

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RIO DE JANEIRO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA

**A TRANSIÇÃO PÓS-INDUSTRIAL NA AGRICULTURA BRASILEIRA
COM A APLICAÇÃO DA AGROECOLOGIA**

Julho 2019

Claire Elodie Grangeat



Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica

A TRANSIÇÃO PÓS-INDUSTRIAL NA AGRICULTURA BRASILEIRA COM A APLICAÇÃO DA AGROECOLOGIA



Claire Elodie Grangeat

Trabalho apresentado a Universidade Federal do Rio de Janeiro, Engenharia Ambiental, para a obtenção do título de Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof. Heloisa Teixeira Firmo

Rio de Janeiro

Julho de 2019

A TRANSIÇÃO PÓS-INDUSTRIAL NA AGRICULTURA BRASILEIRA COM A
APLICAÇÃO DA AGROECOLOGIA

Claire Elodie Grangeat

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO
DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinado por:

Prof. Heloisa Teixeira Firmo

Prof. Alessandra Magrini

Prof. Theophilo Benedicto Ottoni Filho

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

JULHO de 2019

Agradecimentos

Para Heloisa Firmo, responsável do meu duplo diploma e do projeto de graduação. Eu a agradeço por sempre ter disponibilidade, conselhos e paciência desde minha chegada em Brasil. Novamente durante esse projeto, durante o qual ela me ajudou bastante a estruturar e redigir o texto.

Eu agradeço cada pessoa que participou na correção gramatical deste trabalho: Amanda, Dairo, Gabriel, Lucas, Marianna e Marcos.

Um agradecimento especial para todas as pessoas que abriram meus campos de conhecimento e fortaleceram meu espírito crítico, que tive a oportunidade de encontrar durante meus estudos e atividades.

Resumo

O modelo agrícola industrial revela-se desequilibrado e insustentável, pois tem impactos ambientais, sociais e econômicos altamente negativos. Através da primeira parte, constatou-se pela apresentação da colapsologia que o modo de produção agrícola está diretamente relacionado ao risco potencial de colapso da sociedade moderna. Na segunda parte, apresentou-se o paradigma da agroecologia. Esta apresentação demonstra que constitui uma alternativa técnica e socialmente adequada. Pelo seu estabelecimento, observou-se que permite aumentar a produção de maneira sustentável, parar o uso de insumos externos e diminuir os impactos negativos no território. Na última parte, obteve-se dados específicos para o Brasil, tal como a produção, a exportação, a importação ou ainda o consumo energético nacional na área agrícola. A estratégia metodológica possibilitou estabelecer um modelo simplificado de agricultura baseado na agroecologia, para quantificar e destacar os efeitos benéficos que serão trazidos. Os efeitos se mostram ser altamente benéficos, especialmente para que o modelo alimentar não seja mais baseado no petróleo, uma energia não-renovável.

Palavras-chaves: Colapsologia, Agroecologia, Agroecossistema sustentável, Transição alimentar.

Abstract

The industrial agricultural is unbalanced and unsustainable, with highly negative environmental, social and economic impacts. Through the first part, it was verified by the presentation of collapsology that the agricultural mode of production is directly related to the potential risk of collapse of the modern society. In the second part, the paradigm of agroecology was presented. This presentation demonstrates that it constitutes an adequate alternative, in terms of technical and social. Through its establishment, it has been observed that it allows increasing production in a sustainable way, to stop the use of external inputs and to reduce negative impacts on the territory. In the last part, specific data were obtained for Brazil, such as production, export, import or the national energy consumption in the agricultural area. The methodological strategy allowed establishing a future model of agriculture based on agroecology, to quantify and highlight the beneficial effects that will be brought. The effects prove to be highly beneficial, especially so that the model is no longer based on oil, which isn't a renewable energy.

Key-word: Colapsology, Agroecology, Sustainable agroecosystem, Food transition.

Siglas

AA: Agricultura Alternativa

AI: Agricultura Industrial

AE: Agroecologia

AS: Agricultura Sustentável

AS-PTA : Agricultura Familiar e Agroecologia

FAO : Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

IBGE : Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

GEE: Gases de Efeito Estufa

MAA : Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MST : Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra

OMG: Organismos Geneticamente Modificados

POF: Pesquisa de Orçamentos Familiares

SAFs : Sistemas Agroflorestais

Sumário

Introdução	1
Parte I: A necessidade de uma agricultura "pós-industrial"	4
I. A. O estudo do colapso em sociedades humanas	4
<i>I. A. 1. Os impactos da sociedade moderna</i>	<i>6</i>
<i>I. A. 2. A colapsologia: nova ciência e novos paradigmas</i>	<i>8</i>
I.B. O desafio do sistema alimentar: pilar da sociedade e fator de degradação	14
<i>I. B. 1. A Revolução Verde e o sistema alimentar industrializado</i>	<i>14</i>
<i>I. B. 2. Descarbonização do sistema agrícola: um setor de alto consumo de energia</i>	<i>16</i>
<i>I. B. 3. A agricultura industrial pode ser sustentável?</i>	<i>18</i>
Parte II : A agroecologia, paradigma necessário para uma agricultura sustentável	23
II. A. A agroecologia: uma verdadeira alternativa na busca de uma agricultura sustentável. 23	
<i>II. A. 1. A abordagem da agroecologia: sustentabilidade e agricultura alternativa</i>	<i>24</i>
<i>II. A. 2. História e evolução da agroecologia</i>	<i>26</i>
II. B. As buscas da agroecologia por produção e consumo sustentável.....	29
<i>II. B. 1. A integração dos princípios agroecológicos no campo e seus benefícios ambientais</i>	<i>29</i>
<i>II. B. 2. Os benefícios socioeconômico da agroecologia</i>	<i>33</i>
Parte III : O potencial da agroecologia na agricultura brasileira	37
III.A. Uma breve história e evolução da agricultura no Brasil	38
<i>III. A. 1. O setor agrícola, um impulsionador da economia nacional.....</i>	<i>38</i>
<i>III. A. 2. A revolução industrial no Brasil, realmente tão verde?</i>	<i>39</i>
<i>III. A. 3. A emergência da agroecologia e sua prática atual no meio agrícola.....</i>	<i>42</i>
III. B. Transição pós-industrial: quantificação dos benefícios ligados à aplicação da agroecologia	43
Conclusão.....	53
Anexo	55
Referências	58

Lista de ilustrações e tabelas

<i>Figura 1: Simulação e previsão mundial de seis parâmetros (traduzido de (Graham, 2012))</i>	8
Figura 2 : A resiliência dos sistemas (traduzido de (Scheffer, et al., 2012))	10
Figura 3: Quantificar o uso da terra como um método de antecipar uma mudança de estado planetário (traduzido de (Barnosky, et al., 2012))	11
Figura 4: O fenômeno da 'Terra Estufa' (traduzido de (Steffen, et al., 2018)).....	12
Figura 5: A energia na agricultura (Gliessman, et al., 2015)	17
Figura 6: Participação histórica dos energéticos, de 1970 a 1998 e valores históricos e projetados do consumo de energia final, de 1970 a 2020, no setor agropecuária para o Brasil (Alvim, 2001)	17
Figura 7: Índices dos preços das commodities no mundo (alimentos, produtos agrícolas, energia, fertilizantes), em US\$, de 1960 a 2013 (BIRD, 2015)	19
Figura 8: Representação de um agroecossistema (traduzido de (Gliessman, et al., 1980)).....	25
Figura 9: As abordagens da agroecologia na parcela e na agroecossistema (produção pessoal, adaptada de (Wezel, et al., 2009)).	28
Figura 10: Categorias de práticas agroecológicas com escala de aplicação espacial (elaboração pessoal, traduzida de (Wezel, et al., 2014))	32
Figura 11: Contribuição dos alimentos no aporte diário da população brasileira e hipótese de dieta no cenário AE (elaboração pessoal, dados: (Da Costa Louzada, et al., 2015), (Poux, et al., 2018), (IBGE, 2011))	45
Figura 12: Gráfica da repartição do consumo energético atual na agricultura vegetal no Brasil (elaboração pessoal, a partir de dados das principais produções vegetais).....	49
Figura 13: Esquema recapitulativo do cenário atual (agricultura intensiva) e do cenário futuro (agroecológica) (elaboração pessoal, design copiado do projeto TYFA)	52
Tabela 1: Categorias de práticas agroecológicas e suas contribuições (elaboração pessoal, baseada sobre o estudo de (Wezel, et al., 2014)).....	31
Tabela 2: Indicadores econômicos nos sistemas convencional e agroecológico, com base em 1 013 famílias agricultoras do Sul do Brasil (Rede de Agricultores Familiares Gestores de Referências, safra 2003/2004)	35
Tabela 3: Mudanças da dieta e consequência na produção (elaboração pessoal).....	46
Tabela 4: Exportações dos principais produtos agrícolas brasileiros (elaboração pessoal, fonte : AgroStat Brasil, a partir dos dados da Secex/MDIC, 2010 e IBGE, 2010).....	47
Tabela 5: Mudanças da dieta e consequência na produções (elaboração pessoal)	48
Tabela 6: Mudanças energéticas no futuro (elaboração pessoal)	50

INTRODUÇÃO

Motivação e descrição do problema

O desafio mundial com os crescentes problemas ambientais foi a principal reflexão que resultou na escolha deste trabalho.

O elemento desencadeador foi o último relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2018). A conclusão dos cientistas aponta para um aumento médio de 1.5 °C entre 2030 e 2052 na temperatura da Terra, se não houver uma reação mundial imediata. Mas o contexto atual, em termos políticos e sociais, não indica tendências de que medidas concretas serão tomadas, apesar dos diferentes alarmes da comunidade científica nesses últimos anos.

Por meio de minha dupla formação em ciências agrônômica e ambiental, o setor agrícola surge como um fator central nesses problemas ambientais. Por isso, o foco do presente estudo encontra-se sobre o setor agrícola, que pode ser um instrumento relevante de conservação dos recursos naturais, de adaptação às mudanças climáticas e de auto suficiência alimentar no futuro.

Objetivos

Assim, no presente trabalho objetiva-se principalmente avaliar as consequências da agricultura moderna no agroecossistema, em especial em termos energéticos, além de propor uma alternativa sustentável.

Os objetivos específicos são:

- 1) Divulgar a colapsologia¹, uma ciência ainda desconhecida no Brasil;
- 2) Caracterizar e analisar a agricultura industrial em relação ao consumo de energia de fonte não-renovável;
- 3) Divulgar a prática da agroecologia;
- 4) Desmostrar o potencial desta alternativa sustentável no caso da agricultura brasileira.

¹ Tradução da palavra francês "Collapsologie", do latino *lapsus* que significa "queda".

Metodologia

O tipo de pesquisa deste trabalho de graduação é principalmente qualitativo. O procedimento técnico utilizado baseou-se em uma revisão bibliográfica, com levantamento de artigos, de conferência e livros científicos.

Essa pesquisa bibliográfica foi realizada por meio das seguintes etapas:

- a) **Escolher o tema principal e o objetivo:** nesta pesquisa, o tema principal é a agricultura sustentável;
- b) **Estabelecer o Diagrama de Gantt:** ferramenta essencial para controlar o cronograma do projeto e segmentar as tarefas, com a elaboração dos prazos de cada etapa;
- c) **Identificar as palavras-chave:** agricultura alternativa, agroecossistema, agroecologia, sustentabilidade, colapsologia;
- d) **Pesquisar e organizar:** as bibliografias escolhidas foram organizadas segundo suas afinidades e os temas;
- e) **Ler e analisar:** o conteúdo das pesquisas foram lidos, estudados e compilados;
- f) **Elaborar o plano de estudo:** a estrutura do documento foi baseada sobre os três principais temas de pesquisa;
- g) **Redigir:** etapa da elaboração do texto de projeto.

A revisão bibliográfica foi realizada sobre três principais temas: 1) o estudo do colapso da sociedade moderna; 2) os conceitos de agricultura sustentável e da agroecologia e 3) as características da agricultura brasileira.

Além dessa pesquisa qualitativa, a demonstração da eficácia do modelo da agroecologia na agricultura brasileira exigiu uma simulação com diferentes tipos cálculos. Eles foram feitos no software Excel:

- Cálculos de aproximação: quando não há banco de dados previamente constituído. Diferentes bancos de dados foram agrupados, prestando atenção às fontes e às datas de cada um.
- Cálculos de mudança de unidade: quando as unidades adaptadas não podem ser representativas e comparáveis a outras fontes de dados. Este é o caso da dieta, expressa em % e modificada em g/pessoa/dia.
- Cálculo da projeção: para a última parte, baseada em uma comparação de situação atual - situação agroecológica. Hipóteses estipuladas possibilitaram a projeção de cálculos sobre a situação futura.

Apresentação

O trabalho está dividido em três capítulos, ligados às partes da pesquisa bibliográfica.

Na primeira parte, destaca-se a necessidade do recuo da nossa sociedade quanto à agricultura industrial, em face do iminente colapso atual. São apresentadas as consequências ambientais das atividades antrópicas da sociedade sobre o planeta, que participam no processo de colapso. Assim, a agricultura industrial - pilar da nossa sociedade – torna-se uma dessas grandes ameaças no colapso, principalmente em decorrência de sua alta dependência energética.

Após o entendimento de uma argumentação a favor de uma mudança drástica do modelo de produção agrícola atual, a segunda parte apresenta um caminho possível de agricultura pós-industrial: a agroecologia. A agroecologia é detalhada com seus conceitos relacionados, tais como a sustentabilidade. Essa agricultura alternativa tem uma alta potencialidade para tornar o modelo de produção alimentar atual mais sustentável e evitar o eventual colapso da sociedade. Isso é demonstrado pelos benefícios – no setor ambiental, social, econômico – que decorrem de sua aplicação.

Ao final, o Brasil é apresentado como o estudo de caso aplicado neste trabalho. Nesta seção, foi realizada uma simulação do consumo energético direto e indireto da agricultura moderna atual e do cenário de agricultura agroecológica futur . Essa comparação tem por objetivo mostrar os ganhos quantificados com a aplicação da agroecologia.

PARTE I: A NECESSIDADE DE UMA AGRICULTURA

"PÓS-INDUSTRIAL"

A partir do estudo do colapso das antigas sociedades, será possível entender como o fenômeno acontece e quais são as causas. Ao destacar os fatores envolvidos nesse processo, veremos por que o setor agrícola tem um papel importante neles.

Em segunda, será apresentada a evolução e a história da agricultura. O objetivo é compreender como o modelo de agricultura industrial surgiu no mundo e, através deste estudo, entender quais são seus principais objetivos e descrever seus impactos ambientais e socioeconômicos.

I. A. O estudo do colapso em sociedades humanas

Sociedades passadas já foram vítimas de colapsos: as cidades maias na América Central; o Império Kushana na Índia; a Grécia Micênica e Creta Minoica na Europa; a civilização Haumaka no Oceano Pacífico; ... (Fernandez, 2018). O termo de colapso foi promovido na publicação do livro Joseph A. Tainter, *The collapse of complex societies*, em 1988. Ele se define como “*uma drástica redução da população e/ou complexidade política, econômica e social, numa área considerável, durante um longo tempo*” (Diamond, 2005).

A título de exemplo, vai ser detalhado o caso da civilização maia. Em um período de 75 anos, estima-se que a população tenha caído de 3 000 000 para 450 000. As causas desse colapso são complexas e dependem da interação de vários fatores, ambos externos e internos. Uma causa interna está ligada ao esgotamento e degradação de recursos, devido à superexploração de florestas e terras aráveis (López Austin, et al., 1996). Em paralelo, com o aumento da demografia, a crise ecológica foi aumentada e houve problemas em termos de oferta de alimentos. As causas externas são baseadas em guerras e revoltas entre cidades, bem como desastres naturais, tipo secas e séries de terremotos (Tainter, 1988). Os fatores são, portanto, variados e interdependentes, o que torna a compreensão do fenômeno complexo.

Todavia, a comunidade científica concluiu que o desmoronamento dessas sociedades foram principalmente provocados por conflitos sociais, com a desigualdade de recursos na população; e por problemas ambientais, com a deterioração dos recursos naturais dos quais a sociedade depende (Jarrige, 2018).

Podemos perguntar por quê não houve respostas para impedir o ecocídio² que estava ocorrendo. Essa ausência pode ser explicada pelo conceito da *tragédia do bem comum*. Garret Hardin explicou bem este conceito, através do exemplo de um pasto aberto a todos:

“O vaqueiro racional conclui que o único caminho sensato para ele seguir é de adicionar outro animal a seu rebanho. E outro, e outro ... Mas esta é a conclusão alcançada por todos e cada pastor racional partilha de um bem comum. Aí é se encontra a tragédia. Cada homem está preso em um sistema que o compele a aumentar seu rebanho sem limites - num mundo que é limitado.” (Hardin, 1968)

Assim, as pessoas encontram dificuldade de concordar como compartilhar um recurso comum e ter uma coleta parcimoniosa deles. Isso é o que acontece com os recursos naturais (Landerdahl Christmann, et al., 2014).

Além disso, as interações dos ecossistemas são complexas e causam distúrbios quase impossíveis de prever, iniciando um processo sem retorno possível (Michalka, 2018). Isto é baseado no princípio de resiliência do sistema, que será um princípio definido na Parte I.A.2. Ademais, o funcionamento do cérebro humano não é feito para adotar medidas no longo prazo, mesmo estando informados do problema (Servignes, et al., 2015).

Por isso, vários fatores impedem uma reação, mesmo que o ser humano seja consciente da mudança do estado planetário. Hoje, após várias alertas científicas, começam as reações políticas e comunitárias. Mas os impactos antrópicos continuam, como pode ser visto pelas informações transmitidas nos diferentes meios de comunicação. A questão é,

² Ecocídio: suicídio ecológico não intencional (de Andrade Franco, 2009).

portanto, se as ações e compromissos não são suficientemente drásticos em face dos problemas atuais?

I. A. 1. Os impactos da sociedade moderna

Nos últimos anos, o crescimento populacional leva à adoção de práticas não sustentáveis que causam danos ambientais na escala mundial. Atualmente, os impactos ambientais revelam-ser os mesmos fatores envolvidos no colapso das sociedades antigas.

Com o estudo de diferentes desmoronamentos do passado, foram destacados seis principais fatores no processo do colapso (Diamond, 2005) (Servignes, et al., 2015):

- 1) Desmatamento e destruição do habitat;
- 2) Impactos sobre o solo (erosão, salinização, perda de fertilidade);
- 3) Impactos sobre a água (poluição, eutrofização);
- 4) Sobrecaça e sobrepesca;
- 5) Introdução de espécies exóticas;
- 6) Aumento per capita do impacto do crescimento demográfico.

Além disso, quatro novas ameaças existem em nosso tempo (Diamond, 2005) (Servignes, et al., 2015):

- 7) As **mudanças climáticas** (ligadas às atividades antropogênicas, especialmente o setor da agricultura);
- 8) A presença de **produtos químicos tóxicos** no meio ambiente;
- 9) A **carência de energia**;
- 10) A utilização total da **capacidade fotossintética**³ do planeta.

³ Capacidade fotossintética: quantidade de energia solar fixada por hectare via fotossíntese. A fotossíntese é importante para a produção de alimentos. Mas a capacidade fotossintética está declinando por causa da demanda de terra para construção, demanda de energia e demanda de terra para a produção de alimentos, que reduzem a luz solar (de Almeida, et al., 2014).

Todos esses fatores que perturbam o sistema Terra podem ser observados no mundo de hoje. Atualmente crises ecológicas, econômicas e sociais estão cada vez mais presentes a nível global. Isso é observado pelas mudanças climáticas, criando fenômenos extremos de seca ou chuva; por mudanças políticas, com o retorno de partidos políticos considerados extremistas e protecionistas; pela situação social, com o crescente fosso entre ricos e pobres. Desse fato, o risco de colapso poderia afetar a sociedade.

Portanto, a questão é de saber como este processo poderia afetar a terra e a humanidade. Este problema é uma preocupação crescente, que aparece em muitas publicações científicas. Essa ideia do provável fim da sociedade industrial já surgiu no relatório de Meadows em 1972 (Meadows, et al., 1972). Este documento foi encomendado pelo Clube de Roma, reunindo representantes de setores econômicos, científicos e industriais. Nele se fez uma simulação, com as interações entre o crescimento humano segundo diferentes variáveis (Figura 1). Mesmo se a simulação é antiga, ela é robusta, pois os dados observados acompanham os dados previstos (Graham, 2008).

A simulação apresenta seis variáveis: a poluição global (violeta), a industrialização (roxo), a população (azul), os serviços (laranja), a comida per capita (marrom) e os recursos não renováveis (verde). Essa modelização é para o caso de manter a mesma trajetória do sistema econômico e o constante crescimento populacional. Se a variável da mudança climática fosse levada em conta nesta simulação, as previsões poderiam ser ainda piores.

O relatório mostra que o declínio da população humana poderia iniciar em 2030, com uma transição bem rápida e drástica em relação à queda econômica. O colapso geral da civilização atual, segundo o relatório, provavelmente ocorreria durante a primeira metade do século XXI. A preocupação é que, mesmo com cenários baseados em medidas drásticas para conservar recursos ou estabilizar a população mundial, a simulação chega à mesma conclusão.

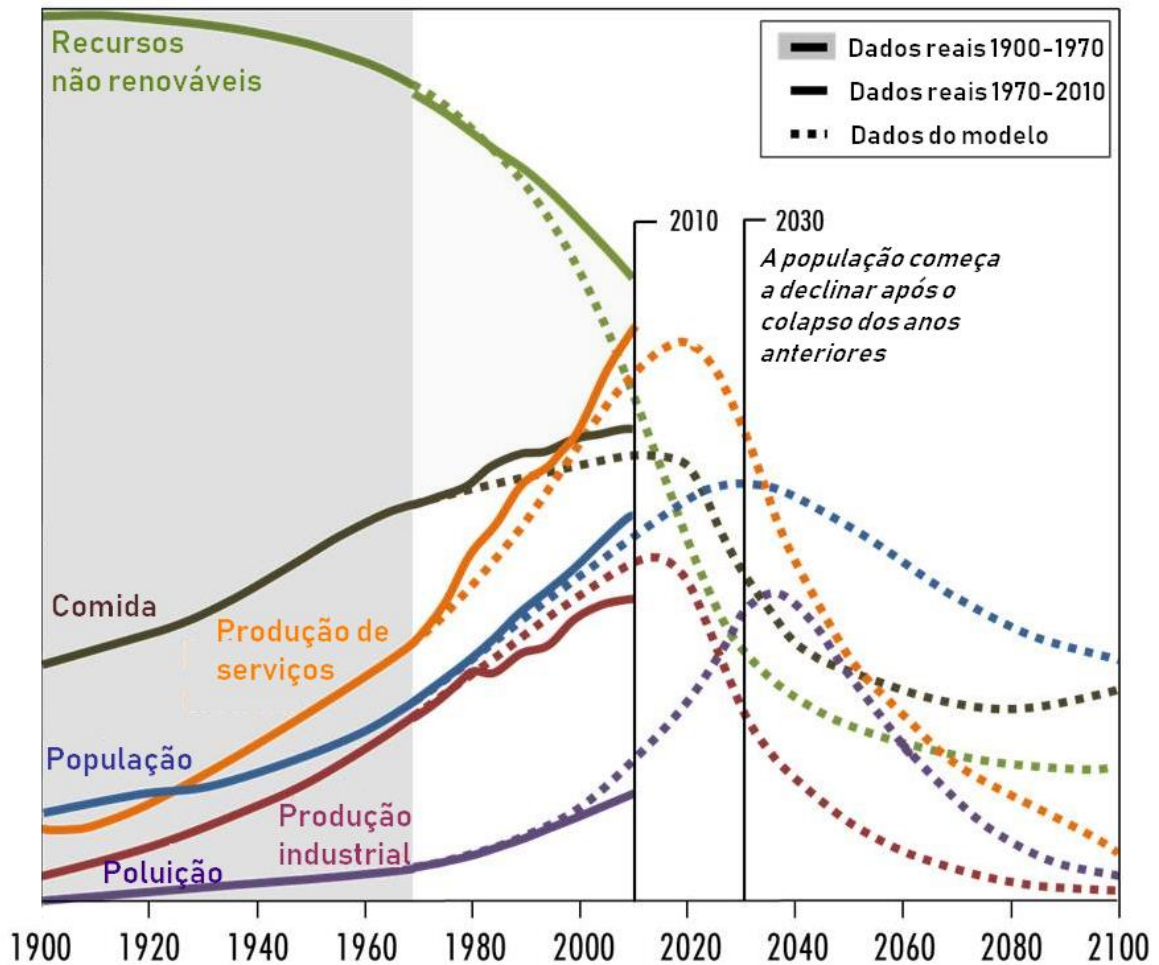


Figura 1: Simulação e previsão mundial de seis parâmetros (traduzido de (Graham, 2012))

I. A. 2. A colapsologia: nova ciência e novos paradigmas

A apresentação da colapsologia, uma ciência recente, permite de detalhar este fenômeno. O nome desta ciência foi desenvolvida pelos Pablo Servignes e Raphaël Stevens, em 2015.

“A colapsologia é o exercício transdisciplinar do estudo do colapso da sociedade industrial e do que lhe poderia suceder, baseado nos dois modos cognitivos, que são a razão e a intuição, e nos estudos científicos reconhecidos” (Servignes, et al., 2015).

Sua apresentação permite compreender por quê a sociedade moderna é sensível ao colapso e qual seria o estado do planeta depois do desmoronamento dela.

RESILIÊNCIA DOS SISTEMAS

Um dos conceitos importantes é a resiliência⁴ dos sistemas. Rob Hopkins explica essa noção através da seguinte metáfora:

“Em uma sociedade resiliente, os principais ingredientes do bolo são produzidos localmente, apenas são importados os produtos para o toque final (cerejas cristalizadas e glacê, por exemplo). Em uma comunidade não resiliente, todos ingredientes básicos são importados, e apenas cerejas cristalizadas e glacê são produzidos localmente. No caso de um choque energético (como o pico petrolífero), uma sociedade com baixa resiliência é, portanto, extremamente frágil, porque seu modo de vida depende quase inteiramente de um conjunto de sistemas sociotécnicos globais que exigem muito transporte e energia: cerejas e glacê não são suficientes para fazer o bolo.”

(Hopkins, 2010)

Seguindo esta reflexão, a Figura 2 mostra bem que os sistemas heterogêneos e com modularidade têm uma capacidade de adaptação, mesmo se acontecem perdas locais devidas às mudanças graduais. Ao contrário, sistemas homogêneos e conectados – como a sociedade moderna – têm mais resistência à mudança no início. Mas depois de um limite, a transição é crítica e brutal, devido aos efeitos em cascada (Scheffer, et al., 2012).

⁴ A resiliência tem duas dimensões: a resistência a um choque e a capacidade de recuperação (Altieri, 2015).

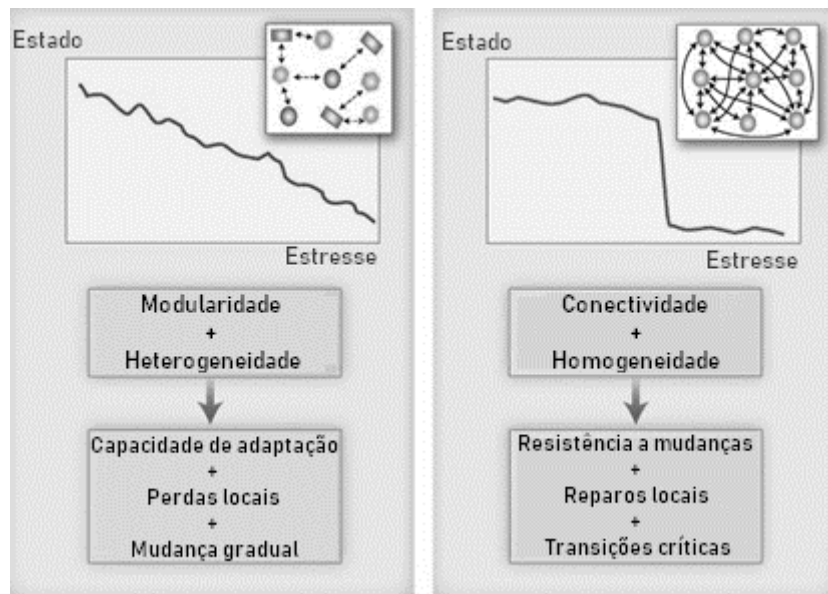


Figura 2 : A resiliência dos sistemas (traduzido de (Scheffer, et al., 2012))

A TRANSIÇÃO BRUTAL DOS SISTEMAS HOMOGÊNEOS, APLICADA À NOSSA SOCIEDADE

A brutalidade dessa provável transição na sociedade atual é comprovada no artigo científico *Approaching a state shift in Earth's biosphere* (Barnosky, et al., 2012). Tais transições críticas e mundiais ocorreram anteriormente. Uma das mudanças mais rápidas e mais recentes foi a transição da última condição glacial para a presente interglacial, que ocorreu ao longo de milênios.

Atualmente, as ações humanas contribuem a uma nova transição. Segundo o artigo, os mecanismos de forçamento mundiais são: o aumento *per capita* do impacto do crescimento demográfico, a fragmentação do habitat, a carência de energia e a mudança climática. Nota-se que esses fatores são os mesmos que aqueles implicados no colapso (Parte I.A.1).

A Figura 3 ilustra a transição brutal e crítica que poderia acontecer na era do Antropoceno⁵. Quanto mais fortes são os mecanismos de forçamento (eixo horizontal), mais deterioração do ecossistema da Terra vai ocorrer no futuro (eixo vertical). Observa-se que a força global tem ligação com o crescimento da população: quanto

⁵ Antropoceno : época da história da Terra que é caracterizada pelo impacto das atividades humanas no ecossistema terrestre em que ele vive. Este termo foi oficialmente reconhecido pelo Congresso Geológico Internacional em 2016 (Gras, et al., 2011).

maiores são, maior é a porcentagem da Terra alterada por nossa espécie (em cinza escuro).

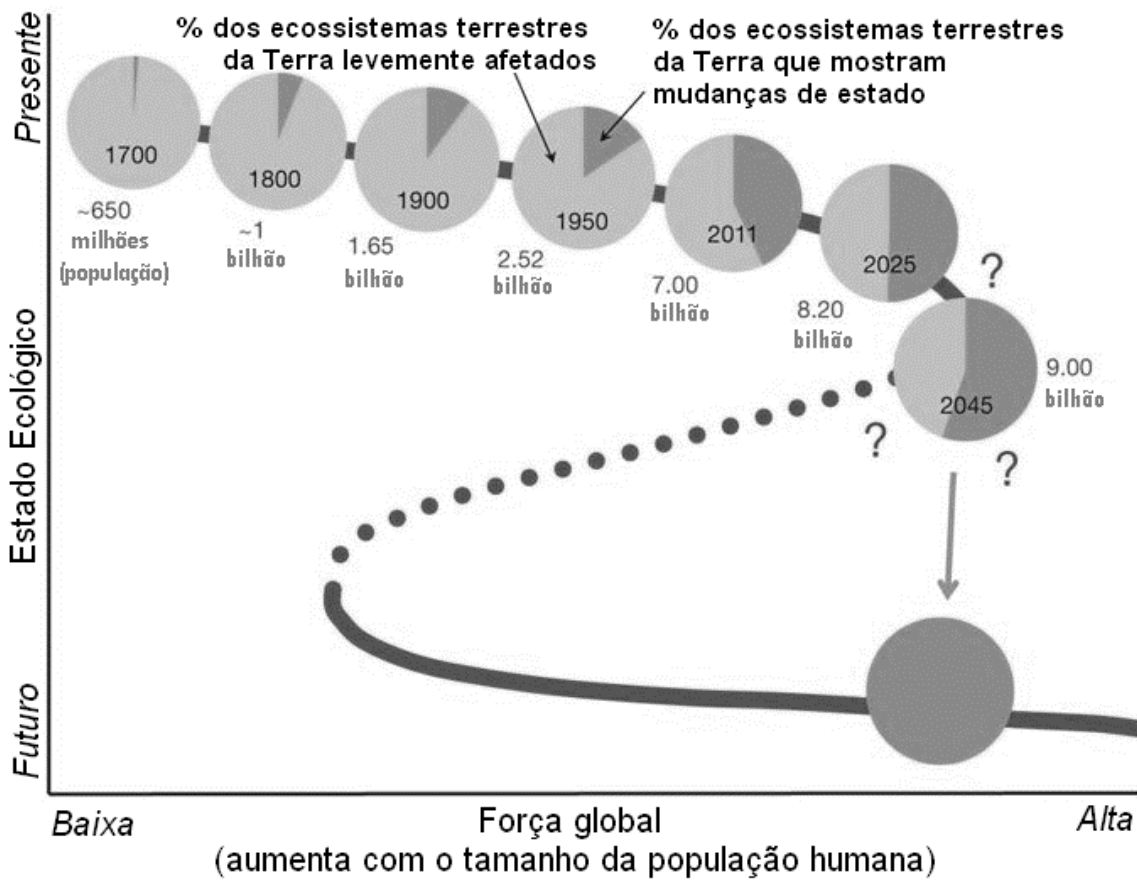


Figura 3: Quantificar o uso da terra como um método de antecipar uma mudança de estado planetário (traduzido de (Barnosky, et al., 2012))

Hoje, a atividade humana domina 43% da superfície terrestre da Terra, com 7,7 milhões de pessoas (Wordometers, 2019). Na figura 3, a transição crítica está prevista depois de 2045. Uma vez que essa transição crítica ocorre, é extremamente difícil até mesmo impossível para o sistema retornar ao seu estado anterior (Barnosky, et al., 2012).

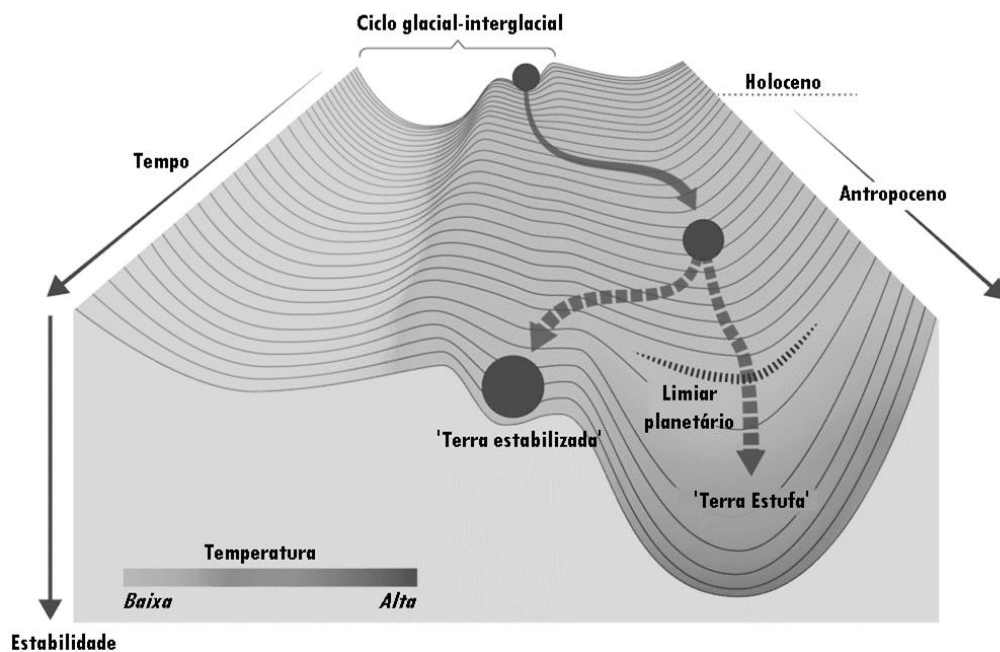
O PROVÁVEL ESTADO DA TERRA, DEPOIS DE SUPERAR O LIMITE DE EQUILÍBRIO

Um estado provável da Terra está contextualizado no artigo publicado em 2018, de Steffen *et al.* Na Figura 4, o eixo vertical (estabilidade) é definido como “o inverso da energia potencial do sistema”. Portanto, um sistema num estado altamente estável tem baixo potencial de energia, e deveria ter uma energia considerável para movê-lo deste

estado. Ao contrário, um estado instável tem uma alta energia potencial e requer um pouco de energia adicional para empurrá-lo fora deste estado.

Se os danos ao meio ambiente continuarem a causar impactos, o sistema terrestre poderia estar em desequilíbrio e causar aquecimento contínuo até chegar no estado de “Terra Estufa”. A “Terra Estufa” significa uma temperatura média global muito maior do que qualquer período nos últimos 1,2 milhões de anos e um nível do mar muito maior do que qualquer época do Holoceno. Isso causaria fortes perturbações para animais e plantas existentes. Por causa da energia potencial do sistema, esse fenômeno

aco
nte
ceri
a
me
sm
o se
hou
ves
se
red
uçõ
es



das emissões humanas.

Figura 4: O fenômeno da 'Terra Estufa' (traduzido de (Steffen, et al., 2018))

O artigo cita algumas medidas para impedir essa transição, tais como as mudanças comportamentais, as inovações tecnológicas, a preservação dos recursos naturais ou a descarbonização⁶ da economia.

Neste sentido, o setor agrícola se revela um ponto chave para impedir a mudança que está acontecendo. De fato, a agricultura convencional é a maior fonte de gases do efeito estufa (GEE) (Foley, et al., 2011), devido ao uso das energias fósseis, o transporte e o uso de insumos externos. Também nota-se que a maioria das ameaças envolvidas no colapso revelam-ser presentes nos custos externos e impactos da agricultura (Altieri, 2015). Portanto, a descarbonização do sistema geral terá que ser feita descarbonizando o sistema agrícola.

Por isso, se afastar da agricultura convencional deveria ser um objetivo primordial na transição. Diminuir a dependência energética, o uso de recursos naturais e as emissões de GEE neste setor é fundamental para a sustentabilidade de nossa sociedade.

⁶ Descarbonização : reduzir as emissões de gases do efeito estufa — especialmente o dióxido de carbono, gerado no uso de combustíveis fósseis.

I.B. O desafio do sistema alimentar: pilar da sociedade e fator de degradação

Após a apresentação do conceito de colapsologia, a agricultura revela ter um papel importante nesse processo. Compreender como foi estabelecida a Revolução Verde é o ponto de partida, antes de destacar os impactos sociais, ambientais e econômicos do modelo agrícola industrial.

I. B. 1. A Revolução Verde e o sistema alimentar industrializado

A Revolução Verde transformou radicalmente o sistema agrícola. O sistema alimentar industrializado que conhecemos hoje é o resultado dessa revolução. É importante saber os fundamentos do seu estabelecimento, para entender por que essa revolução não é tão verde quanto seu nome. Esse item também resume os elementos técnicos que tornaram possível essa mudança.

A Revolução Verde começa na década de 1960 e foi desenvolvida nos países centrais da Europa, do Japão e dos Estados Unidos. Ela surge no fim da Segunda Guerra Mundial. Com a desestabilização econômica criada como resultado da guerra, o setor agrícola foi visto como uma oportunidade de gerar capital.

Após sua introdução nos países desenvolvidos, o processo de modernização conseguiu estabelecer-se no mundo inteiro, em relação ao contexto geopolítico: a Guerra Fria. Solucionar o desafio da fome, pelo uso da Revolução Verde, foi uma estratégia do governo dos EUA para conter a influência do regime comunista (ROSA, 1998). Por conseguinte, pode dizer-se que essa modernização não teve unicamente a intenção de melhorar a qualidade de vida, ou nem mesmo teve esse objetivo principal.

Essa afirmação pode ser provada pela situação atual: a fome está ainda presente mesmo se o planeta produz mais do que consome (Marcondes Helene, 1995). Deste modo, as inovações tecnológicas e o aumento da produtividade não solucionam esse problema. Daí, ela foi denominada como a “*maior fraude da história humana*”, pelo Yuval Noah Harari (Harari, 2018).

Sua implementação é baseada em vários elementos técnicos, que têm apoiado seu progresso no mundo inteiro, com o abandono do sistema alimentar previamente existente.

Antes de tudo, foi possível superar um dos fatores mais limitantes e imprevisíveis na produção agrícola: a água. Graças às reservas de água – criadas por obras hidráulicas, bombas, dispositivos de irrigação, etc – sua disponibilidade foi aumentada, facilitando o cultivo de muitas terras no mundo (Tilman, et al., 2002).

Antigamente, a fertilidade da terra era assegurada principalmente pela contribuição do esterco. Esse uso foi necessário para o crescimento das plantas, porque libera os elementos minerais que elas exigem (fósforo, nitrogênio, ...). Mas o uso desse material tem limitações: o tempo de decomposição e a liberação dos elementos minerais são longos e as quantidades limitadas. Para superar esses limites, as indústrias químicas desenvolveram os fertilizantes químicos. Eles tornam-se uma fonte de fertilidade dominante, pela simplicidade de uso e efeito imediato (Vianna, 2019).

Assim, as culturas tiveram uma maior disponibilidade de água e nutrientes. No entanto, as variedades antigas de sementes não foram adaptadas a essas novas condições. Para desenvolver plantas que podem utilizar essa abundância de recursos, instituições privadas – como Rockefeller e Ford – começaram a investir na técnica agrícola. Assim foram desenvolvidas as sementes denominadas Variedade Alta Produtividade (VAP). Há três cultivos principalmente direcionados durante este desenvolvimento das VAPs: o milho, o trigo e o arroz. O motivo é simples e econômico: por serem a base da alimentação mundial, o aumento da produtividade dessas culturas gera maior lucro (Oliveira de Andrades, et al., 2007).

Além do desenvolvimento de fertilizantes e VAPs, as indústrias químicas tiveram outro papel importante durante a Revolução Verde. Eles também influenciaram a demanda por agrotóxicos, como herbicidas, fungicidas, inseticidas e fertilizantes sintéticos. Os pretextos colocados a favor desse uso sistemático basearam-se na eliminação de fungos, pragas e ervas daninhas. Conseqüentemente, perdas de colheitas devido a esses fatores não deveriam mais existir, e, assim, aumentar os rendimentos dos agricultores (ROSA, 1998).

Finalmente, um outro elemento desempenha um papel importante durante este período: a motorização da agricultura. As indústrias mecânicas alteraram imensamente as práticas agrícolas, com a adoção de máquinas, como tratores. Este uso mecânico está intimamente ligado à especialização dos sistemas de produção (monocultura). Agora, as máquinas são indispensáveis nas etapas de plantio até a colheita.

Assim, a irrigação, os fertilizantes, as VAPs e os agrotóxicos permitem uma multiplicação dos rendimentos, enquanto a mecanização permite um aumento da produtividade (Vianna, 2019). Mas se esta revolução permitiu esse aumento impressionante na quantidade e rendimento da produção global de alimentos, suas consequências vão muito além desse aspecto produtivo.

De fato, a Revolução Verde instaura o uso de inovações tecnológicas para cada etapa de produção agrícola, criando uma dependência dos pacotes tecnológicos⁷. Ela também criou uma dependência da agricultura da fonte de energia externa, em favor do mercado da petroquímica e da motomecanização (Servignes, 2011).

I. B. 2. Descarbonização do sistema agrícola: um setor de alto consumo de energia

Nesta seção, o uso excessivo de energia não-renovável na agricultura industrial vai ser detalhado. Na análise da dimensão energética do setor, se distinguem dois tipos de energia: ecológica e cultural (Figura 5) (Gliessman, et al., 2015) (Baltasar Baptista Da Costa, 2017).

A primeira é originada da energia solar. A segunda é produzida pelo Homem, e pode ser biológica (Homem e animais) ou industrial (petróleo, ...). Deste modo, a energia ecológica e a energia cultural biológica são fontes de energia renovável; enquanto a energia cultural industrial é uma fonte não renovável.

⁷ Pacotes tecnológicos: conjunto dos elementos técnicos desenvolvidos durante a Revolução Verde (agrotóxicos, fertilizantes, mecanização) e vendidos "em pacotes" para os agricultores (Vianna, 2019).

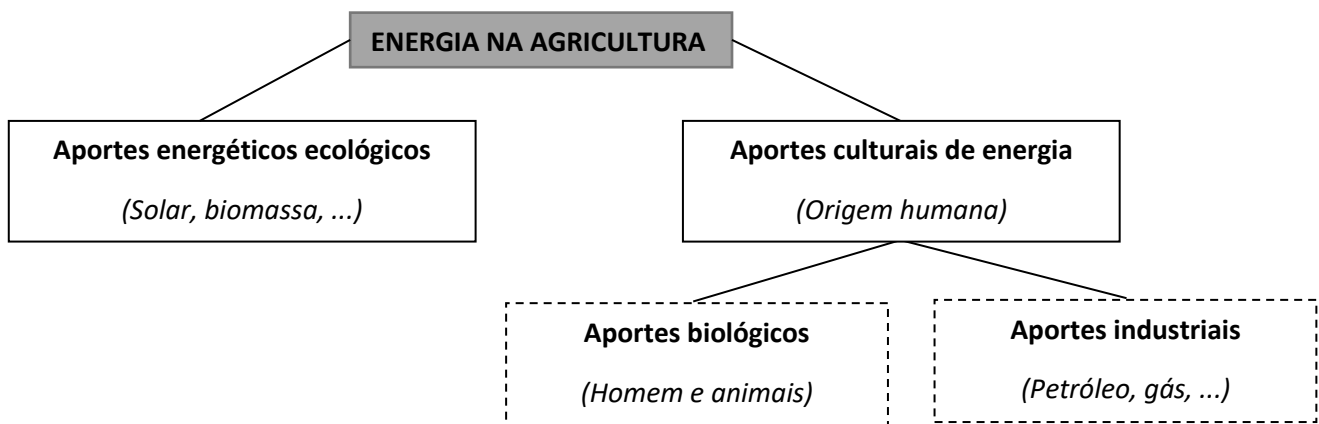


Figura 5: A energia na agricultura (Gliessman, et al., 2015)

Antigamente, os processos da agricultura funcionaram em circuito fechado, caracterizados pela autonomia e independência de energia externa. A Figura 6 mostra o aumento de uso de energia externa após a Revolução Verde. No ano 1970, o setor agrícola teve um uso de energia final de 5.800.000 tEP/ano, principalmente constituindo de lenha. Entre os anos 1970 e 1998, a contribuição do óleo diesel aumentou 45% e da eletricidade 25%; substituindo o uso de lenha. Nota-se que o uso da energia final no setor foi multiplicada por um fator de 2,4, atingindo 14.000.000 tEP/ano em 2018. Esta figura ilustra o exemplo do Brasil. Não foram encontrados gráficos ou dados globais.

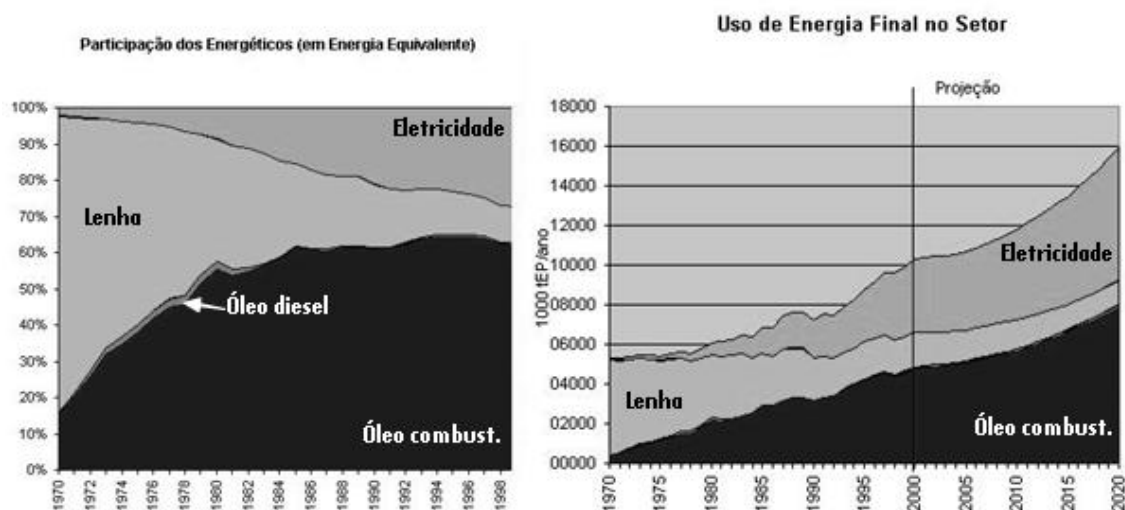


Figura 6: Participação histórica dos energéticos, de 1970 a 1998 e valores históricos e projetados do consumo de energia final, de 1970 a 2020, no setor agropecuária para o Brasil (Alvim, 2001)

Assim, nos últimos 50 anos, houve intensa substituição das fontes de energia renováveis por energias fósseis, explicada pelo surgimento da Revolução Verde. Especialmente, o

petróleo torna-se papel estratégico no desenvolvimento da agricultura. Deste modo, os sistemas agrícolas atuais estão altamente condicionados pela energia cultural industrial (Pimentel, et al., 2008).

I. B. 3. A agricultura industrial pode ser sustentável?

Anteriormente, foi apontado que a Revolução Verde era mais uma estratégia política do que uma estratégia social. Com seu estabelecimento no mundo, o modelo levou a um uso crescente de agrotóxicos, fertilizantes e fontes de energia não renováveis. Mas quais são os impactos reais desse modelo? Quer seja energética, econômica, social ou ambiental, esta subseção ilustra exemplos concretos e justifica por que o modelo é insustentável. O Anexo 1 discute o termo de sustentabilidade como sua definição pode ser ambígua e confusa.

BAIXA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A relação entre energia investida e produzida passou de 10:1 (onde o trabalho humano era a única forma de energia adicionada) a 40:1 (onde têm sido adaptadas práticas da agricultura industrial) (Gliessman, 2000). Assim, a eficiência energética estabelecida pelo modelo convencional é significativamente baixa, até negativa segundo a cultura considerada.

Além disso, a energia produzida na agricultura convencional é menor do que a energia necessária: *“Dentro dos países industriais, cada caloria de energia dos alimentos produzidos necessita em média de 7,3 calorias de energia”* (Heinberg, et al., 2009).

DEPENDÊNCIA DOS INSUMOS EXTERNOS E O IMPACTO ECONÔMICO

Como foi apresentada, a Revolução Verde promove o uso tecnológico para o ganho de produtividade agrícola, estabelecendo uma alta dependência do setor agrícola em relação aos fertilizantes e ao mercado energético. A Figura 7 ilustra esse relacionamento econômico entre as produções agrônomicas com os fertilizantes e o mercado energético.

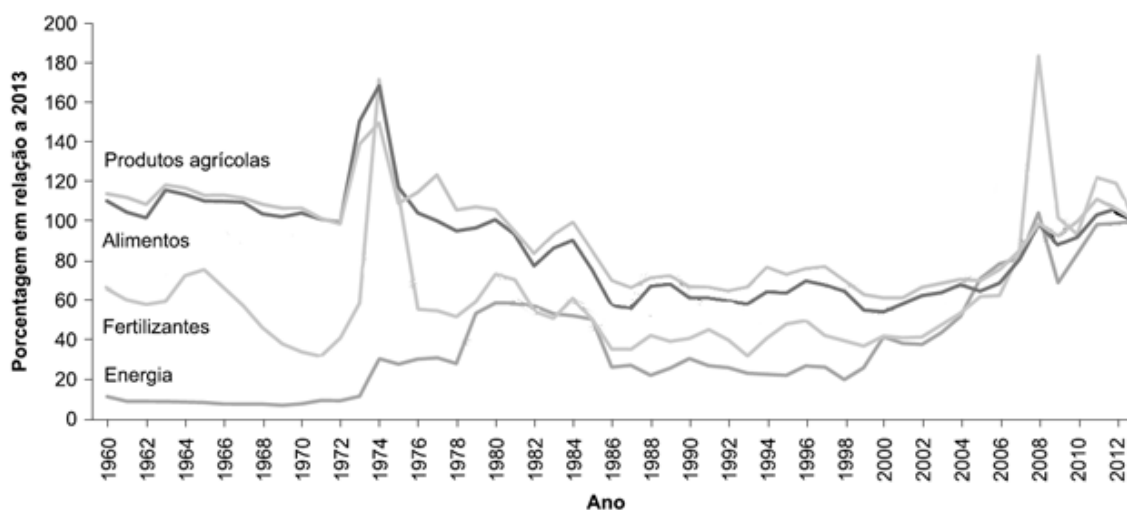


Figura 7: Índices dos preços das commodities no mundo (alimentos, produtos agrícolas, energia, fertilizantes), em US\$, de 1960 a 2013 (BIRD, 2015)

A observação geral é que – enquanto a volatilidade dos mercados é bem diferente – as curvas têm evoluções similares; tornando a agricultura um setor sensível às mudanças dos preços desses recursos petroquímicos.

O primeiro fator limitante são os fertilizantes, visto que a produção de agricultura intensiva depende inteiramente desses insumos. Mas esses materiais não são renováveis e, portanto, têm um limite. O problema é que a disponibilidade global de fertilizantes, notadamente fósforo e potássio, já é restrita e decrescente (Buainain, et al., 2015). Além desse limite quantitativo, este setor é altamente dependente do setor da energia, que responde por mais de 60% do custo final dos fertilizantes (Buainain, et al., 2015). A dependência energética dessas *commodities* pode ser observada na Figura 7, onde picos nos preços dos fertilizantes acompanham os três choques de petróleo (1974, 1980 e 2008). Portanto, existe um alto risco de inflação de preços dos produtos alimentícios no futuro, por causa desse relacionamento entre a agricultura, os fertilizantes e a energia.

O segundo elemento limitante vem do petróleo, que constitui o primeiro fator de aumento dos preços no setor agrícola (Chaize, 2013). O problema é que ele também é um recurso não renovável e que o pico de produção deveria ser entre 2015 e 2025⁸. Assim, poderia ser considerado o esgotamento quase total de petróleo no início do século XXII, enquanto todo o sistema alimentar é baseado nele.

⁸ Dependendo da origem das fontes – associações ou lobbies de combustíveis fósseis – a escassez de reservas de recursos fósseis difere.

Por conseguinte, a agricultura industrial não pode ser viável por estar baseado em energia finita.

DIMINUIÇÃO DE OCUPAÇÕES AGRÍCOLAS E ÊXODO RURAL

Em adição ao setor econômico, o aspecto social deve ser temido: o índice de mão-de-obra⁹ tem tendência decrescente ao longo do tempo. De fato, a taxa de crescimento deste índice caiu 1,94% entre 1975 e 2016 no Brasil; enquanto a produção de mão-de-obra na agricultura aumentou em um fator de 4,5 no mesmo período (Garcia Gasques, et al., 2018).

Este fato está relacionado com a troca de energia renovável (solar e humana) pelas energias de fonte não-renováveis (petróleo). O petróleo fornece um poder energético mais poderoso que a força humana: um litro de petróleo equivale, em média, a um mês de trabalho humano (Jancovici, 2013). Desta maneira, a abundância energética substituiu a mão-de-obra, que resultou no êxodo rural para os centros urbanos.

À primeira vista, poderia ser entendido como uma melhoria da condição de trabalho do setor agrícola: menos força muscular, menos carga de trabalho, etc. No entanto, a realidade do campo é diferente, como mostram testemunhos reunidos de diferentes pessoas agrícolas (Gers, 2017). Essa dependência energética do uso de máquinas e produtos externos causa, por outro lado, uma alta carga mental¹⁰ e dependência dos fatores externos.

ALTAS PRESSÕES SOBRE O MEIO AMBIENTE

Resumidamente, serão identificados os principais impactos da agricultura industrial no território.

Para começar, diversas pesquisas mostram que o uso de insumos químicos impactam principalmente três compartimentos: a água, a fauna e a flora e o Homem.

⁹ Índice de mão-de-obra: considera as pessoas com mais de 10 anos de idade, ocupando um emprego semanal e recebendo uma renda mensal do trabalho principal (neste caso, atividade agrícola).

¹⁰ Por exemplo, com a mecanização: existem robôs para a ordenha mecanizada de vacas, mas os agricultores devem estar prontos para acordar em caso de problemas mecânicos ou eletrônicos. Daí a existência de uma carga mental.

Por exemplo, a contaminação da água, especialmente por herbicidas, tem sido reconhecida desde a década de 1970. Apesar da legislação ambiental, com os níveis máximos de pesticidas na água potável, análises químicas mostram que eles estão além desses limites em vários países (Skinnet, et al., 1996). Em relação aos fertilizantes nitrogenados, eles estão diretamente relacionados ao fenômeno da eutrofização (Vianna, 2019).

O impactos na fauna e flora dos agrotóxicos são relativamente bem conhecidos no curto prazo, mas totalmente desconhecidos a longo prazo. Este é um problema real. Um exemplo conhecido é o DDT, um pesticida organoclorado, que foi descoberto em 1939. Observou-se que o DDT, mesmo em pequenas quantidades, afeta diretamente a sobrevivência e a reprodução das espécies de aves pelo enfraquecimento as cascas dos ovos. Embora seu uso tenha sido banido no mundo desde a década de 1970, ainda é encontrado no meio ambiente. Seria, portanto, sábio seguir o conselho de Rachel Carson em seu livro *Silent Spring*, onde ela prevê a destruição massiva dos ecossistemas do planeta se os agrotóxicos continuarem a ser usados massivamente (McKie, 2012). Os fertilizantes nitrogenados também estão implicados no declínio da biodiversidade. Foi encontrada uma correlação direta entre o número de espécies no campo e a quantidade de fertilizante nitrogenado aplicado (Rew, et al., 1992).

Para os humanos, a toxicidade é influenciada pela dose, o tipo de elemento químico, os metabólitos e o estado de saúde do indivíduo. Em termos gerais, os agrotóxicos levam à intoxicação por saúde, efeitos neurotóxicos, alterações comportamentais e respiratórias (Skinnet, et al., 1996). Ao lado disso, um alto nível de nitrato em bebidas consumíveis também é uma fonte de doenças intestinais e cânceres intestinais.

Além dos insumos químicos, a mecanização e a mudança das práticas agrícolas também impactaram fortemente o território. O fenômeno da erosão do solo é um exemplo desses impactos. Causada pela ausência de cobertura vegetal, as ações do vento e da água transportam uma parte da fração fértil do solo. Como resultado, o solo perde sua capacidade de reter água, perde nutrientes e tem uma estrutura deteriorada.

Ademais, a agricultura industrial tem uma alta dependência das energias fósseis, devido ao uso direto de combustíveis e indireto pelo uso de insumos petroquímicos. E esse uso excessivo de energia também vai deteriorar o meio ambiente. A agricultura moderna,

baseada em as energias não-renováveis, tem um papel direto nas mudanças climáticas devido às emissões de CO₂ e o efeito estufa (Foley, et al., 2011). Existem também danos ambientais indiretos causados na fase de exploração do petróleo, com efeitos a curto, médio e longo prazos.

Mas como continuar um sistema de agricultura que desestabiliza nosso sistema terrestre? E como atender às demandas futuras de alimentos, enquanto o próprio modelo de produção agrícola é baseado em recursos cada vez mais escassos?

A conclusão vem se tornando cada vez mais óbvia: estabelecer um sistema de agricultura em pequena escala, local e menos dependente dos insumos externos é uma necessidade. Com a situação atual e sua ligação ao fenômeno de colapso, ela deveria ser uma emergência. Não deveríamos deixar que a história se repita, com o processo de colapso.

Por isso, na Parte II deste trabalho , propõe-se um modelo alternativo de agricultura.

PARTE II : A AGROECOLOGIA, PARADIGMA NECESSÁRIO

PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

A primeira parte mostra que as atividades humanas degradam o estado da Terra, aproximando-se pouco a pouco da transição brutal e irreversível, que poderia causar um colapso das sociedades. Nestas ameaças, a dependência de insumos energéticos é uma questão central.

A ligação com a agricultura foi mostrada com a dependência energética: atualmente, o modelo de agricultura convencional é baseado na utilização excessiva de energia, através do uso das máquinas, dos fertilizantes químicos e dos agrotóxicos.

Portanto, mudar esse modelo seria essencial para manter um estado sustentável do planeta, respeitar os recursos naturais, diminuir o consumo de energias não-renováveis e oferecer uma distribuição mais justa e saudável dos alimentos. O modelo da agroecologia foi escolhido para promover uma agricultura alternativa sustentável. Sua apresentação vai mostrar por que ela é uma boa alternativa ao modelo atual.

II. A. A agroecologia: uma verdadeira alternativa na busca de uma agricultura sustentável

Essa parte consiste em descrever o que é agroecologia e entender seus conceitos relacionados, como a sustentabilidade e o agroecossistema. O estudo da sua história e evolução é essencial para compreender os principais objetivos da agroecologia e quais são os principais desafios para sua implementação. Isso permitirá também compreender como a agroecologia difere da agricultura industrial.

II. A. 1. A abordagem da agroecologia: sustentabilidade e agricultura alternativa

Nesta parte, as palavras agroecossistema e agricultura sustentável aparecerão muitas vezes, pois estão relacionadas com a noção de agroecologia. Sendo assim, é importante esclarecer o significado desses termos – que são bastante controversos – antes de explorar como estabelecer um sistema alimentar futuro mais sustentável do que o modelo atual.

AGROECOSSISTEMA E AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

O “agroecossistema” – também chamado “sistema de produção” ou “sistema agrícola” – é um conceito que surgiu na década de 1970 (Altieri, 1995). Define um ecossistema natural que comporte alteração humana no fluxo de energia, de reciclagem de nutrientes, de regulação da população e da resiliência do sistema, para o estabelecimento de uma produção agrícola (Vianna, 2019).

O surgimento da ideia de “agroecossistema sustentável” (AS) foi essencialmente uma resposta ao declínio dos recursos naturais em relação a Revolução Verde (Altieri, et al., 2005). De fato, a agricultura industrial (AI) instaurou um ecossistema desbalanceado e insustentável (Gliessman, 1990), como já foi apresentada na Parte I.B. Para contrariar o enfoque mecânico e reducionista da agricultura convencional, o agroecossistema dá um enfoque transdisciplinar (ambiente, social, econômico); indispensável para estabelecer uma agricultura sustentável (Baltasar Baptista Da Costa, 2017).

De fato, a AS é baseada na compreensão dos princípios ecológicos, dos diferentes sistemas - solo, vegetação, macro e microorganismos – e suas interações entre eles (Bianchi, et al., 2006). Neste sentido, os inputs e outputs do sistema serão considerados, a fim de estabelecer um circuito virtuoso e fechado (figura 8).

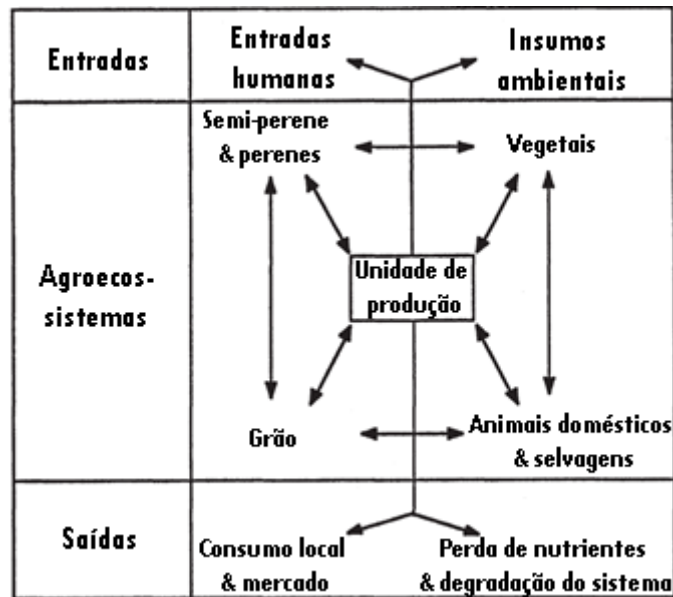


Figura 8: Representação de um agroecossistema (traduzido de (Gliessman, et al., 1980))

As características do sistema de AS deveriam, no mínimo (Gliessman, et al., 2015) (Baltasar Baptista Da Costa, 2017) (Vianna, 2019):

1. **Ter impactos ambientais mínimos:** diminuir as substâncias tóxicas/nocivas e minimizar a produção de gases de efeito estufa.
2. **Conservar os recursos naturais:** fertilidade do solo (erosão do solo, biodiversidade), uso consciente da água, etc.
3. **Reduzir as entradas externas:** substituir os insumos externos por ciclagem de nutrientes.
4. **Conservar a diversidade biológica e a cultura local:** valorizar a paisagem e a natureza.
5. **Garantir o acesso e a participação da comunidade:** transmitir os conhecimentos e as tecnologias.
6. **Assegurar uma autossuficiência alimentar :** garantir uma segurança alimentar e uma repartição justa pela produção estável e eficiente.
7. **Remover as injustiças:** dos setores sociais, econômicos e políticos.

Assim, o modelo agrícola deve manter os ciclos o mais fechados possível, com o objetivo de reduzir as perdas do sistema e buscar um funcionamento sustentável.

Resumidamente, um agroecossistema sustentável pode ser definido como a aplicação dos princípios ecológicos na produção agrícola. O AS interage respeitosamente com a natureza e desenvolve um sistema alimentar justo e saudável para o bem-estar humano. Isso inclui análise da produção, do processamento, da comercialização e do consumo. Neste sentido, nosso modelo agrícola convencional – que consome a maior parte dos recursos naturais não-renováveis do planeta (Maria de Aquino, et al., 2005) – não pode ser sustentável. Isso foi mostrado através das consequências sociais, econômicas e ambientais altamente negativas, decorrentes da Revolução Verde.

O objetivo dessa segunda parte é argumentar como a agroecologia estabelece uma agricultura sustentável. Evidentemente, existem outros paradigmas – permacultura, agricultura orgânica, agrofloresta – mas o presente documento trata apenas da agroecologia.

II. A. 2. História e evolução da agroecologia

Como muitos conceitos de nossa sociedade – ver a item anterior (II.A.1.) – a palavra "agroecologia" é uma fonte de confusão e de ceticismo. Assim, definir a agroecologia é útil para abordar e responder à questão da agricultura sustentável.

No sentido lógico, a agroecologia (AE) apareceu quando os campos de ecologia e de agronomia cruzaram um caminho comum. Ela gerou uma reflexão entre a comunidade científica e agrícola, sobre o estabelecimento de técnicas inovadoras para preservar o meio ambiente e a qualidade de vida. Foi novamente uma resposta às consequências negativas da Revolução Verde, com o uso dos pacotes tecnológicos.

A complexidade desse conceito reside no fato de que ele pode ser definido como uma prática, um movimento e uma ciência; além de estar em constante evolução. Existem três grandes períodos marcados essas mudanças de percepção: 1930-1960; 1970-2000 e depois de 2000 (Wezel, et al., 2009).

A FASE INICIAL DA AGROECOLOGIA (1930 – 1960)

O conceito é recente, pois aparece pela primeira vez ao redor dos anos 1930. Nesta época, considerado apenas como ciência, o termo foi definido como “*a aplicação da ecologia dentro da agricultura*” (Bensin, 1930).

Pouco tempo depois, a abordagem passou da escala de parcela/campo à escala da fazenda/agroecossistema, pelo estudo dos componentes dos agroecossistemas e das interações biológicas (Tischler, 1950). Os fatores históricos, técnicos e socioeconômicos foram integrados pelo agrônomo Klages, reforçando o abordagem sistêmica e transdisciplinar da AE (Maria de Aquino, et al., 2005).

Esse enfoque, menos reducionista, foi primordial para superar as limitações do referencial teórico e analítico usado na agricultura convencional. Isso melhora a compreensão dos princípios e as relações no agroecossistema, a fim de projetar os possíveis impactos e reduzi-los (Michalka, 2018).

A EXPANSÃO DA AGROECOLOGIA (1970-2000)

Durante os anos 1970, a AE amplia-se como movimento social e cultural, em paralelo à emergência dos movimentos ambientais (Gliessman, et al., 2015). Aí, sua evolução foi marcada pelo desenvolvimento dos conceitos de sustentabilidade e de agroecossistema, uma vez que surgiu um maior interesse na compreensão dos princípios ecológicos existentes no agroecossistema.

O conceito de termo de práticas agroecológicas evoluiu durante essas décadas. Essas práticas resultaram da pesquisa em sistemas agrícolas tradicionais em países tropicais e subtropicais (Gliessman, 1990), as quais serão apresentadas mais adiante.

AS NOVAS DIMENSÕES DA AGROECOLOGIA (2000 – 2019)

Um desenvolvimento-chave acontece no começo do século XXI, em que o enfoque incluía uma escala ainda mais global: o sistema de produção inteiro (figura 9). Portanto, o sistema inteiro – do solo até a mesa – passou a ser levado em conta. Assim, a AE vai além da visão unidimensional dos agroecossistemas, para o estudo da inter-relação dos componentes e dos processos ecológicos (Vandermeer, 1995).

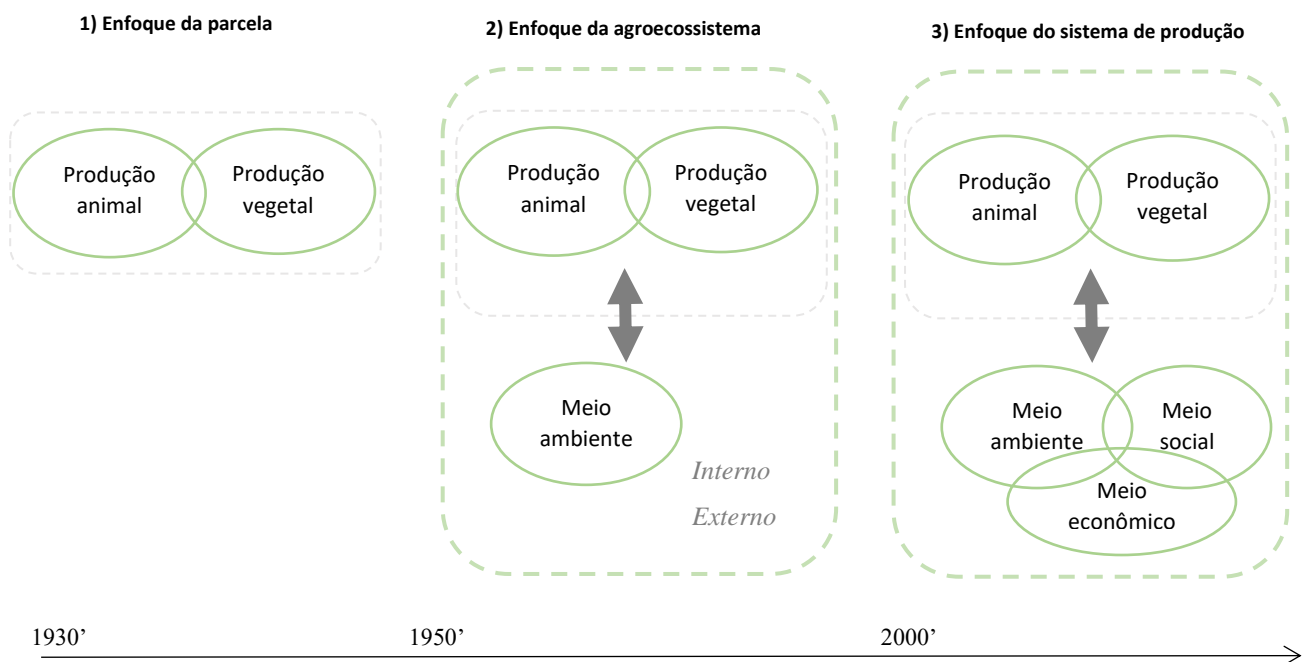


Figura 9: As abordagens da agroecologia na parcela e na agroecossistema (produção pessoal, adaptada de (Wezel, et al., 2009)).

Isso resulta em uma definição mais ampla, tomando em conta essa nova escala:

“[...] o estudo integrativo da ecologia de todo o sistema alimentar, englobando aspectos ecológicos e dimensões sociais, ou seja simplesmente a ecologia dos sistemas alimentares”.

(Francis, et al., 2003)

Mas a criação da AE revela ser não tão fácil, sendo os principais desafios seguintes:

- 1) Alcançar **características semelhantes aos ecossistemas naturais**, mantendo pelo menos a mesma produção (Gliessman, et al., 2015);
- 2) Ser capaz de pensar com uma **visão transdisciplinar** e levar em conta todas as relações inter e intra-naturais do agroecossistema;
- 3) Buscar uma **sustentabilidade de longo prazo** com a redução do uso de energia e de insumos externos.

Por isso, a próxima subsecção vai dar uma visão mais prática da AE.

II. B. As buscas da agroecologia por produção e consumo sustentável

Seguindo a definição e explicação do conceito de agroecologia, é interessante entender como seu enfoque na escala agroecossistêmica possibilita estabelecer um sistema mais sustentável do que a agricultura industrial. Para isso, os impactos ambientais, sociais e econômicos serão destacados. Esses benefícios são importantes para ajudar na divulgação da agroecologia, pois podem fornecer exemplos concretos a seu favor e implementação.

II. B. 1. A integração dos princípios agroecológicos no campo e seus benefícios ambientais

A implementação da agroecologia deve ser feita em quatro fases: 1) Eliminação progressiva dos insumos externos; 2) Eficiência do uso de insumos; 3) Substituição de insumos (tecnologias alternativas, ...) e 4) Redesenho do sistema (diversificação, ...) (Altieri, et al., 1996).

O design do sistema agroecológico é baseado na aplicação de princípios ecológicos, que são os seguintes (Reijntjes, et al., 1992):

1. **Estabelecer fluxos equilibrados e minimizar as perdas:** nutrientes, balanço hídrico, balanço energético, biomassa;
2. **Garantir condições favoráveis** para o crescimento da planta com a **conservação do solo:** atividade biótica, matéria orgânica, ...
3. **Diversificar as culturas** no tempo e no espaço e **aumentar a sustentabilidade** da produtividade ao longo prazo;

4. **Aproveitar as interações biológicas benéficas** e as **sinergias** entre os componentes do agrossistema.

Assim, a agroecologia não dita práticas técnicas independentes das características territoriais, ao contrário da agricultura industrial. Este é um ponto importante: o território não é modificado e impactado para receber o estabelecimento de uma atividade agrícola, mas a atividade agrícola se adapta ao território. Então, para estabelecer um sistema agroecológico, o ponto inicial é de tomar em conta as características pedo-climáticas e socioeconômicos locais. O planejamento do sistema de produção depende delas. Assim, a estrutura do sistema agrícola é mais adaptada ao ecossistema natural, permitindo a diminuição dos insumos externos (energia fóssil, agrotóxicos, fertilizantes) (Wezel, 2017).

Todavia, mesmo que não existam padrões de técnicas globais, há categorias distintas de práticas agroecológicas (Wezel, et al., 2014). A tabela 1 apresenta como essas práticas contribuem no setor ambiental, segundo diferentes temas ambientais.

Tabela 1: Categorias de práticas agroecológicas e suas contribuições (elaboração pessoal, baseada sobre o estudo de (Wezel, et al., 2014))

Prática agroecológica	Contribuição no setor ambiental					
	Reciclagem de biomassa	Melhoria da biodiversidade funcional	Reforço da biologia do solo	Minimizar perdas de energia, água, nutrientes e recursos genéticos	Diversificação ao nível do campo e da paisagem	Melhoria das interações e sinergias biológicas
Pouco integrado na agricultura moderna	Biofertilizantes		X			
	Pesticidas naturais		X	X		
	Rotação de culturas	X		X	X	X
	Culturas intercalares e de cobertura	X	X	X	X	X
	Agrofloresta	X	X	X	X	X
	<i>Allelopathic plants</i> ¹¹		X			X
	Integração de animais	X		X	X	X
Já presente na agricultura moderna	Integração de elementos de paisagem semi-naturais		X	X	X	
	Fertilização orgânica	X		X	X	
	Controle biológicos de pragas		X		X	X
	Estratégia de manejo de nutrientes (fertilização dividida)				X	
	Trabalho mínimo de lavoura		X	X		
Irrigação por gotejamento				X		

¹¹ Palavra inglês sem tradução português, refere-se aos efeitos benéficos ou prejudiciais de uma planta em outra planta.

A figura 10 reagrupa essas 13 práticas em 6 categorias e indica a escala espacial de sua aplicação. Essa escala, de local ao global, é fundamental na busca de um agroecossistema sustentável; pois a sustentabilidade se estabelece do campo até o sistema de produção inteiro.

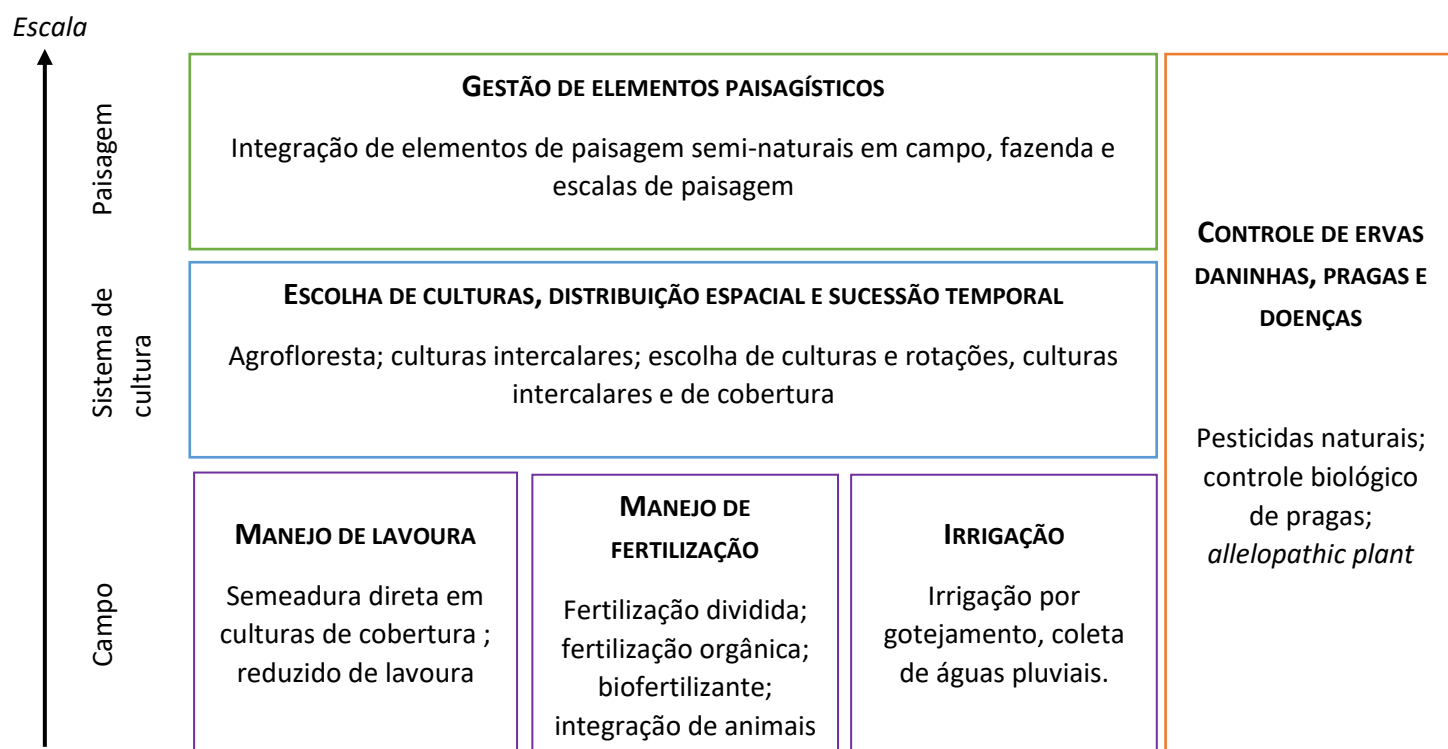


Figura 10: Categorias de práticas agroecológicas com escala de aplicação espacial (elaboração pessoal, traduzida de (Wezel, et al., 2014))

De forma sucinta, o objetivo final da AE é de imitar e valorizar a estrutura e os processos ecológicos dos ecossistemas naturais locais (Lamine, et al., 2009). A estratégia principal desse manejo é de valorizar as complementaridades e sinergismos entre as culturas e o biótipo existente (Altieri, et al., 1994).

O principal desafio da sua aplicação é ser uma agricultura “experimental”, por não ter métodos pré-estabelecidos. Ao contrário da agricultura industrial, esse modelo não se baseia em técnicas comuns, como o uso de fertilizantes, de soluções tecnológicas e de energia não-renovável. Essa falta de medidas técnicas pode ser desanimadora para adaptar um sistema agroecológico (Altieri, et al., 2005).

Além disso, os resultados ambientais aparecem no médio prazo. Após 4 anos de conversão, tornam-se aparentes mudanças nas propriedades do solo: teor em nutrientes; pH; matéria orgânica e níveis de biomassa microbiana (Pimentel, et al., 2005). Mas os resultados de produtividade de biomassa e de rendimento econômico serão aparentes ao longo prazo, depois de 10 anos (Canet, 2017). Por isso, os agricultores devem adotar uma visão de longo prazo, o que pode ser um empecilho.

A fim de argumentar em favor dessa conversão e para superar esses potenciais limites, os ganhos sociais e econômicos serão detalhados na próxima parte.

II. B. 2. Os benefícios socioeconômico da agroecologia

As contribuições da agroecologia no setor ambiental já foram apresentadas na Seção II.B.1. As condições socioeconômicas são, da mesma forma, importantes, pois representam os meios de prover as necessidades dos agricultores. Esses trunfos permitem a superação dos potenciais bloqueios para seu estabelecimento.

DIMINUIÇÃO DOS RISCOS DE PERDA DAS PRODUÇÕES

O solo é o capital e a ferramenta da profissão agrícola. Mas a agricultura intensiva afeta totalmente o funcionamento dos agroecossistemas, até desequilibrar a produtividade e resiliência deles.

A título de exemplo, o uso de inputs artificiais (fertilizantes, insumos e agrotóxicos) podem comprometer a biodiversidade natural do agroecossistema, que é fundamental para a produção. Este impacto foi detalhado no item I.B.3. Por outro lado, práticas agrocológicas permitem o aumento da vida no solo e da atividade microbiana (Canet, 2017). Esses fatores asseguram condições favoráveis ao desenvolvimento das culturas vegetais, e portanto, contribuem em favor da produtividade do agroecossistema.

Da mesma forma, a monocultura e a seleção genética vão estabelecer um meio ambiente uniforme. No entanto, não ter diversidade genética é um real risco para o agricultor. De

fato, os níveis tróficos são enfraquecidos e o meio ambiente tem menos respostas e adaptação às pragas, doenças e mudanças do clima. Assim, o sistema torna-se mais sensível, menos resiliente e mais exposto aos riscos. Ao contrário, a agroecologia promove uma maior diversidade, pelo sistema agroflorestal, culturas intercalares, rotações de cultura. Ter um ambiente mais complexo e diversificado, portanto, aumenta as respostas às mudanças externas e evita a perda de toda a cultura.

Ademais, as práticas agroecológicas reforçam o complexo argila-húmico e a reserva de água, melhorando a resposta do solo aos fenômenos extremos (seca ou chuva). Essa adaptação é favorecida, por exemplo, com o estabelecimento de cobertura permanente de solo. Tal fato contribui para diminuir os danos de erosão de solo, que são uma grande perda de produtividade e de capital (Canet, 2017).

REDUÇÃO DOS CUSTOS E AUTONOMIA ENERGÉTICA

A atenção quanto aos indicadores econômicos é indispensável na promoção da agroecologia, de maneira a assegurar que não comporte risco financeiro. Infelizmente, os dados econômicos ainda apresentam obstáculos em termos de pesquisas científicas ou transparência. Por isso, os dados que vão ser apresentados são numa escala do Brasil.

A Tabela 2 indica diferentes medidas comparativas entre o sistema convencional e agroecológico, obtidas a partir dos indicadores da Rede de Agricultores Familiares Gestores de Referências (Cristo dos Santos, 2005).

Observa-se que a agricultura convencional apresenta dependência aos recursos externos para garantir sua produtividade. Os custos tecnológicos representam 77% do custo total de produção no sistema convencional. Ao contrário, somente 12% dos gastos econômicos são devidos à tecnologia no sistema agroecológico. Como se sabe que as tendências das taxas inflacionárias desses custos no futuro devem aumentar de ~15% ao ano (Cristo dos Santos, 2005), ter menos dependência de tecnologia poderia reduzir um potencial risco econômico.

Também, na Tabela 2 nota-se que a área de produção na AE é menor: 4,5ha contra 15ha no sistema industrial. Portanto, os recursos externos para manter a produção também deveriam diminuir. Mesmo se a área de trabalho é mais restrita, ela apresenta uma maior

produção de biomassa/ha que o sistema industrial e um rendimento similar (Canet, 2017).

Ademais, apresenta-se o indicador da renda da agricultura (%/VBP e em R\$), representante do desempenho econômico. O sistema da AE permite aumentar em aproximadamente 70% esse valor. Os factores que influenciam este aumento são que a AE tem menor gastos energético, de tecnologia e de manutenção. Também porque a agroecologia promove um consumo das produções na escala local, o que permite remunerar os produtores pelo preço justo. Para obter o balanço monetário positivo no sistema convencional, 47% de famílias agricultoras recorrem a algum tipo de financiamento ou complementação de renda (Cristo dos Santos, 2005).

Tabela 2: Indicadores econômicos nos sistemas convencional e agroecológico, com base em 1 013 famílias agricultoras do Sul do Brasil (Rede de Agricultores Familiares Gestores de Referências, safra 2003/2004)

Indicadores	Convencional	Agroecologia
Área de produção¹² (ha)	15	4,5
Valor bruto da produção – VBP (R\$/ha)	950,00	1.800,00
Valor bruto da produção total (R\$)	14.250,00	8.100,00
Custos tecnológicos (%/VBP)	77	12
Custos de manutenção (%/VBP)	8	3
Despesas de manutenção familiar (%/VBP)	25,8	24
Renda da agricultura¹³ (%/VBP)	-10,8	61
Renda da agricultura (R\$)	- 1.539,00	4.941,00

MELHORA DAS CONDIÇÕES RURAIS E DA VIDA DA POPULAÇÃO GLOBAL

Cada vez mais, tem-se observado a rejeição popular ao agronegócio, atribuindo-lhe a responsabilidade pelos males de degradação do meio ambiente e pela insegurança alimentar. Como defendido pela Economia Circular¹⁴, a troca entre produtores e consumidores poderia permitir uma valorização do setor agrícola.

¹² Área de produção significa a área trabalhada por uma pessoa adulta em tempo integral.

¹³ Renda da agricultura = (valor bruto da produção) – (custos tecnológicos) – (custos de manutenção) – (despesas de manutenção familiar).

¹⁴ Economia Circular : sistema econômico que visa aumentar a eficiência do uso de recursos e reduzir os impactos nos meios ambiente e social, a cada fase do ciclo de vida do produto (bens e serviços)

Também, observa-se que o modelo agroecológico tem maior necessidade de mão-de-obra: um hectare na AE, que não é baseado em tecnologia e mecanização, é equivalente a um trabalho completo de uma pessoa (Canet, 2017). Neste sentido, tal sistema tem alto potencial como fonte de criação de empregos e revitalizar áreas rurais.

O outro ponto a ser destacado seria a AE como uma ferramenta de saúde pública. De fato, ressalta-se a qualidade dos produtos agroecológicos, sem resíduos de produtos químicos e agrotóxicos, permitindo a preservação do meio ambiente. Isso contribui também para o aumento da qualidade de vida da população, reduzindo os problemas de saúde tais quais diversos tipos de câncer (Baldi, et al., 2019) ou estresse (Michalka, 2018).

Para concluir, a agroecologia fornece princípios para desenvolver agroecossistemas diversificados, baseando-se no estudo do funcionamento dos ecossistemas naturais. Por considerar as interações e sinergias do meio ambiente (fauna, flora, solo, ar, água), a AE permite otimizar os processos dos ecossistemas – como a reciclagem de nutrientes, a resiliência do sistema, o reforço da biologia do solo – e melhora as dimensões ambientais e socioeconômicas – como a renda da agricultura, a produção de biomassa, a melhora da saúde pública.

Como demonstrado, a aplicação da AE é positiva para agricultores (aumento da fertilidade dos solos, maior autonomia de decisão, maior resiliência dos sistemas), cidadãos (qualidade sanitária e nutricional, preservação da biodiversidade e das paisagens) e rurais (reforço do mercado de trabalho, luta contra o êxodo rural).

Neste sentido, a AE encontra-se em consonância com o conceito de AS. Por si só, ela comporta os mesmos aportes e a abordagem transdisciplinar (social, econômica, ambiental). O estabelecimento dela vai ser a base na simulação de um cenário alternativo da agricultura no Brasil, última parte do presente trabalho.

(Geldron, 2014). Reflete-se na agricultura pela aplicação da agroecologia, por métodos que fecham os ciclos de nitrogênio e carbono, aumentam a atividade biológica no solo, etc. Por fim, reflete-se também através do consumo responsável de alimentos (produtos sem embalagens, distribuição local, dieta adaptada).

PARTE III : O POTENCIAL DA AGROECOLOGIA NA AGRICULTURA BRASILEIRA

"A agroecologia é muito mais do que uma alternativa agronômica, ela está ligada a um profundo respeito pela vida em todas as suas formas e deve permitir-nos estabelecer uma visão diferente da vida, conciliando necessidades vitais e salvaguardando a vida para hoje e para as gerações futuras "

(Rabhi, 2019)

Para lembrar o fio condutor deste projeto, propõe-se uma breve recapitulação prévia à última parte.

A primeira seção mostra os diversos fatores antigos e atuais, relacionados ao processo de colapso. A agricultura revela-se ser um desses fatores, devido à sua alta dependência energética do uso de pacotes tecnológicos. Porém, ela é o pilar fundamental da sociedade humana. A fim de diminuir as pressões do nosso sistema alimentar atual sobre o planeta, foi concluído que o modelo agrícola deveria mudar de maneira drástica.

Neste sentido, a segunda parte se posiciona em favor dessa transição agrícola, com a aplicação da agroecologia. Esse modelo alternativo, mais perto do funcionamento dos ecossistemas naturais, permite benefícios nos setores ambientais, sociais e econômicos. Assim, uma transição baseada neste sistema mostra-se realmente sustentável.

Para concluir esse trabalho, a última seção traz as características da agricultura brasileira. Uma modelação do sistema vai reunir os maiores fluxos envolvidos na agricultura convencional atual e no cenário pós-industrial (chamado “cenário AE” ou “cenário futuro”). Como objetivo, busca-se a comparação dos fluxos e o apoio da hipótese em que a agroecologia reduziria o uso de recursos não renováveis, criaria uma agricultura sustentável e não seria mais envolvida como fator no processo de colapso.

III.A. Uma breve história e evolução da agricultura no Brasil

O modelo de agricultura industrial foi previamente discutido em escala mundial na parte I.B. Este modelo também se estabeleceu no território brasileiro, mas através um propósito mais político do que social. Uma apresentação rápida do potencial agrícola brasileira será feita, para entender como a Revolução Verde mudou o sistema alimentar. Devido aos impactos fortemente negativos, o surgimento da agroecologia também tem sido feito no Brasil, embora a prática seja pouca atualmente.

III. A. 1. O setor agrícola, um impulsionador da economia nacional

O setor agrícola representa cerca de 33% do território brasileiro, ou seja, 334 milhões de hectares, com um total de 5 milhões de estabelecimentos (IBGE, 2011).

Desde 1990, a agricultura brasileira está marcada pelo aumento da produtividade da terra, embora não haja uma evolução significativa da área cultivada (Roberto de Andrade Alves, et al., 2008) e de pessoal empregado. Ao contrário, o número de trabalhadores empregados nesse setor tem inclusive diminuído (Bragagnolo, et al., 2015). Portanto, o crescimento de produtividade explica-se pelo uso intensivo de mecanização e de insumos agrícolas.

Graças ao aumento da renda agrícola, o país tornou-se o segundo maior produtor de alimentos mundial em volume (UDOP, 2019) e desenvolveu seu potencial de exportação. De fato, o Brasil se posiciona como líder mundial na exportação de diferentes gêneros alimentícios (carne de vaca, carne de frango, soja, café, etc.) (USDA, 2016). Porém, para manter essa produção, o país utiliza intensivamente insumos externos (agrotóxicos, fertilizantes, Organismo geneticamente modificado). Ele torna-se como maior consumidor de agrotóxicos do mundo. Isso explica-se pela especialização da agricultura brasileira em três principais culturas: soja, milho e cana-de-açúcar; representando 76% da área total plantada no Brasil. Em paralelo, essas culturas são os

mais consumidores de agrotóxicos, com 82% do consumo total do país (Pignati, et al., 2017).

A modernização do setor agrícola tem sido, portanto, um fator-chave para a economia brasileira: permitiu a consolidação da economia e do potencial agrícola brasileiro. Porém, observa-se uma estagnação ou mesmo diminuição da produtividade desde os anos 2000 (Roberto de Andrade Alves, et al., 2008). O aumento de produtividade propiciado pela Revolução Verde revela-se, desse modo, como efeito apenas passageiro, o que acarretaria possíveis consequências econômicas para os próximos anos.

Além disso, as consequências ambientais são altamente negativas. Os insumos externos atingem as matrizes ambientais como o solo, as águas, a atmosfera, os animais e os vegetais. Quais são, portanto, os reais desdobramentos da Revolução verde no Brasil?

III. A. 2. A revolução industrial no Brasil, realmente tão verde?

A Revolução Verde tem se mostrado presente no mercado agrícola brasileiro desde o fim da II Guerra Mundial, quando o setor petroquímico passou a buscar novos mercados. A situação política do país, com a ditadura militar, reforça esse processo de modernização da agricultura. O objetivo foi desenvolver o Brasil como uma potência agrícola mundial (Vianna, 2019), o que se consolidou conforme apresentada na Seção III.A.1.

Apesar do aparente sucesso, o modelo implementado mostra ser insustentável, conforme exposto na Parte I. Essas consequências são ainda mais graves em países tropicais, especialmente no Brasil, que é um dos maiores produtores agropecuários do mundo. De fato, as características climáticas e socioeconômicas específicas das zonas tropicais e subtropicais - muito diferentes daquelas dos países onde o modelo foi desenvolvido - não foram levadas em conta na aplicação do modelo brasileiro (Baltasar Baptista Da Costa, 2017).

Por isso, serão apresentados os impactos gerados pela imposição da Revolução Verde.

IMPACTOS NO AMBIENTE

Como um círculo vicioso, o controle sistêmico de pragas nas produções agrícolas levou a um aumento delas. De fato, no Brasil, houve um aumento no número de pragas no mesmo período que o aumento do uso de agrotóxicos. O estudo de Paschoal mostrou que havia 193 pragas até 1958 e surgiram 400 novas espécies entre 1958-1976, período que coincide com a intensificação do uso de agrotóxicos (Paschoal, 1983). Há, portanto, perturbação do controle biológico e aumento das pressões ambientais sobre as culturas por causa desse controle sistemático. Este uso constante de produtos químicos é um real problema de contaminação do meio ambiente, além de constituir um desequilíbrio econômico.

Além da degradação dos recursos naturais, a agricultura industrial é um fator de destruição desses recursos. Isso é notável com o fenômeno do desmatamento das florestas primárias no Brasil. Mais de 80% da perda florestal foi devido à demanda por pastos entre 1990 e 2005 e causou ao menos uma perda de 1/3 das florestas (FAO, 2016). Atualmente, a expansão das terras agrícolas ainda está envolvida no desmatamento para a pastagem, mas também para as monoculturas de soja. Embora o projeto não aborde os limites do estabelecimento da agroecologia no Brasil, é importante enfatizar que essa cultura de soja é a maior consumidora de agrotóxicos (Pignati, et al., 2017) e constitui uma produção dedicada para a alimentação animal de países desenvolvidos. Sendo assim, os países importadores são totalmente dependentes do Brasil, e as pressões sócio-políticas são um fator não desprezível na política agrícola brasileira. Portanto, este é um enorme limite para a implementação da agroecologia em nível nacional. O Anexo 2 apresenta os fluxos do comércio exterior agrícola brasileiro dos produtos principais, a fim de compreender a importância deles.

Finalmente, o uso inadequado da terra pode empobrecer e está envolvido no fenômeno da erosão. De fato, devido à falta de cobertura vegetal e uma fraca estabilidade físico-química, a superfície do solo torna-se vulnerável ao escoamento da água e ao vento. No Paraná, constata-se uma perda de 1 cm de solo ao ano nas áreas sob cultivo agrícolas, enquanto a formação demora 400 anos (Baltasar Baptista Da Costa, 2017).

IMPACTOS SOCIAIS

A Revolução Verde modificou o paisagem e a dinâmica rural. A liberação de mão-de-obra antigamente agrícola, juntamente com o aumento de empregos secundários e terciários em áreas urbanas, resultou em um grande êxodo rural. Os números ilustram a rapidez desse fenômeno no Brasil: a porcentagem de população brasileira na área urbana passou de 31,2% a 81,2% entre os anos 1940 e 2010 (IBGE, 2010).

Além dessa concentração populacional nas cidades, a qualidade de vida e a saúde humana estão afetadas. Especialmente pelo uso de agrotóxicos, que têm uma pulverização feita pelos tratores e aviões. Assim, eles vão atingir alvos não intencionais, como os compartimentos atmosféricos, terrestres, aquáticos e vivos circundantes. Isso contamina o meio ambiente e os alimentos, gerando intoxicações na saúde humana. Infelizmente, esse risco ainda é invisível e mal divulgado, por insuficiência de dados e pesquisa sobre a quantidade usada e o potencial tóxico dos agrotóxicos (Pignati, et al., 2017).

IMPACTOS ECONÔMICOS

Os impactos econômicos também são negativos. Primeiro, houve um aumento na produção agrícola nacional, que agora constitui a base da economia do país, enquanto essa produtividade mesma se baseia no uso intensivo de insumos finitos. Mas esta produção está alcançando um limiar de crescimento até mesmo uma diminuição em certas culturas (Baltasar Baptista Da Costa, 2017). Essa deve ser uma primeira grande preocupação para a economia brasileira.

Também, a modernização da agricultura levou a uma explosão no consumo de energia não renovável. Por exemplo, um estudo no estado de São Paulo mostrou que ao redor de 80% da energia na produção agrícola tem origem do petróleo, distribuído em 38,1% dos combustíveis e 41,5% dos agrotóxicos e fertilizantes nitrogenados (Castanho Filho, et al., 1982). Sabe-se que esse uso de energia reduz a eficiência energética da produção de alimentos: existe um uso maior de calorias para criar produtos do que as calorias contidas nos próprios produtos (Baltasar Baptista Da Costa, 2017). Deste modo, não é sustentável.

Ademais, um estudo recente mostrou que os custos em termos de perda de capital natural e danos ambientais são enormes no setor agrícola, o que engendra grande perda na economia brasileira: para cada 1 milhão R\$ de receita do setor, 22R\$ milhões são perdidos (Carreira, et al., 2015).

III. A. 3. A emergência da agroecologia e sua prática atual no meio agrícola

Tendo em conta estes impactos, no início dos anos 1970 surgiram os primeiros críticos a esse modelo. Um dos mais influentes foi o ecologista José Lutzenberger. As contestações foram relativas ao modelo tecnológico, à degradação social, à dependência da energia externa e à exclusão social (BAREU, et al., 2009).

Essa visão ecológica amplia-se com uma visão social na metade da década de 1970, pelos movimentos sociais – como o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST). Esses movimentos lutam em favor de uma divisão igual de terra e contra a especulação das terras agrícolas (Vianna, 2019).

O questionamento do modelo agrícola moderno levou ao estabelecimento de uma agricultura alternativa, fazendo emergir a agroecologia na década 1990. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAA) divulgou essa proposta agroecológica, em conjunto com a Agricultura Familiar e Agroecologia (AS-PTA) (Baltasar Baptista Da Costa, 2017). No meio da década de 1990, o movimento agroecológico ganhou cada vez mais em expressão, através das ações e das organizações sociais.

Mesmo assim, as práticas orgânica, agroecológica ou de SAFs (Sistema Agroflorestais) estão ainda pouco expressivas no meio agrícola atual. Os estabelecimentos orgânicos ou agroecológicos representam 2% e os SAFs 6%, no total dos 5.175.636 estabelecimentos totais (IBGE, 2011). Mesmo que a questão não esteja no escopo deste projeto, seria interessante entender por que ela não está mais integrada aos métodos dos agricultores. Poderia ser uma falta de financiamento e apoio público na mudança de práticas, ou ainda de comunicação e conscientização entre as autoridades públicas, privadas e

grupos de agricultores, ou mesmo uma vontade política que quer manter este modelo que impulsionou a produtividade agrícola.

Em breve, a agricultura brasileira terá um papel econômico muito impactante. As diferentes produções e a produtividade das culturas tornaram o país uma superpotência mundial (potencial de produção e de exportação). A agricultura industrial constitui, portanto, um pilar econômico nacional.

Ao lado desses desempenhos econômicos, a falta de consciência ambiental e social fez do setor agrícola uma das principais ameaças reais à biodiversidade (Ribeiro Guimarães Mendonça, et al., 2014) e ao desenvolvimento do setor rural. Por isso, a emergência da agricultura alternativa surgiu com a prática agroecológica: a vontade de mudar o modelo agrícola também existe no Brasil. O desafio no momento é alcançar uma propagação mais intensiva e rápida. Como foi dito na Parte I, há pouco tempo para mudar radicalmente o modelo agrícola, devido ao provável risco de colapso.

Para entender como a agroecologia poderia impactar o território brasileiro, uma estimativa prévia será apresentada na próxima seção.

III. B. Transição pós-industrial: quantificação dos benefícios ligados à aplicação da agroecologia

Nesse ítem, o objetivo é analisar e comparar a situação atual com o cenário pós-industrial, dito futuro ou agroecológico. A escala escolhida para essa comparação é nacional. Mesmo que não seja consistente com o paradigma da agroecologia – que promove uma escala agrossistêmica baseada as características específicas do território –, permite reunir dados mais completos e diversificados. A ideia e o caminho desta comparação é baseada sobre a modelagem agrônômica adotada no projeto TYFA da Europa (*Ten Years For Agroecology*) (Poux, et al., 2018). Claro, a modelagem desse projeto foi simplificada e adaptada às características específicas do Brasil, mas o raciocínio permanece o mesmo.

O primeiro passo é coletar dados para analisar o sistema alimentar sobre os temas que nos interessam. Para estar em continuidade com as partes anteriores, haverá um foco no balanço energético, com sua distribuição nos diversos insumos (sementes, agrotóxicos, fertilizantes, ...). Também vai ter um foco sobre as importações e exportações, pois são importantes para entender a segurança alimentar existente. Ademais, sabe-se que essas trocas internacionais são muito consumidores de energia pelo transporte dos materiais.

Posteriormente, com base no raciocínio da agroecologia e suas práticas, hipóteses preliminares foram estabelecidas. Foram adotadas como hipóteses:

- 1) A redução significativa da proteína animal no consumo da população com o crescimento de produtos vegetais;
- 2) A mudança da estratégia do mercado nacional: pensar em forma de qualidade ao lado de quantidade, com a diminuição das produções envolvidos na alimentação animal e fatores do desmatamento;
- 3) A interrupção do uso de agrotóxicos, produtos químicos e a diminuição drástica do uso de produtos fósseis.

Ao final, o desenvolvimento de uma figura vai resumir visualmente este estudo de caso.

MUDANÇA DA DIETA DA POPULAÇÃO (CONCEITO DO CONSUMIDOR-ATOR)

Conforme apresentado no conceito de Economia Circular, que está intimamente relacionado à agroecologia, o consumidor tem responsabilidade pela escolha dos produtos. É claro que, para ser verdadeiramente possível, todos os consumidores deveriam ter um poder de compra equitativo. Mas essa consciência e responsabilidade são essenciais para fortalecer e apoiar a agroecologia. De fato, o consumidor tem a capacidade de influenciar a oferta de produtos e torna-se um ator principal no mercado. Assim, para fortalecer a mudança do modelo alimentício, a dieta deve atender às necessidades nutricionais de forma adequada, equilibrada e saudável. O primeiro passo é analisar os comportamentos alimentares atuais.

A Figura 11 é baseada numa Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) do IBGE, que estipula a participação relativa de alimentos no aporte energético, pelos períodos 2008-

2009. Foi adotada uma disponibilidade domiciliar média diária de alimentos de 1611 g/dia/pessoa no Brasil (IBGE, 2011). Com esses dados disponíveis, foram calculados os dados médios de cada tipo de produto em g/dia/pessoa. Essa unidade foi primordial para compará-la com o relatório TYFA, onde a dieta adaptada está apresentada em g/dia/pessoa.

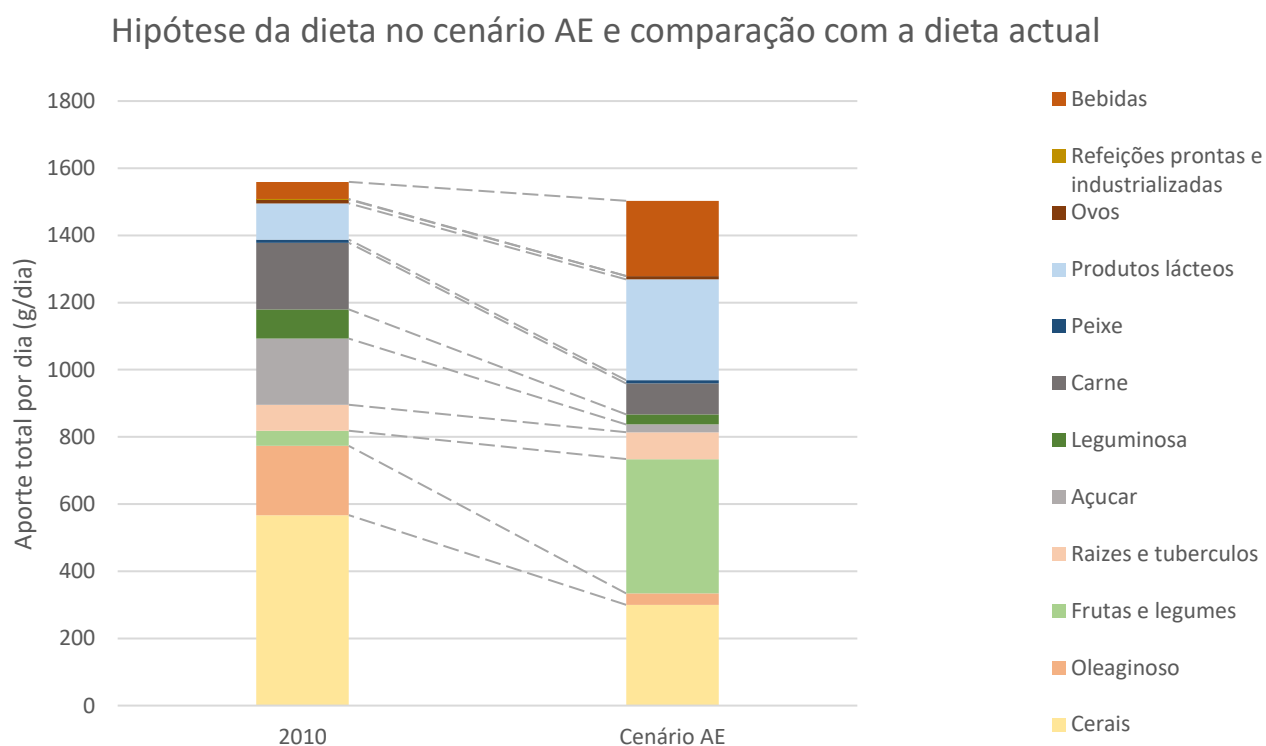


Figura 11: Contribuição dos alimentos no aporte diário da população brasileira e hipótese da dieta no cenário AE (elaboração pessoal, dados: (Da Costa Louzada, et al., 2015), (Poux, et al., 2018), (IBGE, 2011))

No censo do IBGE (IBGE, 2011), mostra-se que a quantidade de proteínas, de carboidratos e lípidos ingeridos estão perto dos limites máximos das recomendações da OMS (Organização Mundial da Saúde). Pela Figura 11, entende-se por que esses aportes nutricionais não satisfazem as recomendações:

- > A quantidade de proteínas vem do consumo excessivo de carne;
- > A alta quantidade dos carboidratos ingeridos vem do consumo de açúcar de mesa;

- › Os lípidos decorrem diretamente de refeições prontas e misturas industrializadas e da falta de frutas e legumes.

Porém, essas médias devem ser tomadas com cautela, por que existe uma alta heterogeneidade entre a população urbana e rural (maior ingestão calórica na área urbana), entre as regiões (maior na região Norte) e as idades. O acesso aos alimentos é um grande problema das desigualdades e pode impedir a compra de produtos agroecológicos nas famílias mais pobres.

Para resumir, as consequências dessas mudanças de comportamento alimentar estão apresentadas na Tabela 3:

Tabela 3: Mudanças da dieta e consequência na produção (elaboração pessoal)

Parâmetros	Mudanças de comportamento alimentar	Consequências
Carne	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuição da metade do consumo (-106 g/dia). - Substituição de proteína de origem animal por proteína vegetal. 	<ul style="list-style-type: none"> - A produção de carne devido ao mercado interno pode diminuir. - Redução da fragmentação do território e do desmatamento de florestas primárias (principalmente na Amazônia) relacionadas ao uso de terras para pastagem. - A redução poderia economizar até 100 bilhões R\$ em gastos com saúde (Springmann, et al., 2016).
Produtos altamente transformados	<ul style="list-style-type: none"> - Parada total no consumo (- 100%). 	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuição nas operações de transporte ligados a movimentos entre o local de produção, processamento e consumo. - Diminuição do consumo energético ligado aos operações de transformação. - Diminuição dos GEE relacionados aos operações de transporte.
Vegetais e frutas	<ul style="list-style-type: none"> - Atingir no mínimo 400 g/dia/pessoa em vez dos 45 g/dia/pessoa atuais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuição dos emissões de CH₄. - A liberação de terra usadas na produção animal pode ser dedicadas à produção vegetal.

MUDANÇA DA OFERTA DO MERCADO INTERNO

O Brasil é líder na exportação de diversos gêneros alimentícios, como foi descrito no item III.A.1. Portanto, é interessante entender quais alimentos são os mais produzidos e a participação deles nas exportações e no consumo nacional. Em primeiro lugar, isso permite saber como a quantidade de produtos consumidos internamente no país pode ser alterada, com base na dieta balanceada previamente definida. Além disso, permite entender se o Brasil produz na maioria para sua própria população ou para outros países, o que está relacionado à segurança alimentar nacional.

Para fazer isso, foi adotado que 100% da produção agrícola é consumida no mesmo ano, ou seja, não há armazenamento dos produtos. A Tabela 4 apresenta a porcentagem de produtos disponíveis no mercado interno. Os dados de quantidade produzidos e exportados são provenientes de estatísticas brasileiras das Portarias da Secretaria de Comércio Exterior e do IBGE, no ano 2010 (Secex/MDIC, 2010). Assim, foi deduzido o percentual de cada produto disponível para a população brasileira na última coluna.

Tabela 4: Exportações dos principais produtos agrícolas brasileiros (elaboração pessoal, fonte : AgroStat Brasil, a partir dos dados da Secex/MDIC, 2010 e IBGE, 2010)

Tipos de produtos	Quantidade produzida (milhões de tonelada)	Quantidade exportada (milhões de tonelada)	% quantidade disponível no mercado interno
Milho	81,6	10,8	87%
Soja em grão	68,7	32,9	52%
Açúcar	38,7	28,0	28%
Laranja	18,1	2,0	89%
Aves (frango, peru)	13,1	3,8	71%
Bovina	9,0	1,2	87%
Suína	3,3	0,54	84%
Café	2,91	1,9	35%

Através a Tabela 4, observa-se que o principal mercado, em termo de produção e exportação, é o da soja em grão; o primeiro produto produzido é o milho; as produções animais (carne bovina, suína e aves) são os produtos com maior uso no mercado interno (além do milho e da laranja).

Mas a maior parte dos grãos (soja e milho) vira ração, e não alimento humano. Por exemplo do milho, seu uso é destinado entre 60% a 80% para a alimentação animal no Brasil (De Oliveira Duarte, et al., 2015). Assim, além de ser culturas altamente consumidoras de agrotóxicos, fator de desmatamento e de monoculturas, elas também não são dedicadas à alimentação humana. Nesse sentido, o sistema agrícola atual usa muita da terra – 33% do país – mas produz poucos alimentos.

Sobre o consumo de carnes, em média se consome 73 g/dia de carne bovina, 40 g/dia de carne suína e 132 g/dia de aves atualmente por cada habitante (IBGE, 2011). Esse consumo deveria ser respectivamente de 31 g/dia (- 57%), 36 g/dia (- 11%) e 22 g/dia (- 83%) (Poux, et al., 2018). Ou seja, uma diminuição em milhões de toneladas por ano iguais a 3.4 por a carne bovina, 0.3 por a carne suína e 0.8 por a carne de aves.

Para concluir, a Tabela 5 permite de resumir as informações acima:

Tabela 5: Mudanças da dieta e consequência na produções (elaboração pessoal)

Parâmetros	Mudanças na produção	Consequências
Animal	- Oferta de produtos animais em acordo com a demanda alimentar da população.	- Diminuição total de 38% de produção de animal, ou seja 5.6 milhões de toneladas anuais. - Diminuição das terras usadas pelo gado. - Diminuição das produções vegetais destinadas para as rações animais.
Vegetais	- Quantidade de vegetais destinada para as rações animais pode ser drasticamente reduzida.	- Possibilidade de diversificar as produções agrícolas. - Uso das terras para policultura ao lado de monocultura de soja e milho.

Além das exportações, as importações também são importantes. As importações do país estão baseadas em produtos que o Brasil poderia produzir, devido aos suas várias características pedo-climáticas. O trigo, arroz, alho, feijão e frutas são os produtos mais importados no país.

Com as terras liberadas pela diminuição do uso de terra para pastos e para o cultivo de grãos, seria possível fortalecer as produções desses produtos. Também, com a descontinuidade do modelo industrial e o retorno a uma dieta variada, não deveria ter mais a dominação de 3 cultivos (soja, milho, cana-de-açúcar) na área plantada do Brasil. Ademais, a interrupção das importações de rações para animais, elevada a 110.000 toneladas/ano (Secex/MDIC, 2010), permitiria evitar uma dependência alimentar externa e reduzir o GEE devido ao transporte.

DIMINUIÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO DEVIDO AOS INSUMOS EXTERNOS

Um ponto essencial da agroecologia é de cessar o uso de pacotes tecnológicos, ou seja a mecanização, os fertilizantes químicos e os agrotóxicos.

A Figura 12 mostra a repartição de consumo de energia direta (verde) e indireta (azul), em função dos diferentes insumos presentes na agricultura industrial atual. Para construir esse banco de dados, diferentes balanços energéticos têm sido utilizados, representando as principais culturas brasileiras: soja, milho, cana-de-açúcar, arroz, trigo (ScieLO, 2010). Os dados foram escolhidos por serem os mais atualizados possíveis e semelhantes entre si, para otimizar a aproximação do consumo de energia direta e indireta em nível nacional.

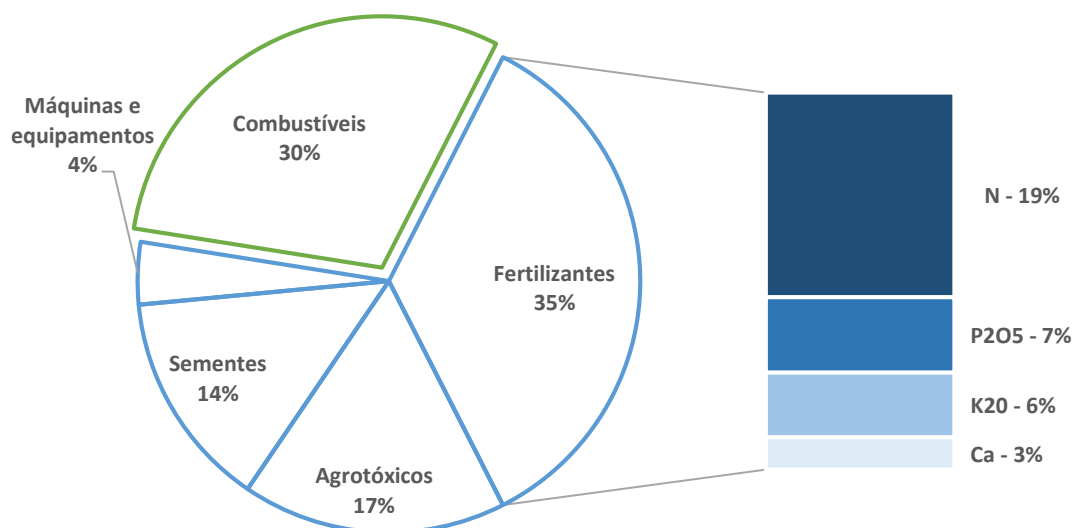


Figura 12: Gráfica da repartição do consumo energético atual na agricultura vegetal no Brasil (elaboração pessoal, a partir de dados das principais produções vegetais)

Essa Figura 12 mostra que majoritariamente, o consumo de energia é indireto. Onde 35% vêm dos fertilizantes, 17% dos agrotóxicos e 14% dos sementes. Sabendo que o uso de alguns insumos serão removidos no estabelecimento da agroecologia, a figura permite entender como o consumo de energia vai ser afectado, pelo estabelecimento da agroecologia.

A Tabela 6 apresenta esses ganhos de energia.

Tabela 6: Mudanças energéticas no futuro (elaboração pessoal)

Parâmetros	Premissas adotados	Consequências
Fertilizantes N, P, K (energia indireta)	- Sem uso de fertilizantes químicos.	- 32 % de consumo energético (o uso de calcário ainda é possível em agroecologia) Diminuição da dependência ao mercado exterior (75% dos fertilizantes estão importadas (SNA, 2015)).
Agrotóxicos (energia indireta)	- Sem uso de agrotóxicos.	- 17% consumo energético
Combustíveis (energia direta)	- Ausência das operações ligadas à pulverização de agrotóxicos e fertilizantes - Sem uso intensivo da mecanização.	Uso de combustível fóssil diminui¹⁵

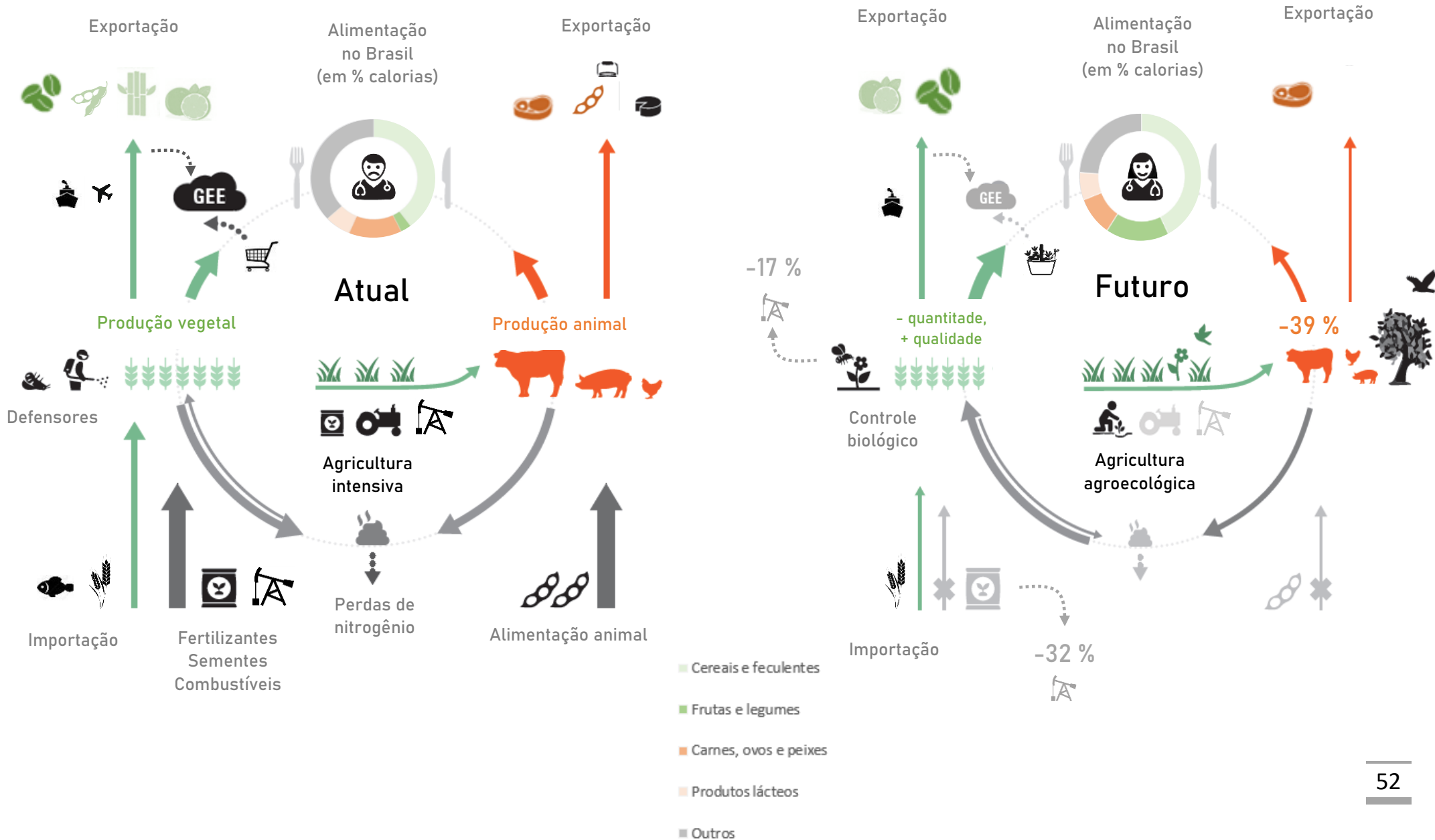
Para concluir esta parte de forma visual, foi elaborada a Figura 13. Nesta figura, à direita está representada a situação atual do sistema agro-alimentar e à esquerda a situação pós-industrial (isto é, com a aplicação da agroecologia). Observa-se que a aplicação da agroecologia permitirá:

- › Reduzir ou mesmo parar o uso de combustíveis fósseis, agrotóxicos e fertilizantes químicos.

¹⁵ A diminuição não pode ser quantificada, pois não existem dados da repartição do uso do trator segundo as diferentes tarefas.

- › Diminuir a produção animal, que consome muita energia, terra e produtos vegetais.
- › Estabelecer um ciclo de nitrogênio fechado e sem perdas.
- › Parar as importações de alimentos, tanto quanto possível e otimizar as exportações (melhor qualidade, menor quantidade).
- › Estabelecer uma dieta equilibrada que atenda às necessidades nutricionais.
- › Reunir locais de produção e consumo em escala local (aqui nacional).

Figura 13: Esquema comparativo do cenário atual (agricultura intensiva) e do cenário futuro (agroecológica) (elaboração pessoal, design copiado do projeto TYFA)



CONCLUSÃO

Com base nos colapsos das sociedades antigas, a Parte I ajudou a explicar os processos envolvidos no desmantelamento das sociedades humanas. Um setor importante está provando ser a fonte de vários fatores envolvidos no colapso: a agricultura industrial. Este modelo baseia-se em recursos finitos e desequilibra os recursos e ciclos naturais do sistema terrestre. Ademais, a agricultura constitui a principal fonte de gás de efeito estufa, responsável pelas mudanças climáticas, enquanto ela mesma é sensível aos fenômenos climáticos. Assim, revela-se essencial mudar o sistema alimentar moderno.

Para enfrentar esses desafios, a agroecologia tem se posicionado como uma alternativa sustentável a esse modelo. A Parte II permitiu definir o que é a agroecologia, pela sua história e seus conceitos, a fim de entender como poderia estabelecer um sistema alimentar sustentável. Ao contrário do modelo industrial, essa agricultura leva em consideração as características do território, estudando o agroecossistema e tendo uma visão transdisciplinar. Aqui, os resultados econômicos são tão importantes quanto os ambientais e sociais. Desse jeito, o modelo permite se desconectar dos combustíveis fósseis, minimizar os impactos ambientais, ser resiliente diante das mudanças climáticas. Ela desempenha também um papel importante para resolver os desequilíbrios de riqueza, de fome e de êxodo rural.

Na história brasileira, a agroecologia já está presente, graças aos movimentos sociais existentes que pressionam o governo. Mas a maioria da agricultura no Brasil está ainda baseada no modelo industrial. Aumentando cada vez mais sua produtividade a partir da Revolução Verde, o país está atualmente posicionado como o segundo maior produtor de alimentos do mundo, em termos de volume. Mas o modelo da agricultura industrial – além dos imprevisíveis impactos sociais e ambientais – começa a incluir um limite econômico, com uma estagnação até diminuição dessa produtividade. Assim, é primordial repensar o modelo agrícola, base da economia nacional brasileira, para estabelecer um sistema alimentar mais sustentável. Para caracterizar como a agroecologia poderia impactar o território, foi feita uma modelagem, que destaca os possíveis impactos. Observa-se que as produções vegetais usadas para as rações de

animais e as produções animais poderiam diminuir, enquanto as terras liberadas poderiam servir para diversificar as produções e alimentar a população humana. Tudo isso permitiria baixar o uso de energia fóssil, interromper a dependência dos pacotes tecnológicos, estabelecer uma dieta equilibrada e saudável, fortalecer a segurança alimentar nacional, melhorar a saúde da população e diminuir os pressões ambientais (como o desmatamento por exemplo).

As principais dificuldades enfrentadas durante este trabalho foram encontrar os dados desejados. De fato, pensar em escala nacional não é uma abordagem que concorda com o paradigma da agroecologia. A abordagem adaptada teria sido focalizar numa região ou estado do Brasil. Mas os dados não foram encontrados, levando a uma escala maior e mais simplificada, sem poder considerar as características próprias do território. Além disso, os dados eram frequentemente consolidados a partir de fontes de dados diferentes ou desenvolvidos pessoalmente, pois não havia banco de dados existente (caso de balanço de energia). A ideia na simulação era também levar em conta os gases de efeito estufa gerados pelo transporte de produtos alimentícios. Mas a falta de dados não permite de estabelecê-los.

Em síntese, o estudo possibilita explicar duas ciências que são importantes para mim: a colapsologia e a agroecologia. Um aspecto importante foi simular a agroecologia quantitativamente no território brasileiro. O estudo feito na Europa é interessante para dar uma outra visão da agroecologia, e é por isso que foi aplicada para o Brasil. O objetivo principal desse projeto de graduação foi, portanto, alcançado.

Na continuidade deste estudo, seria interessante focar na transição agroecológica. Ou seja, como poderia ser implementada e entender o papel das instituições governamentais e não-governamentais. Também analisar quais são os potenciais e limites potenciais na aplicação dela. Alguns limites já foram observados neste texto: os desequilíbrios de distribuição da riqueza e também o contexto geopolítico.

ANEXO

Anexo 1: Definição dos conceitos de sustentabilidade e de desenvolvimento sustentável (elaboração pessoal)

Nos últimos anos, a frequência das expressões “sustentabilidade”, “sustentável” e “desenvolvimento sustentável” no mundo cientistas, industrial e político aumentou fortemente. Quando esses termos aparecem, qualquer produto, método ou proposta dá uma conotação positiva e boa (Fernandez, 2018). Como resultado dessa propagação intensiva, esses conceitos são cada vez mais imprecisos, ambíguos e confusos. Qual significa cada um e qual é a diferença entre eles ?

No sentido lógico e no consenso comum, a **sustentabilidade é a capacidade de se manter para sempre**. Em outras palavras, ela seria uma exploração dos recursos naturais que nunca vai colocar em risco os elementos do meio ambiente. O desenvolvimento sustentável é diferente: ele é o acesso para atingir a sustentabilidade (Hove, 2004). Assim, a **sustentabilidade é o objetivo final**.

A sustentabilidade tem origem no livro alemão Lyra de Carlowitz em 1713. Essa escrita divulga a ideia da utilização dos recursos de forma contínua e perpétua ao longo do tempo (Feil, et al., 2017). Ela é a **resposta para a escassez de recursos naturais e para as questões energéticas**. O termo ganhou corpo e expressão com o contexto da crise ambiental global, da deterioração do meio ambiente e do desenvolvimento econômico. A sustentabilidade de uma atividade pode ser estabelecida por meio de uma **avaliação quantitativa** do sistema inteiro, com indicadores e índices dos aspectos sociais, ambientais e econômico (ISEW – Index of Sustainable Economic Welfare; PIB per capita; Consumo do capital natural; ...) (Molban, et al., 2012).

Em paralelo, o termo de desenvolvimento sustentável (DS) deriva da sustentabilidade. Ele originou-se através das conferências de Estocolmo e de Brundtland (Fernandez, 2018), que afirma que o DS é:

“[...] aquele que busca as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas próprias necessidades”

Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, 1987

Mas esse termo foi utilizado excessivamente para justificar qualquer atividade (produtos, métodos ou propostas) que cuida dos recursos para as gerações futuras. Isso mesmo se não tiver avaliação aprofundada dos efeitos ambientais dessa atividade no longo prazo (Mikhailova, 2004).

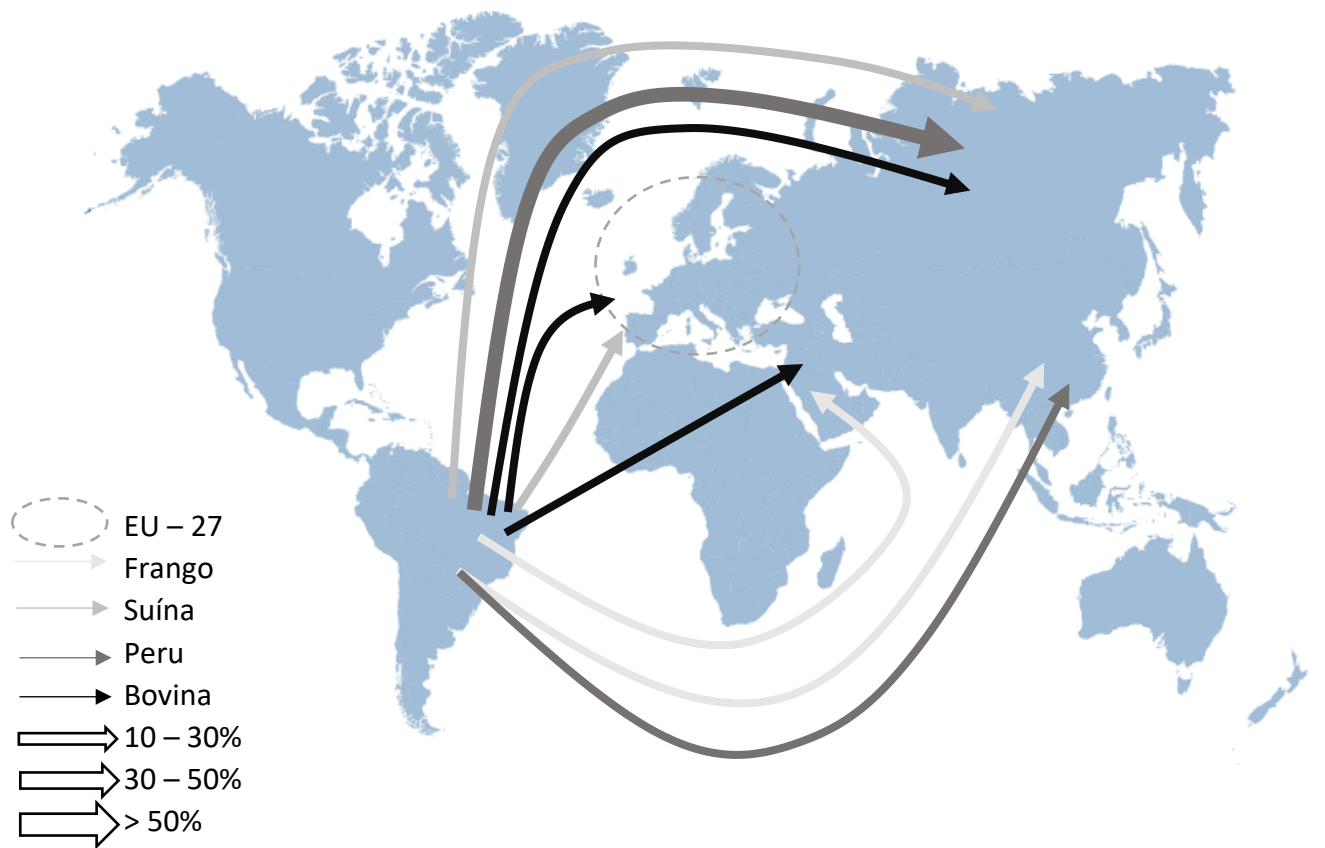
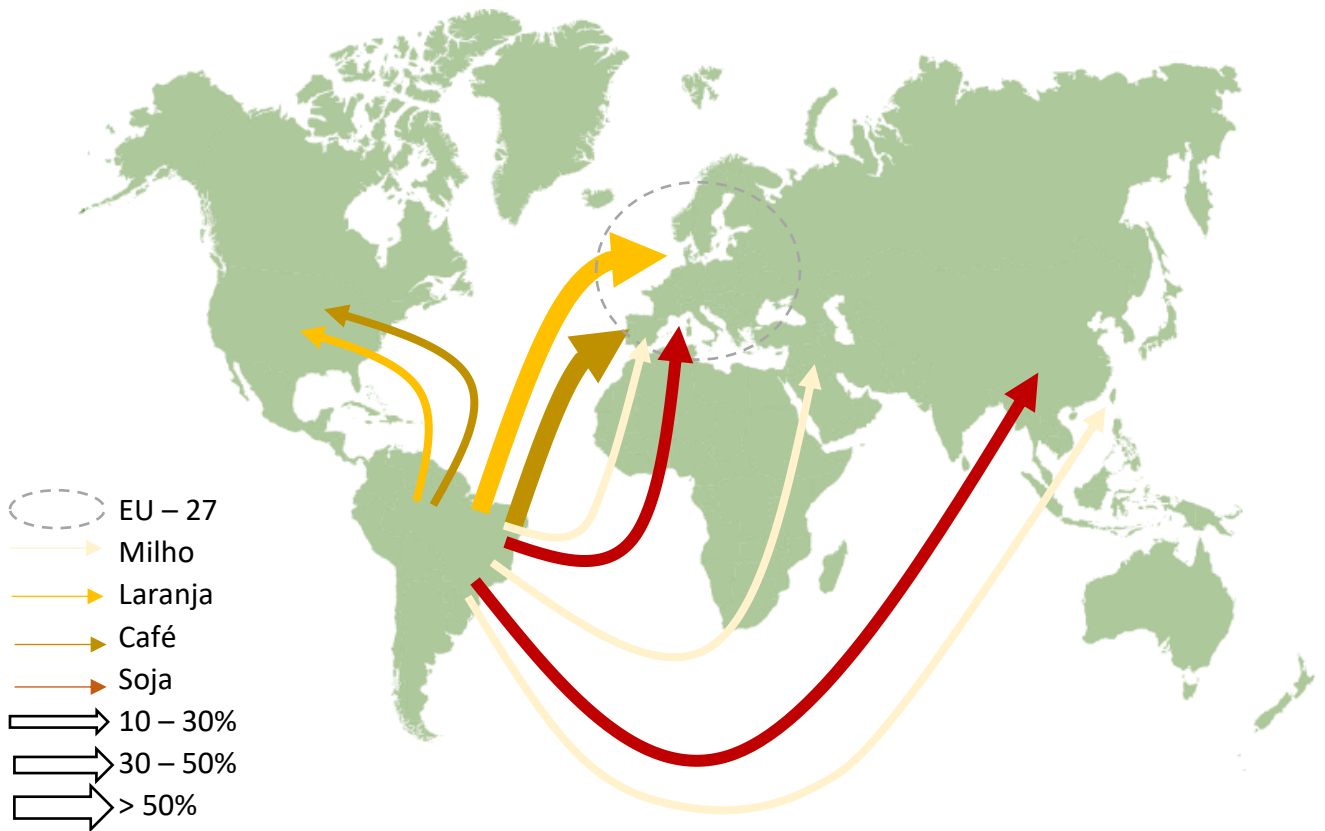
A fim de restringir o uso desse conceito, o fórum de discussão das Nações Unidas Rio+10 implementou uma definição nova do DS – a definição atual – com o estabelecimento de três áreas-chave desse desenvolvimento: **1) Econômico; 2) Ambiental e 3) Social** (ONU, 2002).

“[...] procura a melhoria da qualidade de vida das pessoas habitantes do mundo, sem aumentar o uso de recursos naturais além da capacidade da Terra.”

Rio+10, 2002

Em resumo, a **sustentabilidade expressa a condição para que um sistema possa se manter, se sustentar ou se conservar**. Por outro lado, o **DS se refere a uma estratégia usada a longo prazo para atingir a sustentabilidade e melhorar o bem-estar humano** (Feil, et al., 2017).

Anexo 2: Fluxos do comércio exterior agrícola brasileiro dos produtos principais (elaboração pessoal, fonte: (Ministério da Agricultura, 2012))



REFERÊNCIAS

Altieri M. A. Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture [Livro]. - Boulder : Ecosystems and Environment, 1995. - Vol. 74 : pp. 1-23.

Altieri M. A. e Nicholls C. I. Agroecology and the Search for a Truly Sustainable Agriculture [Livro]. - México : PNUMA, 2005.

Altieri M. A. e Nicholls C. I. Biodiversity and pest management in agroecosystems [Livro]. - New York : Hayworth Press, 1994. - p. 185.

Altieri M. A. e Rosst P. Agroecology and the conversion of large-scale conventional systems to sustainable management [Periódico]. - Amsterdam B.V. : Intern. J. Environmental Studies, 1996. - 165-185 : Vol. 50.

Altieri M. A. Who will feed us in a planet in crisis [Conferência] // Earth Talk: Agroecology. - Schumacher College : [s.n.], 2015.

Alvim C. F. Matriz Energética e de Emissões [Periódico]. - [s.l.] : Economia & Energia, 2001.

Baldi I. [et al.] La liLes pesticides facteurs de risque de certains cancers [Online] // La ligue contre le cancer. - 2019. - https://www.ligue-cancer.net/article/26533_les-pesticides-facteurs-de-risque-de-certains-cancers.

Baltasar Baptista Da Costa M. Agroecologia no Brasil: Histórico, princípios e práticas [Livro]. - São Paulo : Expressão POPULAR, 2017.

Bareu L., Lamine C. e Bellon S. Trajetórias da Agroecologia no Brasil: entre Movimentos Sociais, Redes Científicas e Políticas Públicas [Artigo] // Resumos do VI CBA e II CLAA Bras. De Agroecologia. - 2009. - 2 : Vol. 4. - pp. 1611-1614.

Barnosky A. D. [et al.] Approaching a state shift in Earth's biosphere [Periódico] // Nature. - 2012. - 7401 : Vol. 486. - pp. 52-58.

Bensin B.M. Possibilities for international cooperation in agroecological investigations [Periódico]. - Rome : Int. Rev. Agr. Mo. Bull. Agr. Sci. Pract., 1930. - Vol. 21. - pp. 277-284.

Bianchi V.L.T. [et al.] Agroecossistema e meio ambiente: a necessidade da sustentabilidade [Periódico]. - [s.l.] : Scientia Agraria Paranaensis, 2006. - 2 : Vol. 5. - pp. 57-62.

Bragagnolo C. e Sant'Ana de Camargo Barros G. Impactos Dinâmicos dos Fatores de Produção e da Produtividade sobre a Função de Produção Agrícola [Periódico]. - São Paulo : Revista de Economia e Sociologia Rural, 2015. - 1 : Vol. 53.

Buainain A. M. [et al.] Petróleo, a era das commodities e a agricultura brasileira [Periódico]. - [s.l.] : Revista de Política Agrícola, 2015. - 4. - pp. 32-45.

Canet A. Agroforesterie et zone érodable [Entrevista]. - Auch (France) : [s.n.], 2017.

Carreira D., Re'em A. e Tarin M. Natural Capital Risk Exposure of the Financial Sector in Brazil [Relatório]. - [s.l.] : TRUCOST, 2015.

Chaize T. Pétrole et blé [Online] // Petrorama. - 11 de 02 de 2013. - <https://petrorama.fr/petrole-et-ble/>.

Cristo dos Santos A. As contradições da economia de mercado: um olhar sobre a renda da cultura agroecológica [Periódico]. - [s.l.] : Agriculturas, 2005. - 3 : Vol. 2. - pp. 7-11.

Da Costa Louzada M. L. [et al.] Alimentos ultraprocessados e perfil nutricional da dieta no Brasil [Periódico] // Rev Saúde Pública. - São Paulo : Scielo, 2015. - 38 : Vol. 49.

de Almeida Crislaine [et al.] Limite da capacidade fotossintética do planeta [PowerPoint]. - São Paulo : [s.n.], 2014.

de Andrade Franco J. L. O que podemos fazer para evitar a destruição de nosso mundo? [Periódico]. - Brasília : Scielo, 2009. - 1 : Vol. 24.

de Oliveira Duarte J., Mattoso Marcos J. e Carlos Garcia J. Importância Socioeconômica [Online] // AGEITEC - Agência Embrapa de Informação Tecnológica. - 2015. - 05 de 04 de 2019. - http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html.

Diamond J. How Societies choose to fail or succeed [Livro]. - New York : Viking Penguin, 2005. - Vol. IV.

FAO Florestas e agricultura: desafios e oportunidades do uso da terra [Artigo] // O estado das florestas do mundo. - [s.l.] : FAO, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, 2016.

Feil A.A. e Schreiber D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados [Artigo] // Cadernos EBAPE. - Rio de Janeiro : FGV EBAPE, 2017. - 3 : Vol. 14.

Fernandez F. Porque não existem pinguins no hemisfério norte? Uma perspectiva histórica sobre extinções // Extinções da era moderna. - Rio de Janeiro : [s.n.], 2018.

Foley J. [et al.] Solutions for a cultivated planet [Periódico] / ed. Nature. - 2011. - 478. - pp. 337-342.

Francis C. [et al.] Agroecology: The ecology of food systems [Periódico]. - [s.l.] : J. Sustain Agr., 2003. - 3 : Vol. 22. - p. 417 and 443.

Garcia Gasques J., Rumenos Piedade Bacchi M. e Teles Bastos E. Crescimento e Produtividade da Agricultura Brasileira de 1975 a 2016 [Relatório] : Nota Técnica IV. - [s.l.] : Ipea, 2018.

Geldron A. Economie circulaire: notions [Online] // Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie - ADEME. - ADEME, 10 de 2014. - <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/fiche-technique-economie-circulaire-oct-2014.pdf>.

Gers Agriculteurs du Projet tutoré : l'application de l'agroforesterie dans des territoires marqués par l'érosion [Entrevista]. - Gers (França) : [s.n.], 2017.

Gliessman S. R. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture [Livro]. - Porto Alegre : UFRGS, 2000.

Gliessman S. R. Agroecology: Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture [Livro]. - New York : Springer-Verlag, 1990. - Vol. 78 : pp. 1-11.

Gliessman S. R. e Amador M. Ecological aspects of production in traditional agroecosystems in the humid lowland tropics of Mexico [Livro]. - [s.l.] : J.I. Furtado, 1980.

Gliessman S. R. e Engles E. W. Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems [Livro] / ed. Goup Taylor & Francis. - Boca Raton : CRC Press, 2015. - Third Edition : pp. 268-270.

Graham M. T. A comparaison of The Limits to Growth with 30 years of reality [Periódico] // Elsevier. - [s.l.] : Global Environmental Change, 2008. - Vol. 18. - pp. 397-411.

Graham M. T. On the Cusp of Global Collapse? Updated Comparison of The Limits to Growth with Historical Data [Periódico]. - Australia : GAIA, 2012. - 2 : Vol. 21. - pp. 116-124.

Gras A. e Lorius C. L'anthropocène, une nouvelle ère géologique ? [Entrevista]. - [s.l.] : Youtube ; le blob, l'extra-média, 10 de 06 de 2011.

Harari Y. N. Sapiens: uma breve história da humanidade [Livro] / trad. Marcoantonio Janaina. - Porto Alegre : L&PM, 2018. - Vol. 34 : p. 464.

Hardin G. The Tragedy of the Commons [Periódico]. - Santa Barbara (California) : Science, 1968. - 3859 : Vol. 162. - pp. 1243-1248.

Heinberg R. e Bomford M The Food and Farming Transition: Toward a Post-Carbon Food System [Relatório]. - Sebastopol : Post Carbon Institute, 2009.

Hopkins R. Manuel de transition : De la dépendance au pétrole à la résilience locale [Livro]. - [s.l.] : Ecosociete Eds, 2010. - p. 216.

Hove H. Critiquing Sustainable Development: A Meaningful Way of Mediating the Development Impasse? [Periódico]. - [s.l.] : Undercurrent, 2004. - 1 : Vol. 1. - pp. 48-54.

IBGE Censo agropecuário 2006 : Brasil, grandes regiões e unidades de federação [Relatório]. - Rio de Janeiro : ISBN, 2011.

IBGE Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009 [Relatório]. - Rio de Janeiro : [s.n.], 2011.

IPCC Global Warning of 1.5 °C [Relatório]. - [s.l.] : Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018.

Jancovici J. Combien suis-je un esclavagiste ? // L'énergie et nous. - 2013.

Jarrige F. Penser l'effondrement. Catastrophe, écologie et histoire [Online] // Ecrire l'histoire. - 2018. - <http://journals.openedition.org/elh/626>.

L. Landerdahl C. e Stanziola Vieira R. Gestão de bens comuns: tragédia dos comuns ou tragédia dos comunitários? [Periódico]. - [s.l.] : CONDEPI, 2014. - pp. 4-5.

Lamine C. e Bellen S. Transition vers l'agriculture biologique [Livro]. - [s.l.] : Educagri, 2009.

López Austin A. e López Luján L. El pasado indígena [Livro] / trad. Historia Fideicomiso Historia de las Américas /. - [s.l.] : Fondo de Cultura Económica, El Colegio de México, 1996. - p. 332.

Marcondes Helene M. E. A fome, de alimentos e de justiça sociale [Livro]. - São Paulo : Revista Adusp, 1995. - pp. 25-27.

Maria de Aquino A. e Linhares de Assis R. Agroecologia: Princípios e Técnicas para uma Agricultura Orgânica Sustentável [Relatório] : Editores Técnicos. - Brasília : Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Agrobiologia e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2005. - pp. 1-48.

McKie R. Rachel Carson and the legacy of Silent Spring [Periódico]. - [s.l.] : The Observer, 27 de 05 de 2012.

Meadows D. H., Meadows D. L. e Randers J. The limits to growth: a report for the club of Rome's project on the predicament of mankind [Livro]. - New York : Universe Books, 1972. - Vol. 5.

Michalka C. Curso de Planejamento Urbana e Meio Ambiente. - Rio de Janeiro : [s.n.], 2018.

Mikhailova I. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática [Periódico]. - [s.l.] : Revista Economia e Desenvolvimento, 2004. - 16.

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento Comércio Exterior da Agropecuária Brasileira - Principais Produtos e Mercados [Relatório]. - Brasília : Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio, 2012.

Molban B, Janoušková S. e Hák T. How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets [Periódico] // Elsevier. - Prague (Czech republic) : [s.n.], 2012. - Vol. 17. - pp. 4-13.

Oliveira de Andrades T. e Nasser Ganimi R. Revolução Verde e a apropriação capitalista [Periódico]. - Juiz de Fora : CES Revista, 2007. - Vol. 21. - pp. 43-55.

ONU Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio +10) [Conferência]. - Joanesburgo : [s.n.], 2002.

Paschoal A.D. Biocidas; morte a curto e longo prazo [Artigo] // Revista Brasileira de Tecnologia. - Brasília : [s.n.], 1983. - Vol. 14. - pp. 28-40.

Pignati Wanderlei A. [et al.] Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde [Periódico]. - Cuiabá (MT) : Ciência & Saúde, 2017. - 10 : Vol. 22. - pp. 3281-3293.

Pimentel D. [et al.] Organic and conventional farming systems: Environmental and economic issues [Periódico]. - [s.l.] : Forthcoming, 2005.

Pimentel D. e Pimentel M. H. Food, Energy and Society (Third Edition) [Livro]. - [s.l.] : CRC Press, 2008.

Poux X. e Aubert P. Une Europe agroécologique en 2050 : une agriculture multifonctionnelle pour une alimentation saine [Periódico]. - Paris (França) : IDDRI (Institut du développement durable et des relations internationales) - ASca, 2018. - 18 : Vol. 09. - p. 78.

Rabhi P. Citations [Online] // Autour de Pierre Rabhi. - 2019. - <https://www.pierrerabhi.org/citations-sous-verbatim>.

Reijntjes C.B., Haverkort e Waters-Bayer A. Farming for future [Periódico]. - London : MacMillan Press Ltd., 1992.

Rew L.J. [et al.] Nitrogen fertiliser misplacement and field boundaries [Periódico]. - [s.l.] : Aspects of Applied Biology, 1992. - 30. - pp. 203-206.

Ribeiro Guimarães Mendonça M. e de Souza Lehfeld L. Agricultura sustentável: Agroecologia sob o enfoque da bioética [Conferência] // II CONGRESSO BRASILEIRO DE PROCESSO COLETIVO E CIDADANIA. - Universidade de Ribeirão Preto : [s.n.], 2014. - Vol. 2. - pp. 155-160.

Roberto de Andrade Alves E., Contini E. e Gasques J. Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas [Livro]. - Brasília : DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. - Vol. 1 : pp. 67-98.

ROSA A. V. Agricultura e meio ambiente [Livro]. - São Paulo : Atual Didaticos, 1998. - Vol. 7.

Scheffer M. [et al.] Anticipating Critical Transitions [Periódico] // Science. - 2012. - 6105 : Vol. 338. - pp. 344-348.

ScieLO Balanço energético da produção nas diferentes operações de cultivo. - 2010.

Servignes P. e Stevens R. Comment tout peut s'effondrer. Petit manuel de collapsologie à l'usage des générations présentes. [Livro]. - [s.l.] : Le Seuil, 2015.

Servignes P. Un futur sans pétrole ? [Conferência]. - Montpellier : Supagro, 2011.

Skinnet J.A. [et al.] An Overview of the Environmental Impact of Agriculture in the U.K [Periódico]. - [s.l.] : Journal of Environmental Management, 1996. - Vol. 50. - pp. 111-128.

SNA Brasil está mais dependente da importação de fertilizantes [Online] // SNA Sociedade Nacional de Agricultura. - 13 de 07 de 2015. - 28 de 05 de 2019. - <https://www.sna.agr.br/brasil-esta-mais-dependente-da-importacao-de-fertilizantes/>.

Springmann M. [et al.] Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change [Periódico]. - University of Minnesota : PNAS, 2016. - 15 : Vol. 113. - pp. 4146-4151.

Steffen W. [et al.] Trajectories of the Earth System in the Anthropocene [Livro]. - [s.l.] : Sciences, Proceedings of the National Academy of, 2018. - Vol. 115 (33).

Tainter J. A. The Collapse of Complex Societies [Livro]. - Cambridge : Cambridge University Press, 1988.

Tilman D. [et al.] Agricultural sustainability and intensive production practices [Periódico]. - [s.l.] : Nature, 2002. - 418. - pp. 671-677.

Tischler W. Ergebnisse und Probleme der Agrarökologie [Periódico]. - Kiel : Schriftenreihe der Landwirtschaftlichen Fakultät Kiel, 1950. - Vol. 3. - pp. 71-82.

UDOP Brasil é o segundo maior exportador mundial de alimentos em volume [Online] // UDOP União dos Produtores de Bioenergia. - 15 de 04 de 2019. - 07 de 06 de 2019. - <https://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1177857>.

USDA Relatórios [Online] // usdabrazil. - 2016. - <http://www.usdabrazil.org.br/pt-br/relatorios/>.

Vandermeer J. The ecological basis of alternative agriculture [Periódico]. - [s.l.] : Annual Review of Ecological Systems, 1995. - 201-224 : Vol. 26.

Vianna M. Agroecologia [Entrevista]. - Rio de Janeiro : [s.n.], 05 de 2019.

Wezel A. [et al.] Agroecological practices for sustainable agriculture. A review [Periódico]. - [s.l.] : Agron. Sustain. Dev., 2014. - 1 : Vol. 34.

Wezel A. Agroecological Practices for Sustainable Agriculture: Principles, Applications and Making the Transition [Livro]. - New Jersey : World Scientific, 2017. - p. 436.

Wezel A. e Soldat V. A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology [Periódico]. - [s.l.] : International Journal of Agricultural Sustainability, 2009. - 1 : Vol. 7. - pp. 3-18.

Wordometers Wordometers [Online] // Population mondiale. - 2019. - <https://www.worldometers.info/fr/>.