horan, RD; Meadows, B	O artigo trabalha a temática das práticas extrativistas não fazendo parte do escopo dos agronegócios.
106	Bioeconomic modelling and salmon aquaculture: An overview of the literature	Pomeroy R., Bravo-Ureta B.E., Solís D., Johnston R.J.	O artigo trabalha a temática mas não faz referência do seu escopo nos agronegócios.
107	A BIOECONOMIC SHEEP-VEGETATION TRADE-OFF MODEL: AN ANALYSIS OF THE NORDIC SHEEP FARMING SYSTEM	Skonhøft, A; Austrheim, G; Myrsterud, A	O autor estima o crescimento da pastagem, mas não relata sua importância como recurso natural local. O objetivo fim é a maximização do lucro com ovinos



108	Reducing nutrient loads from dairy farms: A bioeconomic model with endogenous feeding and land use	Helin J.A.	O autor não deixou claro na discussão como o manejo dos animais influência nos recursos hídricos
109	Food security, the labor market, and poverty in the Brazilian bio-economy	de Souza Ferreira Filho J.B.	O debate principal esta ligado as questões sociais (emprego), menciona o uso da terra sem relacionar a pergunta de revisão
110	Field to fuel: A biobased economy for a post-petroleum industrial society	Jan Koninckx	O diretor da Dupont biocombustíveis discute o trabalho pioneiro da empresa em biorrefinarias o contexto dos agronegócios não esta exposto
111	Growth Cultures: the global bioeconomy and its bioregions	Birch, K	O documento é um prefácio de livro. Não possui os elementos textuais de trabalho científico
112	Finding the Way Forward in the New Forest Bioeconomy	Dech, J	O documento é um prefácio editorial não possui elementos científicos
113	Bio-Economic Models Applied to Agricultural Systems	Arfini, F	O documento é um prefácio editorial não possui elementos científicos
114	Challenges and policy options in the global bio-economy: Introduction and overview	Swinen J., Weersink A.	O documento é um resumos dois eixos temáticos de um evento científico
115	Toward concise metrics for the production of chemicals from renewable biomass	Roger A. Sheldon, Johan P. M. Sanders	O enfoque está nas transformações químicas e bioquímicas da biomassa
116	A forest-based bioeconomy for Germany? Strengths, weaknesses and policy options for lignocellulosic biorefineries	Giurca, A; Spath, P	O estudo concentrou-se na inovação em biorrefinarias
117	Bioeconomy mapping indicators and methodology. Case study about forest sector in Latvia	Blumberga, D; Muizniece, I; Zihare, L; Sniega, L	O estudo concentrou-se na inovação em biorrefinarias
118	Orchestrating a new industrial field. The case of the Finnish wood-based bioeconomy	Lilja, K; Moen, E	O estudo concentrou-se nas questões industriais da biomassa
119	Global Agriculture: Industrial Feedstocks for Energy and Materials	B. M. Jenkins	O foco do artigo é o aproveitamento das biomassas pela indústria (biorrefinarias)
120	Improving interdisciplinary collaboration in bio-economic modelling for agricultural systems	Kragt M.E., Pannell D.J., McVittie A., Stott A.W., Vosough Ahmadi B., Wilson P.	O foco do artigo está de modelos com pouca ênfase para os recursos naturais envolvidos
121	Knowledge, attitudes and perceptions of stakeholders on biofuels as an enabler in a South African bio-based economy	Mukonza, Chipo	O foco do artigo esta em verificar a percepção de agentes locais sobre os biocombustíveis em nenhum momento é colocada a questão da disponibilidade de recursos e como os agronegócios irão trabalhar para promover a demanda de energia
122	Comparing biobased products from oil crops versus sugar crops with regard to non-renewable energy use, GHG emissions and land use	Harriëtte L. Bos, Koen P. H. Meesters, Sjaak G. Conijn, Wim J. Corré, Martin K. Patel	O foco do trabalho é processos de biorrefinarias
123	Harvest residue potential in Norway - A bio-economic model appraisal	Bergseng, E; Eid, T; Loken, O; Astrup, R	O foco é para utilização biológica dos resíduos florestais
124	Sustainable bioeconomy transitions: Targeting value capture by integrating pyrolysis in a winery waste biorefinery	Zabaniotou, A; Kamaterou, P; Pavlou, A; Panayiotou, C	O foco esta no aproveitamento industrial da biomassa sem abordar o agronegócio como parcela de fornecimento
125	Making virtue out of necessity: Managing the citrus waste supply chain for bioeconomy applications	Raimondo M., Caracciolo F., Cembalo L., Chinnici G., Pecorino B., D'Amico M.	O foco esta nos contratos e apoios governamentais para o aproveitamento do resíduo
126	Cascading Norwegian co-streams for bioeconomic transition	Egelyng, H; Romsdal, A; Hansen, HO; Slizyte, R; Carvajal, AK; Jouvenot, L; Hebrok, M; Honkapaa, K; Wold, JP; Seljasen, R; Aursand, M	O foco principal é a indústria sem relatar o que o produtor primário necessita para fortalecer a cadeia como um todo
127	Small-scale commodity frontiers: The bioeconomy value chain of castor oil in Madagascar	Neimark, BD; Healy, TM	O objetivo é narrar as trajetórias sociais por trás da bioeconomia
128	KNOWLEDGE-BASED BIOECONOMY: THE USE OF INTELLECTUAL CAPITAL IN FOOD INDUSTRY OF SERBIA	Boljanovic, JD; Dobrijevic, G; Cerovic, S; Alcakovic, S; Djokovic, F	O objetivo esta em captar o capital intelectual de uma dada região
129	Case study on Bioeconomy Campus, Central Finland	Ylimartimo, A	O objetivo esta em descrever clusters em bioeconomia faltando um foco para os recursos naturais
130	Bio economic modeling for a sustainable management of biodiversity in agricultural lands	Mouysset L., Doyen L., Jiguet F., Allaire G., Leger F.	O recurso natural modelado não tem ligação direta com o sistema produtivo
131	Food waste valorization options: opportunities from the bioeconomy	Imbert, E	O trabalho envolve resíduos da alimentação humana que não representam recursos naturais para o agronegócio

132	Land-use changes, forest/soil conditions and carbon sequestration dynamics: A bio-economic model at watershed level in Nepal	Upadhyay T.P., Solberg B., Sankhayan P.L., Shahi C.	O trabalho não discute o impacto das mudanças na terra, apenas expõe os resultados.
133	Plant-based bioeconomy in Central Germany - a mapping of actors, industries and places	Ehrenfeld, W; Kropfhausser, F	O viés do artigo é identificar atores da Alemanha que estão contribuindo para o crescimento da bioeconomia de plantas. Sem destaque para os recursos utilizados.
134	Application of bio-economic simulation models for addressing sustainable land management issues for northern Australia	MacLeod N.D., Scanlan J.C., Whish G.H., Pahl L.I., Cowley R.A.	Os autores não relataram qual estratégia de manejo é melhor para o recurso solo. A abordagem de sustentabilidade refere-se ao âmbito econômico.
135	The economic efficiency of conservation measures for amphibians in organic farming - Results from bio-economic modelling	Schuler J., Sattler C., Helmecke A., Zander P., Uthes S., Bachinger J., Stein-Bachinger K.	Os recursos naturais tratados fogem do escopo do trabalho
136	Establishing a robust sustainability index for the assessment of bioeconomy regions	Hildebrandt J., Bezama A., Thran D.	Os requisitos de sustentabilidade avaliados são para indústria de bioeconomia e pouco relacionam-se com os agronegócios
137	Chapter 2: Existing Modeling Platforms for Biomass Supply in Europe	Berien Elbersen, Nicklas Forsell, Sylvain Leduc, Igor Staritsky	Plataformas tecnológicas para conversão o foco não responde a pergunta de revisão
138	Towards a sustainable innovation system for the German wood-based bioeconomy: Implications for policy design	Purkus, A; Hagemann, N; Bedtke, N; Gawel, E	Política de sistemas de inovação relatam a responsabilidade em uso de recursos naturais mas não englobam o alinhamento com a produção primária
139	Rural geography III: Do we really have a choice? The bioeconomy and future rural pathways	McDonagh J.	Repassa conceitos, debates da bioeconomia sem aprofundar na gestão dos recursos e nos agronegócios
140	An empirical analysis of the industrial bioeconomy: Implications for renewable resources and the environment	Morrison B., Golden J.S.	Não contextualizou elementos do agronegócio
141	Biomass-based value webs: A novel perspective for emerging bioeconomies in Sub-Saharan Africa	Virchow D., Beuchelt T.D., Kuhn A., Denich M.	Sua perspectiva de web valor relata que a África possui potencialidades para aumentar a produção de biomassa mas não determina quais são as externalidades ambientais
142	BIOECONOMY AS A DIRECTION OF THE DEVELOPMENT OF NATURAL VALUABLE AREAS IN LUBLIN VOIVODESHIP (POLAND)	Zwolinska-Ligaj, M	Trata-se de um relato de empresas do setor industrial sem menção ao agronegócio
143	A BIOECONOMIC APPROACH TO THE FAUSTMANN-HARTMAN MODEL: ECOLOGICAL INTERACTIONS IN MANAGED FOREST	Touza, J; Termansen, M; Perrings, C	Utiliza abordagem de economia florestal e não deixou claro como é dimensionado o recurso natural (florestal)
144	Implications of retaining woody regrowth for carbon sequestration for an extensive grazing beef business: a bio-economic modelling case study	Whish, G; Pahl, L; Bray, S	Não contextualizou elementos do agronegócio