**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Centro de Energia Nuclear na Agricultura**

**A concepção de fertilidade do agroecossistema: implicações
teóricas e metodológicas da construção sócio-histórica de um
conceito**

André Toshio Villela Iamamoto

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Ecologia
Aplicada

**Piracicaba
2017**

André Toshio Villela Iamamoto
Engenheiro Agrônomo

A concepção de fertilidade do agroecossistema: implicações teóricas e metodológicas da construção sócio-histórica de um conceito

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **ADALMIR LEONÍDIO**

Tese apresentada para obtenção do título
de Doutor em Ciências. Área de
concentração: Ecologia Aplicada

Piracicaba
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Iamamoto, André Toshio Villela

A concepção de fertilidade do agroecossistema: implicações teóricas e metodológicas da construção sócio-histórica de um conceito / André Toshio Villela Iamamoto. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2017.

126 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Centro de Energia Nuclear na Agricultura.

1. Fertilidade solo 2. Formação do conceito 3. Desenvolvimento agrícola I.
Título

AGRADECIMENTOS

À Karen, Yan e Clara pelo companheirismo carinho e amor diário. Se algumas vezes pareceu que minha vida orbitou neste trabalho, tenham a certeza que foi ele que passou por nossas vidas, e as coisas que permanecem são as que lhe dão o verdadeiro sentido.

Ao Adalmir, pela confiança e liberdade dada no desenvolvimento deste trabalho, pela contribuição central nas leituras realizadas nos encontros de estudos e nas disciplinas cursadas.

À minha família, nas pessoas de Marilda Villela Iamamoto e Jorge Iamamoto, pelo apoio sempre incondicional às decisões e caminhos de minha vida.

Aos membros da banca e comitê de orientação, pelas contribuições que cada um de sua forma, deu para esse trabalho ou para o processo de desenvolvimento dele e de seu autor. Um agradecimento especial à Maria Elisa Garavello e Dalcio Caron que, desde meu mestrado, estão presente nesse caminhar acadêmico e cujo apoio transcende a realização deste trabalho.

Aos amigos e colegas de pós, especialmente Luiz Franco que fez com que essa jornada fosse tão interessante e desafiadora quanto alegre e descontraída.

À Fabiana Scussolino por todo apoio e suporte que possibilitaram um crescimento pessoal mais que necessário, fundamental.

Agradeço Fred Magdoff, pelo imenso apoio, confiança, e amizade e pela viabilização do intercâmbio com a Universidade de Vermont. Esse agradecimento se estende também à Amy Demarest, pelo acolhimento em Burlington-VT.

À Janica, Aldo, Marcello, Shawn, Hannah, Josh, Matt, Ken, Diego, Rachel, Marta e Alisha, pelos incontáveis momentos de alegria, diversão e felicidade em Burlington-VT.

Ao Ernesto Méndez, do Plant and Soil Science Department da Universidade de Vermont, pela amizade e plena recepção no Agroecology and Livelihoods Collaborative (ALC) da Universidade de Vermont.

Ao Josef Gorres, do Plant and Soil Science Department da Universidade de Vermont, pela confiança e apoio e viabilização do intercâmbio com a Universidade de Vermont.

Ao John Bellamy Foster, pela inspiração e apoio na realização do intercâmbio com a Universidade de Vermont.

À Ana Maria Costa, Marina dos Santos e Cassia Bechara e José Maria Tardin, pelo apoio na articulação com John Bellamy Foster e Fred Magdoff, que possibilitou o intercâmbio realizado

À Sarah Paige e Lisa Brooks, do setor de Empréstimo entre Bibliotecas da Bailey/Howe Library da Universidade de Vermont, por todo apoio na pesquisa, digitalização e envio de materiais.

À Mara Casarin, por todo apoio e suporte na Secretaria do PPGI e à Vilma, da Comutação Bibliográfica e Empréstimo entre Bibliotecas da Biblioteca Central, pela paciência e apoio na aquisição dos materiais.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), cuja bolsa viabilizou a realização de parte desse trabalho.

EPÍGRAFE

“Ora, a obra de uma sociedade que remodela, segundo suas necessidades, o solo em que vive é, todos intuem isso, um fato eminentemente ‘histórico’.” Marc Bloch (Apologia da história, 2002, p. 53)

“[...], toda ciência seria supérflua se houvesse coincidência imediata entre a aparência e a essência das coisas”. Karl Marx (O capital: crítica da economia política. Livro III. Volume VI, 2008, p. 1080).

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	8
1 INTRODUÇÃO.....	9
Metodologia e procedimentos de pesquisa.....	12
O Método.....	13
A fertilidade do solo.....	16
Procedimentos metodológicos.....	17
2 A AGRICULTURA E A FERTILIDADE DO SOLO NO MUNDO PRÉ-MODERNO (~1500).....	23
A fertilidade do solo na Antiguidade (~400 a.C. - 400 d.C).....	26
O Mundo Antigo e a forma de pensar.....	31
O trabalho e a técnica no Mundo Antigo.....	35
A agricultura e a fertilidade do solo na Alta Idade Média (~400 d.C - 1.000 d.C).....	39
A agricultura e a fertilidade do solo na Baixa Idade Média (1.000 d.C- 1.500 d. C).....	41
3 A FERTILIDADE NO MUNDO MODERNO (1500-1750).....	51
4 A FERTILIDADE NO MUNDO CONTEMPORÂNEO (1750~).....	59
A “Revolução Agrícola” Inglesa.....	61
Descontinuidades: avanço tecnológico no início da Idade Contemporânea.....	64
As novas culturas.....	67
O capitalismo agrário e a exaustão dos solos e os primórdios da química agrícola.....	69
Indústria, agricultura e a falha metabólica.....	84
A Revolução Agrícola Inglesa.....	88
O cenário contemporâneo.....	91
5 CONCLUSÃO.....	99
REFERÊNCIAS.....	107

RESUMO

A concepção de fertilidade do agroecossistema: implicações teóricas e metodológicas da construção sócio-histórica de um conceito

Este trabalho visa realizar uma análise histórica da concepção de fertilidade na agricultura, observando de que forma a constituição deste conceito se relaciona com transformações históricas da sociedade, considerando a lógica econômica que preside a agricultura industrial. Procura-se ressaltar as origens da formação do atual conceito de fertilidade e em que medida este foi influenciado pelo desenvolvimento da economia e da ciência moderna. Buscaremos também, ressaltar como as formas de produção que se colocam como contraponto à agricultura industrial entendem a questão da fertilidade, quais as alternativas por elas apresentadas ao manejo da fertilidade para os sistemas de produção ditos mais sustentáveis, e sobre que fundamentos epistemológicos e metodológicos elas se assentam. A fertilidade do solo na agricultura é, aqui, encarada como objeto de análise. Entendemos que o estudo do conceito de fertilidade, seu desenvolvimento teórico e as suas relações com a economia e a ciência apresenta a totalidade dos determinantes que moldaram e consolidaram a concepção científica e agrônoma de fertilidade. O desenvolvimento histórico do conceito científico de “fertilidade” e suas implicações sócio-históricas espelham, portanto, um emaranhado de relações entre a economia, a sociedade e a ciência agrônoma, que mostra, sob outro ângulo, que ele próprio é o resultado de um processo histórico e social. Essa análise teórica possibilita elucidar caminhos analíticos para o entendimento e a construção de uma agricultura na perspectiva de uma sociedade mais justa e mais sustentável. Aparentemente pontual, a questão da fertilidade é aqui apreendida como a “ponta de um iceberg” de complexas e profundas relações entre o desenvolvimento da economia e da agronomia no âmbito da ciência, que contribuem para o agravamento das crises ambiental e civilizatória atuais ao validarem um conjunto de tecnologias que nada

mais são do que a base instrumental de um modelo de desenvolvimento rural socialmente excludente e concentrador de riquezas. Complexa por natureza, a análise dessas inter-relações e das próprias crises acima citadas demandam um olhar crítico e que, sobretudo, supere as fronteiras disciplinares, enriquecendo o conhecimento com os achados de ciências especializadas numa perspectiva interdisciplinar. Dessa forma, o atual trabalho busca fazer uma leitura da fertilidade como um aspecto de destaque relacionado à crise da agricultura industrial através de um diálogo entre literaturas técnicas agronômicas e sociais. Esse diálogo interdisciplinar visa aumentar a amplitude de análise, e promover uma abordagem mais abrangente e historicamente situada sobre o tema em questão.

Palavras-chave: Fertilidade do solo; Formação de conceito; Desenvolvimento agrário; Agroecossistema

ABSTRACT

The concept of fertility in agroecosystem: social and methodological implications of the socio-historical concept construction

This project establishes a historical analysis of the soil fertility concept in agro-ecosystems, noticing how its constitution is related to historical transformations of society, considering the economic logic which presides the industrial agriculture. We highlight the origins of the formation of the current concept of fertility and to what extent, and how, this concept was influenced by the economy and modern science development. We also emphasize how the ways of production which arise in opposition to industrial agriculture face the issue of fertility, which alternatives to fertility management for more sustainable production systems they present, and which epistemological and methodological basis they have. Fertility is here understood as the “top of the iceberg” of deep and complex relations between economic and agronomic development in the scope of science that contribute to the worsening of the recent environment and civilization crisis by the validation of a set of technologies that are no more than the instrumental basis of rural social excluding development model which concentrates wealth. The analysis of the referred complexes interrelations demands a critic theoretical perspective in order to overcome the disciplinary boundaries and to enrich knowledge with the findings of the specialized science fields with an interdisciplinary perspective. Finally, the present project aims to highlight the fertility as a relevant aspect of the industrial agriculture crisis through a dialog between technical agronomic theory and social literature. This interdisciplinary dialog aims to promote a breadth and historical based analysis about this subject.

Keywords: Soil fertility; Concept formation; Agrarian development; Agroecosystem

1 INTRODUÇÃO

Durante o mestrado (IAMAMOTO, 2006), realizamos um estudo sobre a Agroecologia enquanto enfoque teórico-metodológico para o desenvolvimento rural. Apresentamos uma retrospectiva histórica dos marcos fundantes da Agroecologia, através de uma análise do seu processo de desenvolvimento e enriquecimento teórico, tendo como referenciais os trabalhos de Miguel A. Altieri e de Eduardo Sevilla Guzmán. A pesquisa identificou um processo de continuidades e rupturas no desenvolvimento histórico da Agroecologia, indicando a riqueza e, ao mesmo tempo, a complexidade do processo de sua constituição e do tema que ela abrange, para além de concepções puramente técnicas e a-históricas. As continuidades se expressam na incorporação e desenvolvimento do acervo de fundamentos teóricos e conhecimentos técnicos especializados acumulados ao longo de seu processo de formação; e as rupturas encontram-se consubstanciadas na subordinação dessas conquistas ao direcionamento social das pesquisas e ações empreendidas no marco dessa orientação teórica, voltadas ao desenvolvimento rural.

A Agroecologia, nessa abordagem, foi por nós entendida como mais do que uma ferramenta voltada para o estabelecimento de sistemas produtivos sustentáveis: afirma uma capacidade de entendimento da complexidade social onde se inserem os problemas agronômicos e uma possibilidade de potencializar os processos sociais, resgatando e dialogando com formas de conhecimento e de práticas dos próprios agricultores mediante estratégias metodológicas voltadas ao desenvolvimento rural sustentável.

É nesse legado que se insere a presente pesquisa, sendo, de uma certa forma, uma continuidade. Continuidade em termos de método, não de objeto, e superação em termos de método e de objeto.

Com relação à continuidade deste trabalho, em relação a Iamamoto (2006) podemos fazer menção à análise histórica, da qual as ciências agrárias tanto carecem. Analisar o conceito de fertilidade de solo numa perspectiva histórica é ampliar a altitude de análise do “objeto”, inseri-lo no conjunto dos determinantes históricos com o qual se relacionou e se relaciona.

Consideramos, por outro lado, que há uma superação em termos de método, no sentido de que damos continuidade à análise histórica, incorporamos, mais explicitamente, a dialética¹ Marxiana (MARX, 2008; LUKÁCS, 2003). Objetivamos em nossa análise contextualizar os determinantes que, em diferentes graus, atuam sobre as transformações do conceito de fertilidade no processo histórico. Mais do que uma sequência de fenômenos factuais temporalmente ordenados, o que se propõe aqui é mostrar como as transformações do conceito de fertilidade refletem esse todo, ou seja, reflete a estrutura do mundo e suas transformações em cada momento histórico.

Há de se pontuar que esse trabalho apresenta uma tentativa de analisar a fertilidade de solo a partir de uma perspectiva mais ampla e complexa do que a comumente apresentada pela ciência agrônoma, usualmente preocupada com a quantificação e disponibilização de nutrientes no solo. É uma tentativa de análise transdisciplinar em acordo com o que o autor acredita ser necessária para uma mudança da forma com que se faz ciência, especialmente no campo agrônomo, mas não só nele.

Por outro lado, também não é uma abordagem sociológica, por mais que algumas vezes o próprio autor tenha estado propenso a crer. A possibilidade de se referenciar integrando campos ou “compartimentos” do conhecimento científico é ao mesmo tempo uma vantagem e um fardo. A vantagem se dá no fato de poder ampliar os horizontes para o dito “objeto” e enxergá-lo como imagem e reflexo da sociedade que o vê, podendo transcender o utilitarismo da pergunta científica – O que?; Como?-, sempre em busca de resultados práticos, aplicáveis e universais. Possibilita entender o particular em função do contexto e não cair na tentação de querer vê-lo isolado das determinações que o conformam.

Significa também, por outro lado, não desmerecer a curiosidade genuína da busca pelo conhecimento, mas antes submeter as perguntas básicas ao reconhecimento, reflexão e busca das consequências do fazer científico – Para quem; Por quê? – que expõe a “não neutralidade” do pesquisador e provoca a incômoda necessidade do reconhecimento do caráter ideológico da ciência.

¹ Ver Metodologia.

Significa também um certo desprendimento, se não, a negação, da necessidade absoluta de especialização e atomização do objeto de estudo. Como escolha, a transição entre áreas distintas do conhecimento leva a uma nova relação entre profundidade do conhecimento, relevância social e capacidade de recontextualização do conhecimento alcançado.

O fardo, por outro lado, se dá na tensão que se estabelece entre a formação técnica do autor e a necessidade de ampliação da análise do objeto aqui proposta. A necessidade de aprofundamento no campo das Ciências Sociais, gera tensão teórica através da necessidade de transcender o pensamento puramente técnico e introduzir os fatos no seu contexto social, tendo como resultados muitas vezes a negação de perspectivas de análise e interpretações factuais antes adotadas. Essa necessidade de embasamento dos referenciais das Ciências Sociais (história, história econômica, economia política) demandou um processo de formação, por mais modesto que possa ter sido, cuja exigência de tempo e dedicação talvez não esteja devidamente materializada neste trabalho.

O autor aproveita esse trabalho para se aproximar do estudo de parte da obra marxiana e na busca da interpretação marxiana de questões relativas à fertilidade do solo, agricultura, ciência e relação homem-natureza. O eixo fundamental que relaciona esses distintos temas com o objeto desse trabalho é a dialética enquanto método de apreensão da realidade ou a tentativa de exercício desse método, no caso, a forma como elementos centrais da sociedade moderna se configuram na sociedade capitalista.

Como dito, essa tentativa não significa o pleno sucesso no exercício do método. Nem, por outro lado, a inexistência de momentos onde a perspectiva técnica se afirme na forma de uma contradição interna. Essa contradição é por nós entendida como um reflexo, no trabalho, da trajetória intelectual do autor que busca o diálogo com as ciências sociais, sem poder negar sua formação técnica. Não acreditamos que essa tensão esteja resolvida ao fim desse trabalho e temos sérias dúvidas se o será um dia, reconhecendo-a, mas não aceitando passivamente esse desafio.

Cabe ressaltar que o trabalho apresenta, em seu desenvolvimento,

diferentes graus de abrangências temporal e espacial e isso não se dá de forma ocasional. O objetivo do trabalho é explorar a mudança da forma de entendimento da fertilidade de uma forma ampla, de acordo com as grandes transformações socioeconômicas humanas, em especial com relação à transição das formas pré-capitalistas de produção à forma capitalista e à generalização da lógica capitalista para o âmbito da ciência moderna. Por outro lado, trazemos exemplos pontuais, que auxiliam a ilustrar as formas pré-capitalistas de produção e o enfrentamento da manutenção da fertilidade do solo. Acreditamos que a história revela formas ditas “superadas” de relação com a natureza que inspiram tentativas contemporâneas de superação da alienação homem-natureza e muito ainda tem a contribuir nesse sentido.

Por outro lado, a especificidade espacial se revela na análise das mudanças ocorridas na agricultura na Inglaterra, cujas transformações técnicas revelam grandes mudanças na economia e na sociabilidade humana, muitas vezes ignoradas pela perspectiva tecnicista. Neste sentido, a Inglaterra é analisada como uma especificidade territorial fundamental para entender o que se expande, em diferentes dinâmicas temporais e materiais, para o resto do mundo: o capitalismo industrial.

Isso não quer dizer ignorar as especificidades e a riqueza dos processos sociais que são desencadeados no resto do mundo, especialmente nas periferias nos países centrais e nas periferias do capitalismo mundializado. Significa, ao contrário, buscar um entendimento do movimento geral do capital no âmbito da agricultura e seus impactos na agricultura, para mostrar como, essas especificidades apontam para novos caminhos possíveis.

Metodologia e procedimentos de pesquisa

Nesse trabalho, a *fertilidade* é abordada como objeto de um estudo histórico-conceitual. Entendemos que o conceito de fertilidade na agricultura, seu desenvolvimento e suas relações com a economia e a ciência, nos apresentam a totalidade dos condicionantes que moldaram e consolidaram a concepção agronômica científica de fertilidade, seus princípios epistemológicos e

metodológicos, assim como o seu arcabouço instrumental, ou seja, suas práticas.

Aparentemente pontual, a questão da fertilidade é aqui apreendida como a “ponta de um iceberg” de complexas e profundas relações entre o desenvolvimento da economia e da agronomia no âmbito da ciência, que contribuem para o agravamento das crises ambiental e civilizatória atuais ao validarem um conjunto de tecnologias que nada mais são do que a base instrumental de um modelo de desenvolvimento rural socialmente excludente e concentrador de riquezas. Complexa por natureza, a análise dessas inter-relações e das próprias crises acima citadas demandam um olhar crítico e que, sobretudo, supere as fronteiras disciplinares, através do diálogo entre campos de conhecimentos técnicos e as ciências sociais, numa perspectiva interdisciplinar.

Para tanto, procederemos a uma análise das transformações que a agricultura sofreu desde seus primórdios, buscando ressaltar, em cada momento histórico, a forma com que a fertilidade de solo era vista, tratada ou como a mesma influenciava e limitava o desenvolvimento da própria agricultura². O apelo à história busca ampliar a altitude de análise do “objeto”, inseri-lo no conjunto dos determinantes históricos com o qual se relacionou e se relaciona, enfim, inserir o particular no geral, ou as “partes” no “todo” (GOLDMAN, 1979).

O Método

A ciência moderna logrou êxitos antes inimagináveis, aprofundando o conhecimento sobre grande parte dos aspectos da vida humana e do planeta terra. Entretanto, o fez com base na subdivisão do saber, através do contínuo distanciamento de áreas do conhecimento antes integradas, ou menos fragmentadas.

A especialização das áreas do conhecimento e dos cientistas, como parte da divisão social do trabalho, levou a uma visão cada vez mais parcial da realidade. Isso nos leva ao entendimento do objeto parcial dentro de uma realidade parcial.

² Como ressaltou Marx (2008) “[...] de que maneira as condições históricas gerais afetam a produção e qual é a conexão entre produção e movimento histórico”. (p. 254)

Objeto parcial, pois cada vez mais o objeto é atomizado, cada vez mais estuda-se partes menores de algo que antes era o objeto em si.

Ao seguir esse método, o cientista, que se acha em uma postura objetiva, neutra em relação ao seu objeto “Não vê que a mais simples enumeração de ‘fatos’, a justaposição mais despojada de comentários já é uma ‘interpretação’, que nesse nível os fatos já foram apreendidos a partir de uma teoria, de um método [...]” (LUKÁCS, 2003, p. 71).

Esta forma de proceder da ciência resulta no que Lukács (2003) chamou de “processo de abstração”, onde

[...] os fatos “puros” das ciências naturais surgem da seguinte maneira: um fenômeno da vida é transportado, realmente ou em pensamento, para um contexto que permite estudar as leis às quais ele obedece sem a intervenção perturbadora de outros fenômenos. Esse processo é reforçado pelo fato de que os fenômenos são reduzidos à sua pura essência quantitativa, à sua expressão em números e em relações de números (p. 71-72).

Ora, o que não se considera com isso é que os próprios fatos, isolados de seus contextos, perdem seu sentido e sua capacidade de explicação, ou de esclarecimento, do todo onde se inserem. A solução para isso poderia ser a simples re-contextualização dos objetos no todo³, onde se inserem, após serem estudados, mas essa questão não é tão simples, pois como ressalta Goldman (1979),

[...] *toda verdade parcial só assume sua verdadeira significação por seu lugar no conjunto*, da mesma forma que o conjunto só pode ser conhecido pelo progresso no conhecimento das verdades parciais. A marcha do conhecimento aparece assim como uma perpétua *oscilação entre as partes e o todo* que se devem esclarecer mutuamente (p. 5-6, grifo nosso).

A contextualização, dessa forma, não deve ser entendida como um item de procedimento metodológico que, a critério do pesquisador, pode ser, ou não, feito no

³ Neste aspecto, até mesmo Descartes escreveu em sua 3ª regra do método, que parece ser sistematicamente esquecida: “O terceiro, conduzir por ordem meus pensamentos, começando pelos objetos mais simples e mais fáceis de conhecer, para *subir pouco a pouco, como por degraus, até o conhecimento dos mais compostos*; e supondo certa ordem mesmo entre aqueles que não se precedem naturalmente uns dos outros”. (DESCARTES, 2001, p. 23, grifo do autor)

momento que lhe convier, ou como item final do processo de investigação. Ela é necessária, em nosso entendimento, como constituinte e integrante do *método* de pesquisa. Ela é parte do processo de apreensão da realidade.

Isso, entretanto, nos remete a um grande desafio. Como contextualizar e integrar nosso objeto num todo, se a realidade, em si mesma, nos aparece como algo tão abstrato? Inicialmente, é necessário entender por que essa abstração ocorre.

As raízes desse processo de fragmentação, simplificação e operacionalização da realidade encontra-se na origem e lógica do capital⁴ (LUKÁCS, 2003; MARX, 2002⁵). Em uma passagem esclarecedora, Lukács (2003) sintetiza esse processo:

O caráter fetichista da forma econômica, a reificação de todas as relações humanas, a extensão sempre crescente de uma divisão do trabalho que atomiza e racionaliza o processo de produção, sem se preocupar com as possibilidades e capacidades dos produtores imediatos, *transformam os fenômenos da sociedade e, com eles, sua percepção*. Surgem fatos “isolados”, conjuntos de fatos isolados, *setores particulares com leis próprias* (teoria econômica, direito, etc) que, em sua aparência imediata, mostram-se largamente elaboradas para esse estudo científico. Sendo assim pode parecer particularmente “científico” levar até o fim e elevar ao nível de uma ciência essa tendência já inerente aos próprios fatos. (p. 72, grifo nosso)

A aparência produzida por esse processo de “expansão” da lógica do capital para todos os âmbitos da vida nas sociedades capitalistas, induzindo uma alteração da percepção da realidade, é central na presente discussão, mais especificamente em relação à diferenciação entre realidade e a reprodução dessa realidade, ou seja, as formas de apreensão da realidade na práxis científica.

Segundo Marx, “Hegel chegou à ilusão de conceber o real como resultado do pensamento que se absorve em si, procede de si, move-se por si” (MARX, 1982, p. 14). É esse caminho que trilhou a ciência moderna ao se fragmentar e, por mais que pareça uma contradição, ao se desmaterializar. A ciência moderna, em sua

⁴ “Os oportunistas jamais se dão conta de que faz parte da essência do capitalismo produzir os fenômenos dessa maneira” (LUKÁCS, 2003).

⁵ Ver Marx (2002, Capítulo 1 – A mercadoria)

história, por mais presa aos fatos que fosse em suas origens, passou a ter como fundamento, fatos, fenômenos e objetos cada vez menos concretos e independentes da realidade.

Num sentido totalmente oposto, o entendimento da realidade por Marx, enquanto método, se baseia na forma de apreensão dessa realidade totalizante, que busca contextualizar o objeto e, para isso, parte da realidade.

A apreensão dessa realidade, concreta, se dá através da teoria, da “[...] reprodução, no plano do pensamento, do movimento real do objeto” (NETTO, 2011, p. 25). É “o movimento real do objeto transposto para o cérebro do pesquisador - é o real reproduzido e interpretado no plano ideal⁶” (NETTO, 2011, p. 21). Como disse Marx, “Não basta que o pensamento tenda para a realidade; é a própria realidade que deve tender para o pensamento⁷” (MARX, 2010⁸, apud LUKÁCS, 2003, p. 65).

Dessa forma, o concreto pensado, “não é uma espécie de reflexo mecânico, com o pensamento espelhando a realidade tal como um espelho reflete a imagem que tem diante de si”. Ela demanda a postura ativa do pesquisador, diferentemente da objetividade da ciência moderna, na busca por “apreender não a aparência ou a forma dada ao objeto, mas a sua essência, a sua estrutura e sua dinâmica [...] para apreendê-lo como um processo” (NETTO, 2011, p. 25).

A fertilidade do solo

Como veremos, a “fertilidade”, como se entende no âmbito das ciências agrárias, que adiante aprofundaremos, é vista como uma simples quantificação e

⁶ “O concreto é concreto porque é a síntese de múltiplas determinações e, por isso, é a unidade do diverso. Aparece no pensamento como processo de síntese, como resultado, e não como ponto de partida, embora seja o verdadeiro ponto de partida, e, portanto, também, o ponto de partida da intuição e da representação. No primeiro caso, a representação plena é volatilizada numa determinação abstrata; no segundo caso, as determinações abstratas conduzem à reprodução do concreto pela via do pensamento” (MARX, 2008, p. 258-259).

⁷ Também citado em Marx; Engels (2001) como “Não é a consciência que determina a vida, mas sim a vida que determina a consciência” (p.20)

⁸ MARX, K. Zur Kritik der hegelschen Rechtsphilosophie. MEW I. Berlin: Dietz Verlag, 1982. p. 385. Em MARX, K. **Crítica da filosofia do direito de Hegel**. 2. ed. Tradução de Rubens Enderlee Leonardo de Deus. São Paulo: Boitempo, 2010, a tradução é “Não basta que o pensamento procure se realizar; a realidade deve compelir a si mesma em direção ao pensamento”:

relação de nutrientes presentes no solo. É uma expressão numérica e quantitativa. Segue, desta forma, a lógica da ciência moderna, que busca reduzir o seu objeto de análise e quantificá-lo.

A relação entre nutriente, planta e solo, nesse caso, é um dos poucos elos que se mantêm do objeto com sua realidade imediata, criando-se uma “totalidade parcial” que é o agroecossistema (nível “predial”, segundo GUZMÁN CASADO; GONZÁLEZ DE MOLINA; SEVILLA GUZMÁN, 2000). Nesta “totalidade parcial”, as relações com a sociedade parecem não se estabelecer (em última instância, o mercado, no caso de variações de preços dos insumos).

O método que aqui seguimos, aceitando o seu desafio, não é senão o que busca, através da teoria, a distinção entre aparência e essência, ou seja “o *conhecimento do objeto – de sua estrutura e dinâmica – tal como ele é em si mesmo*, na sua existência real e efetiva” (NETTO, 2011, p. 20, grifo do autor). Mais do que uma sequência de fenômenos factuais temporalmente ordenados, o que se propõe aqui é mostrar como as transformações do conceito de fertilidade refletem esse todo, esse contexto, ou seja, refletem a estrutura do mundo, sua história e suas transformações.

Procedimentos metodológicos

O estudo histórico da formação do conceito de fertilidade que aqui procedemos teve a análise bibliográfica como principal ferramenta. Os documentos bibliográficos são nosso material empírico e para isso procedemos à seleção de fontes que auxiliem no processo de “reprodução ideal⁹ do movimento real do objeto pelo sujeito que pesquisa” (NETTO, 2011 p. 6).

Para o desenvolvimento da pesquisa, procedeu-se ao estudo da fertilidade nos materiais selecionados, como adiante será detalhado, buscando articular o material empírico com a “leitura” do momento histórico da qual essa trata.

Em termos gerais, cabe ressaltar que a pesquisa foi realizada,

⁹ “[...] o ideal não é nada mais que o material, transposto e traduzido na cabeça do homem” (MARX, 1988, p. 26 apud NETTO, 2011, p. 21).

especialmente, em dois momentos. Inicialmente a mesma foi pensada, planejada e parcialmente executada no Brasil, contando com o cumprimento dos créditos obrigatórios exigidos nas disciplinas do programa de Pós-Graduação da USP e o avanço no estudo do material empírico.

Posteriormente o autor desenvolver um Intercâmbio, ficando um período de três meses na Universidade de Vermont. Esse período contribuiu de forma significativa para o enriquecimento, tanto qualitativo quanto quantitativo, das fontes bibliográficas da presente pesquisa, algumas das quais, inclusive, não puderam ser exploradas por diversos motivos, dentre os quais, tempo.

Finalmente, retornando para o Brasil, deu-se o desenvolvimento final da pesquisa e redação do presente documento.

Em termos processuais, foram seguidas as seguintes etapas:

1) Revisão e complementação da bibliografia

Num primeiro momento, no início do trabalho, essa bibliografia foi levantada com base na pesquisa inicial realizada para a elaboração do projeto de pesquisa que deu origem a este trabalho.

Foi inicialmente realizada uma análise do material, que consistiu em uma fase inicial da análise descrita por Gil (1991) como leitura exploratória, a fim de conhecer todo o material e leitura seletiva, através da qual selecionamos os artigos pertinentes aos propósitos da pesquisa.

Feita essa primeira seleção, os materiais escolhidos foram analisados segundo Severino (1996), através de: a) Delimitação das Unidades de Leituras; b) Análise textual; c) Análise temática; d) Análise interpretativa; e) Problematização e f) Síntese pessoal (p.51-59).

Procedeu-se à localização, identificação e complementação de fontes bibliográficas de referência com vistas a “coligir uma documentação mais ou menos homogênea, em que estejam representados todos os fatos particulares, acessíveis ao conhecimento do investigador” (FERNANDES, 1972, p. 8). É importante ressaltar que o material bibliográfico é nosso material empírico, sendo a relação bibliográfica

selecionada nosso universo empírico baseado no qual procedemos à caracterização do objeto.

Cabe aqui ressaltar que após o início da análise propriamente dita dos materiais previamente selecionados, surgiu, por diversos motivos, uma riqueza ainda maior de novas fontes bibliográficas, que resultou não somente no que aqui chamamos de complementação bibliográfica, já prevista, mas num certo redirecionamento do plano inicial de pesquisa, especialmente no que diz respeito ao acervo bibliográfico no âmbito da história econômica e ao refinamento do que podemos chamar da análise histórica e periodização dos momentos históricos aqui estudados.

Com relação a essa complementação, cabe explicar que, durante o processo de desenvolvimento da presente pesquisa, surgiram numerosas novas fontes de bibliográficas, tanto livros quanto artigos, indisponíveis no Brasil. Muitas, especialmente livros, não foram localizadas nas principais bibliotecas nacionais, de acordo com pesquisa realizada pelo autor. Outros materiais, especialmente artigos de periódicos internacionais, não estavam disponíveis nas bases digitais de acesso do autor. Nesse momento, o período dispendido na Universidade de Vermont (UVM) mostrou-se fundamental para o enriquecimento das fontes de pesquisa. A inserção do autor como aluno da UVM abriu portas para acesso digital de diversos materiais indisponíveis para o autor no Brasil. Da mesma forma, o sistema de Empréstimo entre Bibliotecas e Requisição e Entrega Digitais de Periódicos da UVM possibilitou o acesso a uma base de dados de periódicos externas ao acervo da UVM, a aquisição de capítulos de livros, indisponíveis em seu acervo físico, em formato digital.

Nesse momento também foram identificadas as contradições e discordâncias teóricas entre os autores lidos, sendo esses elementos tratados no corpo do texto, quando procedente. Essa fase foi importante para a delimitação do corpo teórico e buscando a coerência metodológica.

2) Identificação dos marcos históricos relacionados à formação e mudanças da noção e conceito de fertilidade na agricultura

Desde o início desta pesquisa, ainda em sua forma de “plano de pesquisa” já

havia sido previsto uma delimitação temporal e uma demarcação de marcos temporais, que haviam sido, previamente definidos pelo autor como períodos chaves para o estudo do conceito de fertilidade do solo devido a sua íntima associação com as transformações ocorridas na agricultura. Nesse sentido, esses marcos seriam momentos chaves que definem períodos e onde, a partir desses “marco”, há uma transformação significativa no âmbito da agricultura e do manejo da fertilidade do solo.

Inicialmente estes marcos foram definidos como: a) da revolução neolítica até a primeira Segunda Revolução Agrícola, ou Primeira Revolução Agrícola dos tempos modernos (MAZOYER; ROUDART, 2001); b) da Primeira Revolução Agrícola dos tempos modernos até a Segunda Revolução Agrícola dos tempos modernos (“Revolução Verde”); c) a partir da Segunda Revolução Agrícola dos tempos modernos até os tempos atuais.

Essa forma inicial de periodização do estudo da fertilidade do solo foi claramente influenciada pelos marcos convencionais agrônômicos, baseados, essencialmente nas mudanças técnica no âmbito da agricultura. Essa perspectiva técnica se justifica pela formação acadêmica do autor na Engenharia Agrônômica e mostrou-se insuficiente para um estudo mais amplo do objeto aqui proposto.

Com o desenvolvimento do trabalho, buscamos aprofundar o estudo desses marcos, através do estudo da agricultura e fertilidade de solo nesses períodos. Identificamos, porém que, apesar desses “marcos” refletirem mudanças importantes, sem dúvidas, no âmbito da agricultura, o seu estudo mais aprofundado e a articulação entre a dinâmica da agricultura e as transformações socioeconômicas e institucionais sugerem, de acordo com nosso estudo, serem:

- Período pré Moderno (início da domesticação das plantas até o ano 1500. d.C);
- Período Moderno (1500 d. C. até 1750 d. C.);

- Período Contemporâneo (1850 d. C. até a atualidade).

3) Análise final

Foi feita a relação entre esses marcos históricos e o debate apresentado pelos autores aqui escolhidos como referência. Esta fase foi a de análise dos dados e fontes bibliográficas. O material empírico e as informações dele levantadas foram confrontados com vista a delimitar a gênese e desenvolvimento histórico do conceito de fertilidade.

Aqui, procedemos ao que Fernandes (1972) denominou de “depuração crítica das informações”, ou seja “determinar a significação relativa dos dados de fato, dentro do contexto empírico a que se integrem, mediante a análise da consistência dos diferentes tipos de informações e do grau de complementariedade delas no universo empírico observado” (p. 10).

Em outras palavras, procedemos à triangulação entre as informações factuais obtidas nas fontes bibliográficas, os marcos históricos definidos e os acontecimentos sócio-econômicos determinantes nestes marcos. Isso significa que, além de construir uma articulação coesa entre os fatos concretos e mudanças técnicas no âmbito da agricultura e da fertilidade, almejamos buscar as significações destes fatos através da análise do material empírico também como expressão do “contexto narrativo”, ou seja, como discurso (ideológico) escrito (BAKHTIN, 2009).

Segundo Bakhtin (2009), “cada palavra se apresenta como uma arena em miniatura onde se entrecruzam e lutam os valores sociais de orientação contraditória. A palavra revela-se, no momento de sua expressão, como produto da interação viva das forças sociais” (p. 67). Nosso objetivo, com isso, é superar o que o autor denominou de “estágio inferior” da significação, ou seja, da “palavra dicionarizada” (p. 136) que se encontra destituída de relação com o contexto social onde é usada assim como com o sujeito social que o utiliza.

Com esse procedimento, e suas premissas metodológicas, buscamos descortinar o conceito de fertilidade, para além de sua significação aparente.

2 A AGRICULTURA E A FERTILIDADE DO SOLO NO MUNDO PRÉ-MODERNO (~1500)

A agricultura foi, historicamente, responsável por uma grande transformação na vida humana (BARKER, 2006; DIAMOND, 2002). Iniciada com o processo de domesticação das espécies selvagens de plantas e animais, há cerca de 12.000 anos (BARKER, 2006), é sintetizada como um longo processo, muitas vezes chamado de Revolução Agrícola Neolítica¹⁰ (BARKER, 2006; MAZOYER; ROUDART, 2010; EHLERS, 1999), através de um contínuo aprendizado pela observação da natureza, e tentativas e erros (BREVIK; HARTEMINK, 2010) que envolveu a domesticação de animais e culminou no desenvolvimento de uma cultura agrícola.

A domesticação de plantas e de animais se deu através de um longo processo de coevolução entre o homem e o ambiente natural e, mais do que algo intencional e preconcebido, foi o resultado de estratégias de sobrevivência em um período de transformações ambientais radicais (BARKER, 2006). Na passagem do Pleistoceno para o Holoceno, sistemas de subsistência incorporando animais ou cultivo de plantas podem ter existido em determinadas situações ambientais em diversas partes do mundo (SPRIGGS, 1996 apud BARKER, 2006) e podem ter demorado 10.000 anos para que algumas sociedades desenvolvessem um modo de produção que pudesse ser algo “(...) próximo à nossa definição moderna de produção de alimentos e agricultura” (BARKER, 2006, p. 397).¹¹

Os primeiros registros históricos da domesticação remetem, em alguns casos, à identificação de artefatos utilizados para as práticas agrícolas, como colheita e cultivo do solo, ou seja, as ferramentas pelos homens desenvolvidas para

¹⁰ Para uma análise crítica dos enfoques sobre as origens da agricultura, assim como do termo Revolução Neolítica, ver BARKER (2006), assim como GREENE, K. V. Gordon Childe and the vocabulary of revolutionary change. *Antiquity*, v. 73, n. 279, p. 97–109, 1999.

¹¹ Nesse sentido, Barker (2006) ressalta a inexistência de uma “necessária trajetória” rumo à agricultura em termos evolutivos, ou em suas palavras, “(...) there was no inexorable path to agriculture, no unstoppable progress along an evolutionary spectrum from low-input mobile foraging to intensive sedentary farming” (p. 397).

promover o cultivo das espécies alimentícias (BREVIK; HARTEMINK, 2010). Segundo Brevik e Hatermink (2010), ferramentas para colheita e cultivo do solo de cerca de 10.000 anos atrás foram encontradas no Iraque e registros de irrigação de cerca de 9.500 anos atrás foram identificados no sul do Iraque.

Segundo Krupenikov (1992 apud BREVIK; HARTEMINK, 2010), na Mesopotâmia há 9.500 anos atrás, comumente chamada de “berço da civilização”, havia conhecimentos sobre os diferentes tipos de solo e sobre como ajustar as formas de cultivo aos diferentes solos.

Os egípcios, em cerca de 3.300 a.C. desenvolveram uma das mais exuberantes culturas, cuja base material era a agricultura, e também apresentavam um grande conhecimento agrícola e possuíam diversas práticas relacionadas à fertilização das culturas, sustentada pela deposição de sedimentos siltsos e orgânicos após as cíclicas cheias do rio Nilo. Havia uma complexa organização social e da mesma forma, uma complexa organização da agricultura (REDFORD, 2001).

Esses registros revelam o esforço desses povos em adaptar o ambiente em que viviam para que se adéquem às necessidades demandadas pela produção de alimentos. Em outras palavras, adaptar os solos e as suas condições às necessidades humanas (BREVIK; HARTEMINK, 2010).

Para além do debate sobre as causas e sobre a adequação do uso do termo Revolução Neolítica, o fato é que a consolidação de uma cultura agrícola permitiu ao homem uma maior fixação a um território, além da produção de parte de seu alimento e, em termos mais gerais, foi fundamental para a consolidação das sociedades e da complexificação das relações sociais dos grupamentos humanos (MAZOYER; ROUDART, 2010) e de suas crenças¹².

Ao deixar de viver da coleta e extração, o homem foi paulatinamente se afastando, enquanto dependente da natureza, e passando a ser mais ativo no desenvolvimento de estratégias de sobrevivência, ferramentas e técnicas que

¹² Sobre a transição para sociedades agrícolas e as mudanças religiosas e culturais, Cf. BARKER, 2006, p. 409 et. seq.

propiciaram a sua maior independência dos frutos da natureza. De uma certa forma, isso resultou na sua independência e no progressivo “domínio” das forças e elementos do meio natural (BARKER; 2006; HUBERMAN, 1971). Como ressalta Barker (2006), sem o surgimento da agricultura, “não haveria história humana, mas somente um contínuo ciclo de adaptação e readaptação às transformações ambientais que começaram milhões de anos atrás (...)” (p. 413).

Neste longo processo, o homem esteve em contante e íntima relação com o solo (BREVIK; HARTEMINK, 2010) e desenvolveu inúmeras estratégias para entender o seu papel no crescimento das plantas, então domesticadas, e para promover as condições necessárias para esse crescimento.

Mazoyer e Roudart (2010) fazem uma interessante sistematização do que chamam de sistemas agrários. Neles, os sistemas agrários que antecedem a agricultura Grega Clássica e Romana são conceituados pelos autores como “Sistemas de Derrubada-queima”¹³. Associado à origem da agricultura, os sistemas de derrubada-queima se adaptaram à maioria dos ecossistemas florestais, utilizando a biomassa florestal, rapidamente disponibilizada pela queima, como fonte de fertilização do solo para a produção de alimentos.

Podendo apresentar vários arranjos espaciais e temporais, de forma geral esses sistemas possuíam um longo ciclo de renovação da fertilidade, ou seja, demandam uma grande área para ser explorada até que seja necessário o retorno a uma gleba já utilizada. Esse tempo pode variar entre dezenas de anos até alguns anos e esse intervalo interfere diretamente na produção de biomassa¹⁴ e na consequente disponibilização de nutrientes para os cultivos e, consequentemente, na capacidade produtiva dos mesmos.

A intensificação e generalização dos sistemas de derrubada-queima teve como consequência geral o desflorestamento de muitos ecossistemas, como o ecossistema mediterrâneo e as florestas temperadas da Europa, onde mais tarde se

¹³ Não ignoramos a existência de outros sistemas agrícolas (Árabe, Hidráulico e Incas), mas por uma questão de escopo, daremos foco aos sistemas agrários e aos períodos históricos mais diretamente relacionados ao desenvolvimento da agricultura moderna Europeia. Para informações sobre esses sistemas ver Idrisi, 2005; Mazoyer e Roudart, 2010.

¹⁴ Para um exemplo da produção de biomassa em função do intervalo entre derrubadas, ver Mazoyer e Roudart, 2010, p. 145, Figura 3.4.

estabeleceram os sistemas de tração leve com pousio. Segundo Mazoyer e Roudart (2010) esses desflorestamentos começaram a cerca de 2.000 anos a. C. e diversos textos sobre a agricultura na Antiguidade Clássica confirmam que nessa época a maioria das formações florestais mediterrâneas e muitas do Norte Europeu já haviam sofrido desmatamento.

É nesse cenário, sucintamente apresentado que se insere o fio temporal deste trabalho, através da apresentação da agricultura na Antiguidade.

Nesse período estabelecem-se formas de agricultura com registros escritos sobre a fertilidade do solo, à qual procederemos um estudo, com vistas à agricultura moderna, especialmente originada na Inglaterra, cujas consequências no tocante à fertilidade do solo, se generalizam na forma do que chamaremos aqui de agricultura industrial.

A fertilidade do solo na Antiguidade (~400 a.C. - 400 d.C)

A Antiguidade se configura como um período importante para o estudo da fertilidade do solo. Mesmo não havendo uma ciência estabelecida, nos termos modernos, a Grécia antiga estabeleceu uma cultura agrícola que, sofrendo influência de outras experiências marginais mediterrâneas, foi a base para a consolidação, no período romano, de uma das culturas agrícola mais intensivas (MARGARITIS; JONES, 2008).

Diversos autores ressaltam a escassez de fontes sobre a agricultura grega (ISAGER; SKYDSGAARD, 1992; MARGARITIS; JONES, 2008), não estando presente nem mesmo nos discursos jurídicos atenienses, notadamente uma das principais fontes sobre a economia antiga (CAHILL, 2001¹⁵, p. 223-224 apud MARGARITIS; JONES, 2008, p. 159). Os autores justificam essa ausência pelo fato destes discursos refletirem os ideais culturais da época, cuja importância se volta à vida cidadina dos estratos sociais superiores (pensar) e não à esfera produtiva rural (fazer). A arqueologia, bioarqueologia e registros visuais, desta forma, assumem um

¹⁵ CAHILL, N. **Household and organization at Olynthus**. New Haven: Yale University Press, 2001.

importante papel na tentativa de reconstituição da estrutura produtiva agrícola antiga.

Isager e Skydsgaard (1992) também ressaltam a dificuldade de se chegar a um entendimento preciso da agricultura grega (p. 3, 110). Segundo os autores, os registros antigos mais conhecidos e citados trazem diversos elementos que levam à dúvida e questionamentos. A obra *Works and Days* de Hesíodo de 700 a. C., desta forma, trás informações de caráter pessoais e seletivas. O tipo de narrativa dos poemas Homéricos, por outro lado, dificulta o entendimento da agricultura nesse período. Já em o *Oeconomicus* de Xenophon (aproximadamente 401 a. C), a agricultura é trazida por alguém que não possui experiência prática, mas por um nobre, espectador e interessado pelas atividades do campo. Outra obra considerada é *Historia Plantarum* (ou *Enquiry Into Plants and Minor Works on Odours and Weather Signs*) de Theophrastus (1916) (publicado entre 350 a. C e 287 a. C), que apresenta uma grande riqueza sobre a botânica e cultivo das plantas mas cujo “ponto de vista é mais das plantas do que das pessoas que a plantavam” (ISAGER; SKYDSGAARD, 1992, p. 7). Desta forma, uma possível tentativa de construção do que foi a agricultura antiga grega se apresenta com uma grande colcha de retalhos, com fontes de diversas naturezas, incluindo peças jurídicas, pinturas e peças teatrais.

A mesma dificuldade se apresenta com relação à busca de conhecimentos sobre a criação animal, onde os trabalhos, especialmente *Historia Animalium* de Aristóteles, eram voltados mais a uma apresentação descritiva e classificatória dos animais em si e menos para uma apresentação das formas de criação e papéis dos mesmos na agricultura e na alimentação (ISAGER; SKYDSGAARD, 1992, p. 83).

Margaritis e Jones (2008) discutem dois modelos de interpretação da agricultura grega (p. 160). O primeiro deles, por eles imediatamente questionado, seria o que busca na atualidade, ou nos registros mais recentes reconstituir a realidade da Grécia antiga, com base nos elemento geográficos, ecológicos e agrícolas. O outro seria a partir de registros de bioarqueologia, e indicam a existência de uma agricultura intensiva e integrada à produção animal, com rotações de cultura, produção de forragem e uso de esterco para fertilização dos campos.

A conclusão, porém, é a de que existiam diversos sistemas de produção. Isso é certo, se levarmos em conta a diversidade ecológica e climática que existia entre extremos geográficos do território grego, especialmente entre o mediterrâneo e o temperado ao norte.

Uma das características gerais da agricultura grega, destacadas por Margaritis e Jones (2008), é o de ser uma agricultura “harmonizante”, ou seja, pouco “dominadora” e transformadora do ambiente natural, ao contrário da agricultura romana, como veremos adiante. Um dos exemplos dessa adequação ao ambiente seria a regionalização da sociedade grega, intimamente associada à distribuição espacial das oliveiras¹⁶ (FOXHALL et al., 2007 apud MARGARITIS; JONES, 2008; GREENE, 1986).

A agricultura grega seria classificada, de acordo com a divisão dos sistemas agrícolas de Mazoyer e Roudart (2010), como sistema agrário com pousio e tração leve, resultante dos sistemas temporários de derrubada e queima (coivara), após o intenso desflorestamento ocorrido. O cultivo era feito através de arados simples e leves, chamados de arado de risco, ou arado escarificador¹⁷ que eram usados desde o neolítico¹⁸.

A realidade da agricultura romana, por outro lado, possui melhores e mais quantidade de fontes textuais (MARGARITIS e JONES, 2008).

Margaritis e Jones (2008) ressaltam que, mesmo com sua expansão, a base agrária romana manteve as características da Grécia mediterrânea. Entretanto algumas mudanças podem ser identificadas, sendo o uso do ferro algo distinto. O processo imperial estimulou a produção de ferro, que acabou sendo utilizado para diversos fins, inclusive agrícolas. No que nos toca, o desenvolvimento de ferramentas de corte mais adaptadas promoveu um melhoramento no processo de ceifagem na fenação e aumentou a capacidade de produção e estoque de feno, especialmente no norte, onde a demanda por feno era maior no inverno.

¹⁶ Ver Greene (1986), Figura 2: Pre-Roman Mediterranean civilisations (p. 10) e Margaritis e Jones (2008, p. 160).

¹⁷ “scratch plow” ou “ard” em inglês.

¹⁸ MAZOYER; ROUDART (2009) remetem a origem desse à baixa Mesopotâmia, sendo posteriormente difundido para o oriente médio (milênio IV a.C.), vale do Nilo e Europa (milênio III a.C.) (p. 258)

Substituindo, pouco a pouco, o arado escarificador, o arado de aiveca promoveu mudanças nas práticas agrícolas do norte do império, que se alastraram para boa parte da Europa, especialmente a temperada. Nessas regiões, o arado de aiveca possibilitou um preparo mais profundo do solo, tendo constituído as bases para a expansão do trigo como principal cereal da base alimentar Europeia, após o período romano (MARGARITIS; JONES, 2008, p. 170).

A lógica expansionista e militar dominante na sociedade romana, portanto, resultou em consequências agrícolas fundantes. O aumento da área destinada a feno e o consequente aumento da oferta de alimento possibilitou um incremento nos rebanho e consequentemente na produção de esterco. Como salienta Margaritis e Jones (2008, p. 169) o aumento da disponibilidade de áreas para produção de feno impactou menos o sistema agrícola romano mediterrâneo, mais afeito a porcos, frangos e ostras, mas certamente essas consequências foram uma herança fundamental para as novas sociedades europeias que se conformaram após a chamada queda do Império Romano, que tinham na produção animal bovina um elemento central do seu sistema produtivo e de manutenção de fertilidade.

Como citado anteriormente, ao contrário da grega, a agricultura romana foi mais dominadora (MARGARITIS; JONES, 2008, p.160). O tipo de sociedade era expansionista e teve que lidar com diferentes condições ambientais. A lógica imperialista demandou investimentos em infraestrutura de transporte e conexão do império, o que, nas palavras de Greene (2000), “lubrificou as engrenagens” do comércio de longa distância e promoveu um desenvolvimento técnico extremamente acelerado, ao contrário do que se tem acreditado¹⁹.

O domínio da tecnologia hidráulica, além dos alcances na mineração, possibilitou distribuição de água para irrigação através dos aquedutos e o aumento da eficiência na moagem de grãos através dos moinhos, integrando o sistema de aquedutos com a produção e processamento de alimentos.

Segundo Langdon (2002. p. 8-9), no fim da Era Romana, o uso de equinos para a tração era limitado a transportes leves, carruagens, usos militares e

¹⁹ Para uma crítica da noção de estagnação técnica na Antiguidade proposta por Finley (1965), ver Greene (2000).

esportivos, cabendo, quando o caso, às mulas e burros a tarefa de tração mais pesada. Segundo o autor, esse padrão de uso de animais de tração muda significativamente somente após a queda do Império Romano, com o que ele chama de “cavalos de trabalho como inovação tecnológica”.

A estrutura de pensamento de uma sociedade reflete e está limitada pelas suas estruturas sociais e econômicas. Sendo assim, acreditamos ser esclarecedor, para compreendermos o pensamento científico moderno, uma volta momentânea do nosso estudo à estrutura de pensamento e à estrutura social da Antiguidade Clássica (Gregas, séc. V -IV a.C. e Romana, séc. II a.C. - II d.C.) e às suas mudanças com a transição para o mundo moderno. Primeiramente, porque nesse período se afirma o pensamento filosófico, que, com suas particularidades, mantém-se como forma hegemônica de pensamento filosófico até o fim da Idade Média (476 d.C. até o fim do século XV d.C.). Em segundo lugar, mesmo com as transformações sociais que culminaram na chamada Era Moderna, muitos elementos da Antiguidade, especialmente do pensamento aristotélico, se mantêm ainda hoje na nossa estrutura de pensamento.

Mas se o modo de pensar está intimamente relacionado com as estruturas econômicas e sociais, porque estudar a Antiguidade se, desta época até hoje, as estruturas sociais e econômicas sofreram tantas transformações? Não deveria aquela estrutura de pensamento ter virado resíduo histórico, resquícios? Certamente as formas de organização política das sociedades, as ideias e as formas de pensar (científicas ou não) estão relacionadas, são determinadas, e sofrem mudanças através de uma relação dialética com as suas bases econômicas e sociais. Por outro lado, estas mudanças são mais graduais e lentas do que as mudanças no plano material (BAKHTIN, 2009). Assim sendo, após a queda do Império Romano do Ocidente muitos elementos fundantes das concepções filosóficas da Antiguidade Clássica permaneceram por séculos adentro na Idade Média, mesmo com as transformações sociais e econômicas ocorridas. De fato, as transformações no âmbito da estrutura de pensamento começam a se aprofundar somente com a radicalização das mudanças econômicas iniciadas com a transição do feudalismo

para o capitalismo.

As transformações econômicas que culminaram no capitalismo provocaram transformações radicais na forma de pensar das sociedades ocidentais, sendo a ciência moderna um exemplo expressivo, se não o mais importante por diversos motivos. Primeiramente, porque a racionalidade científica moderna passa a impregnar a forma de pensar da sociedade como um todo. Não porque a ciência tenha passado a ser o modo de pensar da sociedade, mas porque *a racionalidade* que preside a ciência moderna é uma *racionalidade do capital*. Este “modo capitalista de pensar” (MARTINS, 1982) é a essência da 'aparência moderna' da ciência contemporânea.

O Mundo Antigo e a forma de pensar

Aristóteles, discípulo de Platão, é um dos principais filósofos do 'período sistemático' (CHAUÍ, 2009)²⁰ antecedido por uma tradição que buscava a explicação da existência (período pré-socrático) através da geração das coisas por um princípio natural de onde tudo se origina (*physis*) e por uma tradição que buscava a compreensão do lugar do homem no mundo (período socrático).

A fase mitológica da filosofia grega já havia sido superada. A origem do pensamento filosófico grego é atribuída aos filósofos pré-socráticos e buscava nos mitos as explicações para os fenômenos mundanos e à própria realidade. A passagem da busca desses elementos explicativos da religião/mitos para elementos concretos da natureza (água, terra, fogo, ar) não foi difícil²¹, sendo os filósofos jônicos (Tales, Anaximandro e Anaxímenes) os primeiros a buscarem a explicação da origem das coisas em *um* elemento natural, e por isso serem chamados de

²⁰ Chauí (2009, p. 38-9) divide a filosofia grega em 4 períodos: a) Pré-socrático (cosmológico), do fim do século VII a.C. ao final do século V a.C.; b) Socrático (antropológico), do fim do século V a.C. e todo o século IV a.C.; c) Sistemático, do final do século IV a.C. ao final do século III a.C. e do final do século III a.C. até o século VI d.C.

²¹ Bornheim (1995, p. 9-10) ressalta que uma das características da religiosidade grega é o fato dos deuses gregos não pertencerem a um mundo sobrenatural. “A partir de tais pressupostos religiosos compreende-se que aos poucos uma atitude filosófica diante do real se tornasse viável, que o homem passasse a afirmar-se como um ser que por suas próprias forças questiona o real”.

materialistas monistas.

Outros elementos fundamentais para o desenvolvimento da filosofia aristotélica são os conceitos de *logos* e *physis*. Em Heráclito (540-470 a. C.) o *logos* representava “uma lei, uma racionalidade” (ANDERY et al., 1996) que dirigia o movimento do mundo e para Aristóteles a *physis* é a *origem de tudo*, a natureza e, mais que isso, uma *totalidade organizada*, “a totalidade de tudo que é”: “(...) além dela, nada há que possa merecer investigação” (BORNHEIM, 1995, p. 14).

Certamente, essas heranças foram importantes para que, dentro das condições materiais e sociais de sua época, suas ideias pudessem se desenvolver. Para isso, apresentaremos alguns aspectos da organização social do mundo antigo, para, em seguida, discutir a relação entre a base material desta sociedade e os elementos centrais da filosofia grega.

O mundo em que Aristóteles vivia era um mundo *ordenado* onde a *physis*, a natureza ordenada imperava. Desta forma, suas teorias seguiam estes princípios, eram teorias sobre um mundo *estático*.

Podemos exemplificar esta estática com a forma de organização da sociedade grega. As cidades gregas não eram um conglomerado de artífices, geradora dos produtos e riquezas. Era a sua área rural a fonte geradora da toda riqueza que sustentava os cidadãos na pólis, exercendo a cidadania grega. A estratificação social era presente: aos homens cabia a política e às mulheres os afazeres domésticos.

Diferentemente de outras culturas, como os Impérios Egípcio, Sumérico, Babilônico e Assírio²², “Foram as cidades-Estado gregas que primeiro tornaram a escravidão absoluta na forma e dominante na extensão, transformando-a assim de sistema auxiliar em um modo sistemático de produção” (ANDERSON, 1991, p. 21). Mesmo associados a diversas formas de trabalho livre²³, os escravos representavam a maioria dos trabalhadores braçais. A escravidão, mais do que um aparato produtivo qualquer, na verdade se tornou um elemento fundamental da estruturação social e econômica da vida nas cidades-estados e no Império. Nas palavras de Anderson (1991), ela foi a “invenção decisiva do mundo grego tanto para as suas

²² A escravidão já existia no oriente próximo, mas “sempre foi uma condição juridicamente impura” (ANDERSON, 1991, p. 21).

²³ Camponeses livres, reideiros e artesãos urbanos (ANDERSON, 1991, p. 21).

realizações quanto para o seu eclipse” (p. 21).

Um importante aspecto do modo de produção escravo neste período foi seu papel na estruturação destas sociedades, não só em termos produtivos, aspecto que abordaremos adiante, mas em termos sociais e políticos. O tempo de trabalho necessário para o desenvolvimento das atividades produtivas no campo ficava a cargo dos escravos, possibilitando que os homens livres, e seus filhos, pudessem viver na cidade e exercer a cidadania. Em outras palavras, o estado escravo “(...) permitia a disjunção permanente entre a residência e o rendimento: o produto excedente que proporcionava as fortunas da classe possuidora podia ser extraído sem sua presença na terra” sendo que “até as funções de administração fossem delegadas a escravos supervisores e feitores” (ANDERSON, 1991, p. 23). O modo escravo possibilitou um tipo de organização social que permitiu “a supremacia anômala da cidade sobre o campo, numa economia esmagadoramente rural” (ANDERSON, 1991, p. 23).

Desta forma, eram os escravos, com suas atividades realizadas nas áreas rurais, que sustentavam a liberdade e a atividade política na democracia grega: “A escravidão e a liberdade helênicas eram indivisíveis: uma era a condição da outra” (ANDERSON, 1991, p. 23).

Filósofos, como Aristóteles, se esforçaram para entender o mundo de sua época e foram influenciados por ele na formulação de suas teorias de explicação da realidade. A escravidão, como elemento alicerçante destas sociedades, cumpre um papel fundamental na estruturação da racionalidade aristotélica assim como no condicionamento da possibilidade de desenvolvimento do pensamento filosófico e científico.

Aristóteles analisava a realidade com vistas ao entendimento da ordem e das leis que regiam o mundo. À realidade que via, portanto, buscou e obteve explicações, que consolidam o cerne de sua racionalidade. Não havendo como fugir do pensamento de sua época e da herança filosófica grega, Aristóteles encontrou na 'natureza', enquanto *physis*, o elemento explicativo para o seu mundo. A ordem, portanto, do mundo torna-se o centro da explicação do mundo e a estática passa a ser o âmbito da sua física.

A teoria das quatro causas²⁴ de Aristóteles exemplifica esta noção de “todo ordenado”. Para o filósofo, existem quatro causas que explicam as coisas e as formas de conhecer as coisas: causa material, formal, eficiente e final. A causa material está relacionada com a matéria que compõe algo (madeira); a causa formal é a forma ou o que informa o que a coisa é (banco); a causa eficiente está relacionada com o movimento original do objeto, a origem, ou seja, quem faz/transforma as coisas (artesão) e a causa final está relacionada com a finalidade (sentar).

Um exemplo desta lógica de pensamento seria com relação à escravidão. Como dissemos, o mundo grego transformou a escravidão no modo sistemático de produção e ela ocupava o mesmo lugar tanto na sociedade quanto na forma de explicação de Aristóteles: seu lugar²⁵ era “natural”²⁶, corroborando à ordem das coisas.

As primeiras uniões entre pessoas, oriundas de uma necessidade natural, são aquelas entre seres incapazes de existir um sem o outro, ou seja a união da mulher e do homem para perpetuação da espécie [...] e a união de um comandante e de um comandado naturais para a sua preservação recíproca [...]; o senhor e o escravo têm, portanto, *os mesmos interesses*. (ARISTÓTELES, 1992, p. 14, 1252b, grifo nosso).

Assim, o lugar do escravo é no campo trabalhando na lavoura ou servindo ao homem livre, o do homem livre, na cidade fazendo política, o da mulher é o lar, assim como o das coisas pesadas (pedra) é no chão e o das coisas leves no ar. Cabe ressaltar que qualquer “desordem” é vista como anti-natural, ou em suas palavras, *contra natura*²⁷.

O respeito à 'natureza', portanto, é a harmonia com a sua finalidade, sendo consequentemente algo bom para a *parte* e consequentemente para o *todo*, sendo portanto, justo e verdadeiro. O cumprimento da ordem, então, é o critério da

²⁴ Andery et al. (1996, p. 83-84).

²⁵ Sobre o *lugar* que as coisas e seres ocupam na *ordem*: “(...) a natureza não faz nada mesquinhamente (...) mas cria cada coisa com um único propósito; desta forma, cada instrumento é feito com perfeição, se ele serve não para muitos usos, mas apenas para um.” (ARISTÓTELES, 1992, p. 14. No original, 1252b).

²⁶ Sobre a naturalização da noção de lugar, ver Nouvel (2013, p. 28-29).

²⁷ Um movimento que coloca um objeto fora de *seu lugar*, portanto é um movimento *contra natura*, *violento*, pois causa a desordem e vai contra a “natureza” deste objeto (KOYRÉ, 198-, p. 24, 26,31).

verdade.

O trabalho e a técnica no Mundo Antigo

A forma como se estruturava a sociedade antiga resultou numa concepção de superioridade do pensamento sobre a ação²⁸ (VERNANT, 1990, p. 334), que pode ser observada em Platão, segundo o qual “a prática de uma profissão desqualifica para o exercício do poder” (VERNANT, 1990, p. 319).

Essa mesma concepção pode ser observada em Aristóteles:

Com efeito, os empíricos sabem 'o quê' mas não 'o porquê'; ao passo que os outros sabem o 'porquê' e as causas. Por isso, nós pensamos que os mestres-de-obras, em todas as coisas, são mais apreciáveis e sabem mais que os operários, pois conhecem as causas do que se faz, enquanto estes, à semelhança de certos seres inanimados, agem, mas sem saberem o que fazem, tal como o fogo (quando) queima. Os seres inanimados executam, portanto, cada uma das suas funções em virtude de uma certa natureza que lhes é própria, e os mestres pelo hábito. Não são, portanto, mais sábios (os mestres) por terem aptidão prática, mas pelo fato de possuírem a teoria e conhecerem as causas. (ARISTÓTELES, *Metafísica*, A. I, 7 e 8 apud ANDERY et al., 1996, p. 90)

Ora, parte desta desqualificação tem origem na relação estabelecida entre o “trabalho” e o indivíduo que o realiza, ou seja, o próprio escravo. Sendo assim, pouca é a dignidade atribuída a essas atividades.

Outro aspecto, fundamental para a análise que pretendemos realizar, é o fato do grego não possuir uma palavra para 'trabalho' (VERNANT, 1990, p. 325; ANDERSON, 1991, p. 27), mas termos como '*πόνος*', que dizem respeito “a todas as atividades que exigem esforço penoso, não somente às tarefas que produzem valores socialmente úteis” (VERNANT, 1990, p. 325). A ausência de uma palavra que designasse 'trabalho' não necessariamente significa que não havia trabalho em si, mas provavelmente que a concepção de 'trabalho em geral' não fosse algo

²⁸ “[...] na verdade, as pessoas ricas que não querem sujeitar-se a situações desagradáveis têm empregados que assumem estes encargos, enquanto elas se dedicam à política ou à filosofia” (ARISTÓTELES, 1992, p. 23, 1256a).

presente. O trabalho em si, como atividade concreta existia, mas não assumia o aspecto moderno, como buscaremos discutir. A profissão, desta forma, é serviço, não trabalho (VERNANT, 1990, p. 343, p. 352; ANDERSON, 1991, p. 27) e consiste mais em uma adaptação à natureza do que em uma transformação desta (ANDERSON, 1991, p. 27).

O trabalho de que se trata a atividade produtiva grega é não mais que o *trabalho concreto*, produtor de *valores-de-uso* (MARX, 2002, Capítulo 1), de forma que “o produto não é visto em função do trabalho humano que o criou (...); pelo contrário, é o trabalho visto em função do produto, como sendo próprio a satisfazer tal necessidade do usuário.” (VERNANT, 1990, p. 350). Retomando a teoria das quatro causas de Aristóteles, o artesão é apenas “a causa motriz”, sendo que

A verdadeira causalidade do processo operatório reside não no artesão, mas fora dele, no produto fabricado. A própria essência do produto fabricado é independente do artesão, de seus processos de fabricação, de suas habilidades ou de suas inovações técnicas (VERNANT, 1990, p. 353).

O artesão possui “apenas uma função intermediária: são os instrumentos pelos quais se realiza em um objeto um valor de uso” (VERNANT, 1990, p. 347). Essa percepção do artesão guarda, portanto, muitas relações com o escravo: é nada mais que um instrumento, um “*instrumentum vocale*” (ANDERSON, 1991, p. 24) e está “a serviço de outrem (VERNANT, 1990, p. 358).

Assim como o 'trabalho', anacrônico também passa a ser o conceito de 'divisão do trabalho'. Na Antiguidade a divisão das tarefas está mais relacionada à dupla contradição da “multiplicidade das necessidades” em contraposição à “limitação das capacidades e não à necessidade de divisão das etapas produtivas com busca à maximização da eficiência produtiva” (VERNANT, 1990, p. 341).

Anderson (1991) sustenta que mesmo durante os primórdios do modo de produção escravo houve “alguns avanços importantes²⁹ no aparelhamento econômico desenvolvido no arcabouço de sua nova divisão social do trabalho” (p.

²⁹ “Entre eles, podem contar-se com a disseminação de mais lucrativas culturas de vinho e azeite, a introdução de moinhos rotativos para cereais e a melhoria na qualidade do pão. Foram criadas as prensas de parafuso, o vidro soprado se desenvolveu e os sistemas de produção de calor refinaram-se; a combinação de culturas, o conhecimento botânico e a drenagem do campo provavelmente também progrediram.” (ANDERSON, 1991, p. 26).

25), afirmando que

Não houve, portanto, uma parada técnica no mundo clássico. Ao mesmo tempo, não ocorreu um enxame de invenções que impulsionasse a economia antiga para forças de produção qualitativamente novas. (p. 25-26).

Não existia, neste período, uma “força” que impulsionava o desenvolvimento tecnológico, até porque “nesse sistema social e mental, o homem ‘age’ quando utiliza as coisas, não quando as fabrica. O ideal do homem livre, do homem ativo, é ser universalmente usuário, nunca produtor” (VERNANT, 1990, p. 356). Como ressalta Anderson (1991), “Nada é mais impressionante que a estagnação técnica da Antiguidade” (p. 26). Como a produção estava a cargo do escravo ou do “*instrumentum vocale*”, eram escassas as possibilidades de avanço técnico.

“Mais dramático ainda, naturalmente, era o contraste dentro do próprio mundo clássico, entre sua vitalidade cultural e superestrutural e seu embotamento infra-estrutural: a tecnologia antiga era exígua e primitiva (...)” e “Há pouca dúvida de que a estrutura da economia escrava é que foi fundamentalmente responsável por essa extraordinária desproporção” (ANDERSON, 1991, p. 26).

O modo escravo, como elemento central da organização econômica e social da Antiguidade Clássica, foi determinante na forma como se estruturou a racionalidade deste período e por consequência, a filosofia e a organização política. Porém, mas além dos alcances e conquistas dele resultantes, “As relações escravagistas de produção determinavam alguns limites insuperáveis para as antigas forças de produção na época Clássica. Acima de tudo, eles tenderam a paralisar a produtividade na agricultura e na indústria” (ANDERSON, 1991, p. 25).

Tanto as ciências naturais quanto as ciências sociais (Ex: Direito, Filosofia, etc.) costumam remeter as bases fundantes e originárias de seus conhecimentos aos Gregos. O mesmo se dá no presente estudo. O estudo da fertilidade do solo e nutrição vegetal nos remete a recorrentes citações do pensamento Grego (350 a.C.) que registrou diversas informações relacionadas à agricultura, nutrição das plantas e ao solo.

Neste sentido, Hesíodo escreveu sobre diferentes arados para o cultivo de diferentes tipos de solos e Platão e Aristóteles relacionaram o solo e as plantas, comparando àquele à imagem materna (BREVIK; HARTEMINK, 2010). Dessa forma, a cultura Grega, em especial o pensamento aristotélico (SHERMAN, 1933; TANDARICH, 2006), contribuiu significativamente para a constituição do que poderia ser chamada de “tradição” ou nas palavras de Kuhn (1975) um paradigma sobre a nutrição de plantas, o que não é de se espantar, dado às suas numerosas contribuições para distintas áreas do conhecimento e ao longo período durante o qual mantiveram sua validade (NOUVEL, 2013). O principal ponto a ser ressaltado da relevância do conhecimento Grego foi o de identificar o papel do solo na promoção da nutrição das plantas (SPARKS, 2006 apud BREVIK; HARTEMINK, 2010).

A busca pelo conhecimento da forma como se dava o crescimento da planta, sua nutrição e a origem da “força” ou da “energia” que propiciava esse fenômeno encontra parte de suas origens nos trabalhos de Aristóteles, especialmente em seu livro “*De partibus animalis*”.

Nele, Aristóteles afirma que o alimento das plantas, assim como o dos animais, era composto por combinações dos quatro elementos (terra, ar, fogo e água), mas obtido de uma forma distinta dos animais, visto que não possuem órgãos para “processá-lo” (SHERMAN, 1933, p. 43). Segundo Aristóteles, “For plants get their food from the earth by means of their roots; and this food is already elaborated when taken in, which is the reason why plants produce no excrement, the earth and its heat serving them in the stead of a stomach”³⁰ (ARISTÓTELES, On the Parts of Animals, I3650a7-9, trad. Ogle).

Segundo Sherman (1933), a teoria aristotélica do “alimento pronto” (KRAMER, P. J.; BOYER, J. S., 1995), se manteve válida por séculos (FROSSARD; BLUM; WARKENTIN, 2006), e fez com que botânicos, ao invés de investigar a nutrição da planta, fixassem-se em entender os mecanismos pelos quais esse “fluido nutritivo” circulava pela planta (p. 43), além de limitar as pesquisas sobre a interação

³⁰ “As plantas obtêm o seu alimento da terra por meio de suas raízes; e este alimento já é elaborado quando obtido, razão pela qual as plantas não produzem nenhum excremento, a terra e o seu calor servindo-o, ao invés de um estômago” (tradução do autor)

entre a planta e a água (LANDMEYER, 2011, p. 5). Avanços nesse sentido surgem somente a partir da Idade Moderna e início da Idade Contemporânea, como veremos adiante.

A agricultura e a fertilidade do solo na Alta Idade Média (~400 d.C - 1.000 d.C)

A Idade Média, ou Período Medieval é o período decorrente após o processo de decadência e destruição do Império Romano, que marca o fim da Antiguidade, resultante de sua crise econômica interna, somada às chamadas invasões bárbaras e vai até a reconquista, com a chamada queda de Constantinopla.

Como consequência, houve a constituição de novas sociedades, resultantes da miscigenação de povos migrantes com romanos. De forma geral, elas herdaram fortemente a tradição intelectual romana, parte de sua cultura política, mas resultaram em sociedades descentralizadas, tanto em termos de organização política quanto em termos fiscais e tributários. Somadas à crise do sistema escravagista, resultante da falta de oferta de escravos, a necessidade de organização levou a formação de diversos reinos, nos quais, unidos pelo cristianismo, nasceram senhorios e feudos. Romeiro (1998) ressalta o turbulento período dos séculos VIII e IX como centrais na estruturação dos feudos enquanto unidades de defesa das invasões dos escandinavos hunos e tártaros. Nessas unidades, criam-se os laços entre senhores e servos.

Com o chamado sistema feudal, desenvolveu-se um processo de ruralização generalizado da Europa. O centro da vida se volta ao campo, ao contrário do que acontecia no Império Romano, onde o centro de produção de riqueza era rural e a vida social era urbana.

Esse processo remodelou o sistema econômico europeu, criando unidades político-administrativas autônomas (feudos). Essa característica, aliada à ausência do trabalhador escravo, criou uma nova forma de organização econômica e agrícola, indo ao encontro de nosso objeto.

Glick (2014a) diferencia 3 tipos de agriculturas medievais: a Árabe, a Mediterrânea e a Norte Européia (p. 6), sendo as duas últimas, e em especial a última, de nosso maior interesse. Segundo o autor, essas agriculturas medievais eram atividades fortemente baseadas em conhecimentos locais e extremamente adaptadas aos ambientes onde se desenvolveram. Um dos elementos comuns seria a exploração de diversos setores produtivos, como produção de grão, produção animal, exploração de recursos arbóreos. O uso articulado desses diferentes tipos de recursos, associado ao citado profundo conhecimento dos recursos e ecossistemas locais conferia a essas agriculturas uma grande adaptabilidade e resiliência.

Segundo Glick (2014a), a formação do sistema agrícola Medieval foi uma combinação entre a agricultura romana e as tradições agrícolas germânicas, dando origem a uma agricultura Mediterrânea, por exemplo, baseada na tríade cereais, oliveiras e vinicultura (GLICK, 2014a, p. 8), sendo que o sistema agrícola, fortemente herdado da cultura Romana era o de “cultivo ou tração leve com pousio”. A herança Germânica consistiu na tradição semi-nômade desses povos, que tinham o pastoreio como ponto forte. O sistema resultante, que se estabelece especialmente no Norte Europeu apresenta uma maior integração entre a produção animal e agrícola, este que se mantém como elemento constitutivo da agricultura e se reforça intensamente até a metade do século XIX. Nesse sentido, falar de agricultura até esse período, especialmente no Norte Europeu, é necessariamente falar também de criação animal.

O desenvolvimento da agricultura Medieval, especialmente ao fim do século X, é indissociável da estrutura social que constituía o sistema feudal. Caracterizado como um sistema econômico baseado no trabalho servil em unidades semi-autônoma chamadas feudos, a agricultura era a atividade econômica principal. É nesse contexto sócio-econômico e ecológico do fim da Idade Média que se consolida uma forma de agricultura nunca antes vista na história humana, cuja produtividade e aumento da produtividade do trabalho proporcionou um aumento populacional nunca antes visto e que se assemelham aos encontrados no século XVII.

A agricultura feudal era caracterizada por um sistema produtivo baseado no trabalho servil, onde o servo, mediante proteção do seu senhor, trabalha a terra e produz alimentos e outros produtos da indústria doméstica rural. O sistema bianual consiste basicamente na produção de cereais, seguida do chamado pousio, ou seja, período de não cultivo de uma determinada área, utilizado para sucessivas intervenções com vistas a eliminar as ervas de crescimento espontâneo para facilitar os tratos culturais das culturas seguintes (ROMEIRO, 1998).

O sistema de tração leve no Norte Europeu, incorporou e aproveitou um elemento fundamental na dinâmica da fertilidade do solo: o esterco.

O esterco é utilizado como a principal fonte de fertilização dos campos desde que a dinâmica de derrubada e queima foi substituída por uma perenização das áreas de produção decorrente da sedentarização do homem. Em especial, o sistema feudal consolidou uma forma de agricultura mais intensiva e transformadora do ambiente, onde o manejo da fertilidade passa a cumprir um papel fundamental.

A agricultura e a fertilidade do solo na Baixa Idade Média (1.000 d.C- 1.500 d. C)

A agricultura na Baixa Idade Média mantém alguns elementos da agricultura da Antiguidade. O principal dele, que se mantém até fins do Período Moderno, é a dependência do esterco como principal elemento para fertilização dos campos de cultivo e, conseqüentemente, a relação entre agricultura e pecuária mantém-se íntima. O uso da tração animal e o papel dos animais na geração de esterco também se mantém, mas sua importância aumenta, como veremos. Outro componente do sistema agrário que se mantém é o uso do pousio, que mesmo apresentando algumas mudanças na sua forma, mantém-se presente como um elemento constitutivo da agricultura medieval.

Entretanto, as antigas limitações na otimização de produção e uso do esterco são superadas, especialmente pelo aumento da capacidade de produção, corte, transporte e armazenamento de forragens. A capacidade produtiva dos campos é aumentada pela ampliação da capacidade de exploração de novas áreas,

do aumento da exploração do perfil do solo, do aumento da produtividade do trabalho e, finalmente, pelo maior e melhor uso do esterco.

Até então, uma das principais formas de se aumentar a produção de alimentos, tendo-se mão de obra disponível, era aumentando a área de cultivo. Entretanto, já em meados do século XIV, restavam apenas 10% de florestas na Inglaterra (OVERTON, 1996a, p. 90), excetuado-se as áreas não aproveitadas – brejos, campos, solos pesados, etc. Tornava-se necessário um aumento da produtividade das culturas ou da produtividade do trabalho.

Grande avanços se desenvolveram na agricultura inglesa nesse período, chamada por diversos autores de “Revolução Agrícola Medieval” (CAMPBELL; OVERTON, 1993; MAZOYER; ROUDART, 2010; ANDERSEN et al., 2016) e que possibilitou, por exemplo, um crescimento populacional significativo. Houve mudanças tecnológicas e institucionais que resultaram em um aumento da produtividade e da produção, além da mudança da estrutura produtiva e sua diferenciação ao longo da Inglaterra. Entretanto, quando, e se, essa revolução ocorreu e a adequação do uso deste nome, é um debate periférico à discussão aqui presente, mas será, de forma sucinta, referenciado³¹. O resultado, como veremos, é um novo sistema agrícola com maiores produtividades.

A mais relevante mudança nos sistemas agrícolas temperados foi a generalização do chamado sistemas³² agrários com pousio e cultivo de tração pesada³³, a partir do século XI, na Europa (MAZOYER; ROUDART, 2010, p. 298). Essa nova forma de agricultura, assim classificada, possui diversos elementos constitutivos que surgem, frequentemente isolados espacialmente e temporamente, no fim da Alta Idade Média, e se estruturam, aos poucos, como algo que podemos

³¹ Para mais informações sobre o debate do uso do termo “revolução” para a “revolução agrícola medieval”, ver Andersen et al. (2016).

³² O uso da palavra “sistema” por Mazoyer e Roudart (2010) apresenta a vantagem de se referir a um conjunto de elementos do sistema agrícola da época, dando uma abrangência às noções tecnocráticas de transformações da agricultura, que muitas vezes se prendem a simples mudanças técnicas. Entretanto, entendemos que a noção de “sistemas agrícolas” apresentada pelo autor pode dar uma impressão de certa autonomia dos mesmos, deixando de lado, ou pouco aprofundando, as condições socioeconômicas onde eles emergiram e a devida transição que há entres os diferentes momentos históricos, sociedades e os correspondentes “sistemas” agrícolas.

³³ Nas palavras dos autores, “Sistemas agrários com alqueive e cultivo com tração pesada das regiões temperadas frias” (p. 297-351).

chamar, ou tipificar, como um “sistema”, após os anos 1.000 d. C., estando mais estruturado, e no seu auge, nos anos 1.300 d. C.

Inicialmente, o que aparece como central é o aumento da capacidade de tração, ou seja, no caso das atividades de cultivo, de mobilização e revolvimento do solo e no caso de transporte, de aumento de capacidade (peso) e/ou volume de materiais deslocados.

Esse aumento de capacidade se dá em função do desenvolvimento de adaptações nos implementos utilizados nos sistemas de cultivo com tração leve e, em alguns casos no desenvolvimento de novos implementos e ferramentas.

Um dos elementos que possibilitou essas mudanças foi a generalização do uso do ferro. Como já dito, a sociedade romana imperial deu grande importância e avançou na exploração do ferro, introduzindo-o em sua cultura como armas, artigos de luxo e ferramentas agrícolas como a foice (MARGARITIS; JONES, 2008, p. 168), aumentando a produtividade e diminuindo a penosidade do trabalho. O ferro passa, dessa forma a compor diversas ferramentas, como a foice, os garfos (fork e pitchfork), dentes das grades (harrows), dos ancinhos (rake), pás (shovel ou spades) e as aivecas dos arados além de diversos pequenos componentes dos implementos e arreamentos dos animais, conferindo mais resistência à maior capacidade de tração.

A gadanha (alfange, ou long-handled scythe) foi outro exemplo de ferramenta que sofreu mudanças em seu uso no primeiro milênio d. C. Segundo Mazoyer e Roudart (2010, p. 300), a gadanha surgiu na Gália no século I a. C., mas teve seu uso e expansão restritos devido à necessidade de elevada habilidade metalúrgica na sua preparação, assim como no alto custo do instrumento. Segundo Glick (2014c, p. 270), as novas técnicas de forja possibilitaram a produção de gadanhas com lâminas inclinadas em 25 graus, possibilitando seu uso para ceifar aveia e cevada.

A generalização do uso da gadanhas, resultantes do desenvolvimento da metalurgia e do artesanato rural (MAZOYER; ROUDART, 2010), dessa forma, constituiu um importante elemento no novo tipo de agricultura que se consolidou no século XIII, uma vez que substituiu a foice manual na função de cortes em geral de

cereais e, mais especificamente, no ceifamento de campos de pastagens. O aumento da produtividade do trabalho de ceifagem, proporcionado pela gadanha, possibilitou um aumento de produção de feno para a alimentação do gado estabulado no inverno, o que significou maior potencial de produção de esterco para os campos de cultivo.

O sistema de arreamento (harness) também sofreu uma grande transformação da agricultura antiga, de tração leve. Antes feito no lombo dos animais, usando albardas (ou balaies), o sistema de transporte evolui durante a Idade Média para a tração usando rodas e com carroças, antes caras, raras e pouco utilizadas na agricultura³⁴.

Os sistemas de atrelamento dos animais muda drasticamente no fim da Idade Média. A canga estranguladora, antes utilizada para o atrelamento dos bovinos é substituída pela canga de chifre ou de nuca. O tirante (breast-strap), utilizado desde o século VI d. C. na Europa para atrelamento de equinos (LANGDON, 2002, p. 9) é substituída pelo colar, de peito ou de ombro (MAZOYER; ROUDART, 2010), que se torna predominante no fim da Idade Média (LANGDON, 2002, p. 10).

O ferro cumpre novamente um papel importante no desenvolvimento das ferragens, no caso: a ferradura. Segundo Langdon (2002), os romanos já utilizavam tanto um tipo mais arcaico de “sandália” quanto a versão moderna de ferradura fixada com grampos. Com uso generalizado já no século XI, ela cumpre a função de eliminar problemas de desgaste e danos nos cascos, especialmente em climas frios e úmidos, e proporciona o aumento da tração pela melhor aderência ao solo (LANGDON, 2002, p. 10-11).

Langdon (2002) ressalta a importância do aumento do uso do cavalo na tração animal. A substituição do tirante, que estrangulava os animais devido à compressão de vasos do pescoço (LANGDON, 2002; MAZOYER; ROUDART, 2010), contribuiu em muito para a generalização³⁵ de sua utilização como tal, além de contribuir para a sua resistência e aumentar a capacidade de tração individual.

³⁴ Mazoyer e Roudart (2010, p. 302) ressaltam seu uso limitado para uso militar ou transporte de alto valor.

³⁵ Para um debate sobre a regionalização do uso dos cavalos na Inglaterra, ver Langdon (2002).

Mazoyer e Roudart (2010) também reforçam a importância do desenvolvimento da criação de cavalos de tração. Segundo os autores, além de possuir praticamente a mesma força de tração que o boi, os cavalos de tração são 1,5 vezes mais rápidos e conseguem trabalhar em média duas horas a mais por dia, apresentando, dessa forma uma capacidade de tração maior que os bovinos.

No fim da Idade Média, dessa forma, constitui-se um novo sistema de arreamento que, associado aos novos sistemas de transportes, permitiu uma capacidade de tração maior (MAZOYER; ROUDART, 2010, p. 300).

No caso da aração, por exemplo, o antigo arado escarificado possuía diversos modelos e generalizou seu uso especialmente nos solos leves do mediterrâneo. Era rústico e basicamente constituído de madeira, sem nenhuma ou com poucas peças em metal, sendo tradicionalmente produzido localmente na propriedade sem grandes dificuldades.

Esses implementos exerciam um cultivo superficial e de baixa qualidade no solo, rasgado a sua superfície, sem revolvimento. Dessa forma, além de necessitar de atividades manuais de destorroamento e ser altamente demandante em mão de obra, resultava em um leito de semeadura pouco adequado que prejudicava a emergência e germinação das sementes e o rendimento das culturas, consequentemente (MAZOYER; ROUDART, 2010, p. 254).

No caso do arado, o ferro, passa a compor um de seus elementos fundamentais no processo de cultivo. O arado de aiveca de metal, em uso desde o século I d. C. na China³⁶, passou a ser mais frequentemente usado na Europa a partir dos anos 1.000 d. C. (ANDERSEN et al., 2016), sendo muito comum em meados do séc. XIII. Segundo Glick (2014c), os avanços da metalurgia no fim do período Medieval proporcionaram o aumento de duas vezes do peso da rêlha, possibilitando o seu uso específico para aração de campos de pousio, seguido da aração de cultivo.

³⁶ Glick (2014c) p. 270. Segundo Bray (1976) apud Glick (2014c), os arados de aiveca chineses não foram a origem dos arados europeus, por diferenças fundamentais em sua estrutura e componentes e segundo Glick (2014c), não poderiam, tecnicamente, ser considerados “pesados”.

Esse aumento se deu pela maior capacidade de exploração do solo. Mais robusto que o arado escarificador (ard) que era mais adaptado aos solos leves do mediterrâneo, o arado pesado possibilitava o cultivo dos solos pesados do norte-europeu, aumentando a área útil para produção de cereais.

Esse novo sistema agrário que se estabelece no fim do século XIII apresenta, entretanto, diferenças significativas com relação ao sistema de tração leve, que vão além das novas ferramentas, implementos e melhorias apresentadas acima.

Outra das grandes mudanças ocorre no sistema de rotação e pousio. Como vimos, o sistema bianual baseava-se no plantio de cereais, de inverno ou primavera, com intervalos próximos de um ano até o próximo plantio. Os campos intercalavam-se desta forma, entre vários estágios mas significava, de forma geral, que metade dos campos estariam em produção, enquanto metade dos campos estaria em pousio.

Já no sistema trienal, aproximadamente 60% da área arável estava em produção, enquanto apenas um terço ficava em pousio (ROMEIRO, 1998, p. 37). Essa redução da área em pousio tem diversas consequências. Primeiramente, possibilita o aumento da área semeada, aumentando a oferta de cereais, especialmente. Nesse sentido, o sistema trienal inclui no calendário agrícola uma cultura a mais por ano, chamada de “cultura de primavera”, comumente representada pela aveia.

Romeiro (1998) ressalta a interdependência entre os diferentes elementos desse novo sistema agrícola. Assim como o aumento da área cultivada possibilitou um calendário mais distribuído ao longo do ano, ele também exigiu uma maior agilidade nas atividades de preparo do solo e colheita, o que foi atingido com o aumento do emprego do cavalo de tração, que por sua vez só foi viabilizado para o uso na tração do arado e carroças pesadas pelos avanços nos sistemas de atrelamento, especialmente com o desenvolvimento do tirante de colar. Ao mesmo tempo, a cultura de primavera possibilitava uma oferta de grãos (aveia, especialmente) para a alimentação do rebanho equino que, por não ser ruminante, necessitava de complementar sua alimentação com cereais.

Cabe ressaltar aqui a importância dos novos sistemas de tração. Não somente os implementos, como o arado pesado de aiveca metálica possibilitaram avanços, como já citado, mas o aumento da eficiência dos processos de tração de carga e da velocidade de execução das atividades agrícolas foram importantíssimo para a configuração do sistema trienal. Sem o aumento da velocidade de tração promovido pelo uso dos cavalos de tração, não haveria tempo hábil para realizar o preparo do solo (aração e gradeio) dos campos de cultivo de inverno e de primavera (ROMEIRO, 1998).

Além disso, o aumento da capacidade e velocidade de tracionamento possibilitou uma maior capacidade de transporte de feno dos campos para os estábulos onde seriam armazenadas para alimentação de inverno do gado estabulado³⁷.

Esse integrado sistema de produção agrícola resultou numa maior capacidade de produção de alimentos, cuja maior produtividade é ela própria resultante da integração e avanço no desenvolvimento de seus componentes individuais³⁸.

Com relação à dinâmica da fertilidade do solo (ver Figura 1), por toda Antiguidade, como vimos, a melhoria das condições do solo, aumento do suprimento de nutrientes para as plantas e consequente aumento da produtividade das culturas esteve atrelada à produção e distribuição do esterco. Se, por um lado, o sistema agrícola de tração pesada possibilitou o aumento da produção e produtividade, ele ainda esbarrava num limitante, que era a dependência da fertilidade do solo da produção de esterco, do pousio e da produção de forragens. Overton (1996a) chamou esse processo de “circulo vicioso” de dependência, onde um possível “aumento da área de produção de grãos resulta em uma redução na área de pasto ou de pousio, reduzindo forragem fertilidade e produção” (p. 3).

Esse círculo vicioso de dependência do esterco que impede o aumento da área sob cultivo de cereais será somente rompido com a introdução de novas culturas a partir dos séculos XVII e com a sua generalização a partir dos séculos

³⁷ Para cálculos de capacidade de produção e tração de forragens e o impacto do sistema de tração pesada, ver Mazoyer e Roudart (2010), p. 319-321.

³⁸ Ver Romeiro (1998), p. 38.

XVIII e XIX.

Figura 1: Fluxos da fertilidade da agricultura com pousio.
 Fonte: Overton (1996a. p. 2)

Entretanto, essa visão geral da agricultura, acima apresentada, quando trazida para a Inglaterra, apresenta uma visão caricaturada da realidade e do desenvolvimento da agricultura e da fertilidade do solo. Análises regionalizadas mostram que as transformações na agricultura foram regionalizadas, longe de serem espacialmente uniformes e, portanto, não homogêneas na Europa. Com mercados pouco integrados, que não apresentavam uma capacidade de estimular a especialização, a inovação e a intensificação agrícola, esses efeitos foram regionais, especialmente perto dos centros urbanos. Em nível nacional o que predominava era baixa renda econômica e sistemas de produção extensivos. (CAMPBELL, 2006, p. 428). Como ressalta Glick (2014a), “em vez de revolução, foi um processo gradual, incremental e algumas vezes incompleto (p. 8)”

O sistema de produção até o século XI, como vimos, era fortemente dependente do esterco para a fertilização dos campos de cultivo. Segundo Mazoyer e Roudart (2010), as ferramentas de transporte e de trabalho colocavam-se como um entrave para o aumento da produção do estrume. De forma sintética, elas resultavam numa baixa produtividade do trabalho, seja do corte da forragem em campo, seja do seu transporte para os estábulos, seja posteriormente do transporte do esterco acumulado no inverno para os campos de plantio (p. 299).

Até então, parece que não houve condições, socioeconômicas

suficientemente determinantes para que houvesse um aprimoramento técnico nos instrumentos de trabalho. Há que se notar que na sociedade Inglesa dita feudal, que prevaleceu até sua crise nos séculos XII e XIV, o sistema de exploração do trabalho se dava através de meios extraeconômicos, especialmente na forma de produto agrícola e tempo de trabalho não havendo, em si, elementos que estimulassem o desenvolvimento técnico por parte dos senhores feudais.

Essas condições vão contrastar com as estruturas que se constituem após as crises do século XIV e que resultam em cenário político, econômico e fundiário específico e diferenciado de toda Europa que possibilitará um desenvolvimento técnico da agricultura acelerado e único, como veremos nos capítulos seguintes.

3 A FERTILIDADE NO MUNDO MODERNO (1500-1750)

Das heranças para a constituição da agricultura Europeia, muitas se desenvolvem intensamente na Roma Antiga, resultando no que pode ser chamado de sistema de tração leve com pousio, sistema este que se aperfeiçoou no século XIII, durante chamada “revolução agrícola medieval”, resultando no sistema de “tração pesada”. Essas mudanças que surgem no fim da Baixa Idade Média se aprofundam durante a Idade Moderna: novas ferramentas, como o alfanje, o garfo (forcado) e o ancinho e novos implementos agrícolas, como a carroça, carroça basculante, carroça de dois eixos, novos arados, grade e rolo. Muitos desses implementos já existiam, como protótipos ou versões menos eficientes, mas as mudanças tecnológicas, ou a generalização do uso dessas novas técnicas e ferramentas, muda drasticamente a forma de funcionamento e os resultados da agricultura a partir de 1500.

O sistema de tração pesada com pousio baseava-se, como visto no capítulo anterior, no cultivo de cereais, com integração com a produção animal, servindo o esterco como principal fonte de fertilização dos campos de cultivo. Esse esterco era coletado durante o inverno durante a estabulação dos animais, que eram alimentados com feno produzido ou coletado de pastagens durante o verão e outono. O esterco também era manejado através da manutenção dos animais nos campos de pousio, ou da coleta e aproveitamento nos campos do esterco depositado nas pastagens.

As condições socioeconômicas e ecológicas desse período, em especial uma certa estabilidade econômica e agrícola, um crescente desenvolvimento do comércio e um leve aquecimento climático propiciaram condições importantes para o desenvolvimento da sociedade feudal. A estruturação técnica e produtiva dessa agricultura entra no século XVI, após as recessões e crises do século XIV, num novo momento de estabilidade e de prosperidade.

Segundo Thirsk e Litt (1990, p. 15) é por esse motivo, prosperidade, que é

no século XVI que os métodos de produção foram mais examinados e discutidos desde o século XIII, gerando uma grande quantidade de escritos e de documentos, grande parte deles dedicados à busca de aumento da produção agrícola. Overton (1996a, p. 128) e Wood (2001) também reforçam a importância desse período na quantidade de materiais produzidos dedicados à agricultura e pecuária, porém Overton ressalta a fragilidade de muitos deles.

Nesse período, de 1500-1750, há uma grande diversidade de mudanças nas práticas agrícolas, sendo a mais significativa a generalização dos sistemas de tração pesada sem pousio. Novas culturas passam a ser, em diversos graus, mais cultivadas, algumas do novo mundo, como cana-de-açúcar e batata, outras antigas como nabo, ervilhaca e trevo. Somado a isso, novas formas de condução da tração animal promovem uma capacidade de transporte de biomassa maior e novas técnicas de estabulação e fenação se colocam como o corolário de uma nova forma de agricultura.

Entretanto, durante o período que compreende a Idade Moderna além de um processo de mudança técnica da agricultura, há uma profunda reconfiguração político-institucional na Inglaterra que passa a afetar intensamente a agricultura e intensifica-se a partir da segunda metade do século XVIII.

Tanto Wood (2000) quanto Overton (1996a) ressaltam a importância do processo de unificação do reino inglês que já estava em andamento desde o século XI com a conquista normanda, atuando no sentido de “eliminar a fragmentação feudal do Estado” (WOOD, 2000, p. 16). A centralização militar e política, segundo a autora, manifestava-se materialmente, por exemplo, na vasta rede de estradas e no sistema de transportes fluvial e marítimo que, como em nenhum outro no continente, criou uma integração nacional e foi base para o grande desenvolvimento mercantil nesse período.

Um dos grandes impactos dessas mudanças de posse da terra diz respeito à dinâmica da agricultura. Como vimos, a agricultura que se desenvolve no fim da Idade Média, com seu auge em meados do século XIII, era uma agricultura extremamente integrada, com calendário agrícola completo e cujos elementos constitutivos possuíam uma interdependência. O manejo da fertilidade do solo agrícola, dessa forma, dependia diretamente da capacidade de produção, estocagem e transporte de esterco, que por sua vez tinha como base a produção animal que dependia da capacidade de produção de forragens no verão e de feno para o inverno.

Essa interdependência técnica revela, por outro lado uma integração social profunda, com especificidades no modo de exploração. O sistema feudal, ou senhorial, era fundado em relações sociais baseadas em laços de dependência e servidão regidos por direitos consuetudinários. A agricultura medieval se estrutura com base nesses laços e se organiza inclusive fisicamente nessas bases. Podemos citar como exemplo o direito de uso comum dos campos para pastejo, onde os camponeses utilizavam os campos para sustentar seu rebanho de animais, seja para trabalho ou para consumo, e poder desenvolver as atividades de preparo do solo em suas glebas e nas do seu senhor. Os sistemas de plantio, baseados nas rotações trienais, eram regidos por normas sociais e definiam a estrutura espacial e organizacional dos campos.

Até então, em toda história humana, a forma de exploração imposta pelas classes dominantes sempre foi através da extração de excedentes extra-econômicos através da coerção por força e poder. O mesmo acontecia na Antiguidade, grega e romana, onde o principal explorado, o escravo, era explorado através da coerção direta, pela força, através de seu trabalho. No caso dos senhores feudais ou da nobreza, essa exploração era baseada na apropriação do trabalho dos camponeses ou de parte do seu fruto de trabalho, uma vez que os explorados permaneciam em posse dos meios de produção.

O que se configura, a partir do surgimento das relações capitalistas de produção, entretanto, é radicalmente diferente. Radicalmente, no sentido que a raiz do processo de exploração e de geração de riqueza passa a não se dar mais a

coerção direta, mas por meios puramente econômicos de apropriação do trabalho excedente.

Esse processo de exploração passa a ser mediado pelo mercado e, cresce grandemente durante a Idade Moderna, desestruturando e convivendo com formas não capitalistas de produção, mas rumando a uma generalização das formas capitalistas de produção e, portanto de exploração.

Um elemento central nesse processo de mudança das formas de exploração na agricultura são transformações de posse da terra que, desde o fim da Idade Média, já aconteciam na Inglaterra³⁹. Como principal consequência, há um crescimento, após 1500, das formas de posse privada⁴⁰ da terra sobre as forma comunais.

Esse processo foi o chamado de *enclosures*, ou cercamentos dos campos, e segundo Overton (1996a), “envolveram diversos processos que, embora relacionados, não eram parte de um processo único” (p. 147). Os cercamentos se deram através de diversas formas de eliminação dos direitos comunais, tais como o fim das pastagens comunais, mediante o estabelecimento do arrendamento. Como consequência, têm-se o fim dos direitos de propriedade comum, a mudança na organização interna e limites das fazendas e a mudança (radical) do uso da terra (OVERTON, 1996a, p. 151).

Esse processo não foi instantâneo nem linear, havendo muitas variações entre os condados ingleses.

A conversão de campos de cultivos permanentes em pastagens era o principal motivo dos cercamentos a partir do século XV, devido ao alto valor da renda dos pastos (THIRSK; CHARTRES, 1990b). Esses cercamentos foram facilitados pelo chamado cercamento por abandono, onde os proprietários realizavam o cercamento de áreas abandonada por consequência do abandono de vilas por

³⁹ Thirsk e Chartres (1990b), citam algumas formas de cercamentos desde o início da Idade Média (p. 55).

⁴⁰ Overton (1996a) faz uma caracterização dos diferentes tipos de posse da terra, suas transformações e consequências para a dinâmica de uso da terra (p. 30-36).

agricultores em busca de solos mais férteis e do declínio populacional ainda em andamento (OVERTON, 1996a). Dessa forma, as consequências das crises do sec. XIV facilitaram o processo de cercamentos nesse período.

A partir de meados do sec. XVI, com o crescimento populacional e um aquecimento dos mercados, entretanto, há uma mudança do foco dos cercamentos em direção à agricultura estimulada pela alta dos preços dos produtos agrícolas (THIRSK; CHARTRES, 1990, p. 59).

Segundo Overton, aproximadamente 45% do país já estava cercada em 1500 e entre os séculos XVI e XIX foram cercados mais 50% (1996a, p. 148).

Este novo tipo de propriedade oriunda do processo de cercamento é radicalmente distinta das formas pré-capitalistas de propriedades. O agora arrendatário passa a ter plenos poderes de decisão sobre a gestão do uso da terra em sua propriedade (THIRSK; CHARTRES, 1990).

Segundo Wood (2002) “ambos proprietários e arrendatários viriam a depender do sucesso do mercado, os últimos através de seus lucros e os primeiros através de sua renda” (p. 54). Nesse novo cenário institucional e econômico, a autora ressalta o papel do mercado, que passa não mais a ser um espaço de oportunidades para geração de excedente econômico, mas sim a apresentar imperativos. Segundo a autora, os imperativos do mercado se apresentaram como uma força mobilizadora de inovações na agricultura, uma vez que “Proprietários e arrendatários se tornaram igualmente preocupados com o que chamavam de ‘melhoramento’ (improvement), o aumento da produtividade da terra visando o lucro” (WOOD, 2000, p. 54), tendendo a incorporar mudanças técnicas na agricultura, em busca de aumento de lucratividade.

Os cercamentos foram também fundamentais, senão pré-requisitos, para as mudanças na produção animal, uma vez que, eliminadas as áreas comuns, eliminasse o cruzamento ocasional e desregado. Dessa forma o direcionamento dos cruzamentos e seleção de raças mais produtivas se torna factível e, somado à melhoria na quantidade e qualidade das forragens do sistema quadrienal, aumentasse de forma nunca vista anteriormente a produtividade animal (OVERTON, 1996a, p.

4, p. 160). Entre 1300 e 1600 a densidade de gado duplicou (OVERTON; CAMPBELL, 1991, p. 35).

Outro aspecto a ser destacado é o aumento do tamanho das propriedades (“engrossment”). Não necessariamente grandes no começo – os cercamentos possibilitaram o desenvolvimento de grandes propriedades capitalistas, requisito para os futuros desenvolvimentos tecnológicos e mudanças técnicas nas técnicas agrícolas. (OVERTON, 1996a, p. 4).

A dependência monetária, por ambos proprietários e arrendatários, forçava os proprietários a exigir em seus contratos de arrendamento a adoção de uma série de “boas práticas” de manejo, com vistas a evitar a exaustão das reservas do solo. Por seu lado, os arrendatários tinham interesse direto na implementação de medidas que aumentassem a produtividade das culturas e, em última instância, de seus lucros.

Após 1650 e especialmente em fins do século XVII, novas culturas, como nabo e trevo apresentam uma disseminação na Inglaterra (OVERTON, 1989), se integrando de forma generalizada nos sistemas de rotação e contribuindo de forma intensa no aumento da produtividade animal. Segundo Overton e Campbell (1992), já em início do século XVIII em Norfolk, metade dos agricultores já cultivavam nabo e trevo, mesmo que a área sob cultivo fosse ainda pequena.

A partir de 1700, entretanto, “a área cultivada na Inglaterra aumentou consideravelmente e a área semeada duplicou, refletindo uma redução na área de pousio e um aumento na área de pastagens em rotação” (OVERTON, 1996b, p. 7). Esse aumento da produção de forragens fez com que a densidade animal aumentasse consideravelmente em fins do século XVII e início do XVIII e contribuindo, em muito, para a produção de esterco para os campos de cultivo.

Entre 1250 e 1750 a população da Inglaterra era incapaz de ultrapassar o limite de 5,5 milhões de pessoas (OVERTON, 1996b, p. 4), refletindo os limites impostos pelo aumento da oferta de alimentos.

Entretanto, mesmo havendo aumento de produtividade agrícola e pecuária,

até 1650 o aumento da produção agrícola e oferta de alimentos se deu por outras razões, como o aumento da área agrícola, os melhoramentos animais e o surgimento do sistema quadrienal sem pousios (OVERTON, 1989). Nesse sentido, pode-se dizer que mesmo havendo aumento de produção, a dinâmica de inovação ainda não assumia o protagonismo no aumento da produtividade agrícola como principal causa do aumento da oferta de alimento e produtos agrícolas.

4 A FERTILIDADE NO MUNDO CONTEMPORÂNEO (1750~)

O período temporal compreendido pela Idade Moderna testemunhou grandes mudanças socioeconômicas na estrutura social, na economia e na agricultura Inglesa. Ocorreu uma profunda mudança institucional, especialmente no que diz respeito à unificação política do país, uma concentração da terra e mudanças nas formas de posse da terra, sendo o arrendamento crescente, especialmente nos séculos XVI e XVII. Paralelamente, houve uma ampliação dos mercados, uma maior integração do transporte urbano, fluvial e marítimo que resultou no aumento da importância do mercado local e regional.

A produção para o mercado passa a substituir, progressivamente, a produção para o autoconsumo, tendo os cercamentos dos campos cumprido um papel fundamental no processo de desestruturação do campesinato e da proletarianização, através do trabalho por empreita ou por dia. A especialização regional ou local surge como um dos elementos que leva ao aumento da produção agropecuária, associado ao aumento das áreas de cultivo, especialmente após meados de 1500, ao melhoramento animal resultante de cruzamentos controlados possibilitados pelos cercamentos e aos avanços técnicos em ferramentas e implementos.

Paralelamente, o sistema agrícola incorpora o arado pesado, aumentando a produtividade do trabalho e possibilitando um maior revolvimento e aproveitamento dos nutrientes do solo. O arado pesado também possibilitou o melhor aproveitamento para agricultura de áreas de solos pesados, aumentando a superfície cultivada, e o revolvimento de pastagens naturais, aproveitando-se o estoque natural de nutrientes destas áreas.

As mudanças institucionais citadas criam uma nova lógica na agricultura, onde a produção para o mercado passa paulatinamente a dominar o pensamento dos agricultores e especialmente dos arrendatários, tendo o lucro como referência para as tomadas de decisão. Por outro lado, os proprietários, ou landlords, se aproveitam desse novo momento econômico e das novas possibilidades abertas

pelas novas formas de posses para ajustar os contratos de arrendamentos aos seus interesses, objetivando especialmente o aumento de sua renda.

Esse novo ambiente econômico onde se insere a agricultura moderna, gera novas possibilidades, interesses e muitas vezes a necessidade de inovações técnicas na agricultura. Nesse período, diversos elementos, da esfera produtiva agrícola se desenvolvem de forma autônoma, ou pouco integrada, e aos poucos se articulam criando impacto produtivo na agricultura que se acelera conforme se aproxima do século XVIII, especialmente com os cercamentos parlamentares e o processo e integração nacional dos mercados regionais, resultando na chamada “Revolução Agrícola”.

Neste período, a agricultura passa por transformações profundas (DORVING, 1969), resultantes de um novo enquadramento na nova forma de produção, especialmente com o desenvolvimento e ampliação da manufatura e dos primórdios da indústria.

Sem perder de vista este processo de transição, concentraremos nossa análise a partir de meados do século XVIII e trataremos mais a fundo da chamada “Revolução Agrícola” com objetivo de explorar como a lógica do capital (MARX, 2002) e da indústria se inserem no processo produtivo no campo.

Nosso entendimento é de que a agricultura rompe, já anteriormente, mas agora definitivamente, com a natureza, como resultado do que Foster, analisando Karl Marx, chamou de “falha” na interação metabólica entre o homem e a terra⁴¹ (FOSTER, 1999a; 1999b; 2005, p. 218-237). A forma com que o capital, ou o agricultor dirigido pela lógica do capital, se apropria da terra cria um abismo entre a extração de nutrientes e a capacidade de auto-renovação do solo, impossibilitando qualquer manutenção a longo prazo da capacidade produtiva do solo, sem que haja intensa reposição de nutrientes através de fertilizantes.

As conquistas ocorridas nos séculos XVII e XVIII possibilitaram, naquele momento, aumentos consideráveis de produção, através da integração agricultura-pecuária e do estabelecimento de sistemas de rotação intensivos e complexos. Se por um lado esses excedentes produtivos propiciaram a reestruturação de cidades e

⁴¹ No original, “metabolic rift” (FOSTER, 2005; 2013)

da população europeia devastada pela peste negra do século XIV e pelos ciclos de fome e morte dos séculos posteriores, agora a intensificação produtiva guiada pela lógica da produção para a indústria cria novos problemas para serem resolvidos: como manter a fertilidade do solo, uma vez que ela segue agora um ritmo da indústria e não da cultura dos homens que dele sobrevivem, que a ele devem respeito e para os quais era um patrimônio.

A “Revolução Agrícola” Inglesa

No estudo da Agricultura Moderna, o debate sobre a “Revolução Agrícola” é extenso tanto na literatura sobre agricultura quanto na historiográfica.

De forma geral, esse termo é utilizado para caracterizar aceleradas e profundas mudanças que aconteceram na agricultura, dando origem ao que podemos chamar de agricultura moderna. Entre essas mudanças, estão uma série de inovações, como o sistema Norfolk, a introdução de novas culturas forrageiras como o trevo e nabo, a introdução de novos implementos, comumente chamada de mecanização agrícola. Essas inovações são frequentemente relacionadas com a Revolução Industrial, fazendo com que a agricultura pudesse cumprir seu papel na produção de matérias primas para a indústria.

No âmbito das ciências agrárias, pode-se dizer que a Revolução Agrícola, assim como a história da agricultura em geral, é vista como algo “suspenso no ar”, onde os protagonistas da história são máquinas, implementos e inovações numa ‘história’ linear e evolutiva rumo ao futuro. Não é de se espantar essa perspectiva técnica, onde a agronomia reflete a especialização da ciência moderna onde as escolas agronômicas apresentam-se mais como centro de formação politécnico.

Assim sendo, as transformações da agricultura nesse período, que refletem um importante momento da história humana, ganham mais uma roupagem de evolução técnica, ou do “que Marx chamou de forças produtivas” (OVERTON, 1996a, p.8), por um lado, quando não com grande atuação de personagens humanos revolucionários, por outro.

No primeiro caso, das transformações técnicas, as principais inovações citadas como responsáveis pela revolução agrícola são: novas culturas forrageiras como o trevo e o nabo, novos sistemas de rotação de culturas, novos implementos ou mesmo a mecanização da agricultura que, de fato, desenvolve-se de forma significativa somente após a metade do século XIX (OVERTON, 1996a).

No segundo caso, ressalta-se o papel desempenhado por grandes homens no desenvolvimento da agricultura, especialmente na chamada revolução agrícola, responsabilizados, muitas vezes de forma equivocada, pela introdução de revolucionárias inovações. É o caso de Lord Charles “Turnip” Townshend e Jethro Tull e (Thomas William) Coke of Holkham, entre outros que, segundo Overton (1996a; 1996b), pouco têm de inovadores ou de revolucionários.

Enquanto há um “consenso de que uma ‘revolução agrícola’ envolve algum tipo de mudança tecnológica, não há consenso sobre quais são as mudanças significativas nem sobre a cronologia dessas mudanças revolucionárias” (OVERTON, 1996a, p. 1). Dessa forma, a determinação de seu período é fonte de dissenso, podendo variar entre diferentes períodos entre 1550 a 1880⁴² (OVERTON, 1996a; 1996b; 2007), ou seja, quatro séculos. Segundo o autor, isso se dá tanto pela falta de dados quantitativos, quanto pela relativa falta de consenso e critérios sobre como “revolução” seria definido (OVERTON, 1996a).

Por um lado, através da análise de diversas fontes de dados sobre as transformações da agricultura, aumento de produtividade, variações de preços, mudanças institucionais e aumento populacional os autores concluem em diversos trabalhos que o uso do termo “Revolução” é questionável e pouco explica, pois depende dos critérios utilizados. Além disso, comumente, como dito, esconde uma diversidade de processo de mudanças técnicas, econômicas e sociais combinadas, onde um deles muitas vezes é colocando em maior evidência e transformado em um tipo de agente propelente dessa “revolução”.

Overton e Campbell discutem as diversas formas de demarcação temporal da Revolução Agrícola com base nos argumentos de diversos autores e identificam

⁴² Cf. 1560-1767 (Kerridge, E. The Agricultural Revolution, 1967 apud Overton 1996b); 1815-1880 (Thompson, 1968), 1650-1750 (Wallerstein, 1980 apud Overton 1996b); 1700-1850 (Clark, 1993 apud Overton 1996b); 1750-1880 (Chambers e Mingay, 1966).

que, mediante aos diferentes argumentos para essa demarcação, há necessidade de se definir critérios objetivos para se identificar e demarcar a existência de uma “Revolução Agrícola”. Ou, nas palavras de Overton (1989), a identificação de um período revolucionário “depende de como o conceito de ‘revolução agrícola’ é definido” (p. 20).

Neste trabalho, nos baseamos na interpretação de Mark Overton e Bruce Campbell (OVERTON, 1991; 1993; 1996a; 1996b; 2006; 2007; CAMPBELL e OVERTON; 1993) devido à solidez dos dados epíricos analisados e à lucidez da análise da relação das transformações técnicas à luz das mudanças socioeconômicas. Overton e Campbell conseguem analisar as transformações na agricultura inglesa e nos avanços de produtividade tendo sempre em vista a relação destas com as mudanças político-institucionais e é com base nessa análise que analisaremos as mudanças da dinâmica de manejo e entendimento da fertilidade do solo no período de 1750-1850.

Overton faz uma crítica aos parâmetros utilizados por diversos autores para caracterizar as mudanças na agricultura Inglesa, especialmente no que diz respeito à demarcação temporal da “Revolução Agrícola”. Uma de suas principais críticas é o uso do parâmetro da “produção” das culturas (output), via de regra seu aumento, para definir avanços na agricultura. O aumento da oferta de alimentos, que até meados do século XVIII restringia o aumento populacional da Inglaterra a cerca de 5 milhões de pessoas pode ocorrer através de diferentes formas, tais como o aumento da área cultivada, aumento dos insumos (esterco, especialmente), aumento mão de obra, especialização local e regional e inovações tecnológicas. Segundo Overton (1989) essas diferentes formas de aumento da oferta de alimento se dão de forma articulada ao longo da história e o autor considera que os parâmetros que possibilitam a análise de importantes mudanças na agricultura são, na verdade, a produtividade das culturas (kg/ha) e a produtividade do trabalho. Porém, a produtividade das culturas, mesmo analisada por diversos autores, levam a diferentes conclusões sobre os períodos de maiores mudanças na agricultura (OVERTON, 1996a, p. 1-9; 63-132; 1996b, p. 1-3).

Contudo, ressaltam, esses números por si só não explicam as mudanças

que ocorrem na agricultura. É necessário articular a análise desses dados com as mudanças sócio-econômicas e institucionais.

Overton sugere que entre 1520 e 1670 a produtividade do trabalho pode ter decrescido, inclusive, pois mesmo havendo aumento da produtividade do trabalho (WRIGLEY, 1987 apud OVERTON, 1996b, p. 14), o aumento da jornada de trabalho pode ter tido efeito reverso. Entretanto, para o autor, a partir de 1750, a produtividade passou a crescer a taxas anuais de 0,45% e praticamente dobrou entre 1700-1850 (OVERTON, 1996b, p. 15).

Como, ressaltam, Campbell e Overton (1993), o fato sob o qual se tem relativo consenso é o de que a agricultura inglesa passou por transformações fundamentais entre o século XVI e XIX, tais como a introdução de novas espécies forrageiras, o aumento da densidade animal o aumento da produtividade agrícola e da produtividade do trabalho, além de introdução de novas ferramentas e implementos (ROMEIRO, 1991; MAZOYER, 1977; 2010).

Antes de mais nada, essa mudança não foi abrupta. Diversas dessas “inovações” já vinham em curso desde a Antiguidade, como o cultivo de leguminosas (ervilhas, trevo, ervilhaca, feijões) e certos níveis de especialização produtiva local. Entretanto, durante fins da Idade Moderna e início da Contemporânea, há uma integração dessas inovações e uma generalização espacial das mesmas na Inglaterra.

Além disso, esse processo não foi homogêneo. Analisando a agricultura de Norfolk de 1250 a 1850, por exemplo, Campbell e Overton (1993) identificaram um processo de continuidades e descontinuidades nas transformações da agricultura inglesa.

Descontinuidades: avanço tecnológico no início da Idade Contemporânea

A somatória dos progressivos avanços técnicos sob o solo das transformações institucionais ocorridas durante os séculos XVI-XVII possibilitaram uma acelerada mudança na agricultura durante os séculos XVIII-XIX.

Institucionalmente, a posse da terra já estava em grande parte concentrada e cercada e sendo cultivada por arrendatários capitalistas que buscavam implementar mudanças técnicas em busca de melhoramentos produtivos visando maiores lucros.

O sistema de cultura permanente do sec. XIII amadurecido nos séculos seguintes encontra-se tecnicamente avançado, tanto em termos do desenvolvimento de implementos mais eficientes, como arado, quanto em termos dos sistemas de estabulação, fenação, transporte e atrelamento. Outro elemento fundamental, que se desenvolve a partir do século XV é o melhoramento animal que, com o cercamento dos campos voltados à pastagens, permite um melhor controle de cruzamento e seleção de raças.

Com o grosso da dependência da fertilização baseada no esterco animal, a grande mudança que se instala de forma ampla a partir de 1750 é uma generalização de muitos avanços anteriores, baseados no aumento da criação animal associado com o cultivo integrado de novas culturas forrageiras nos sistemas de rotação agrícola, chamado de “convertible husbandry”, cujo mais conhecido foi o sistema Norfolk. Como ressalta OVERTON (1992) o desenvolvimento pecuário entre 1550-1750 foi fundamental para os ganhos de produtividade entre 1750-1850.

O sistema Norfolk já era utilizado desde o século XVII, mas sua generalização não aconteceu no condado de Norfolk antes de 1800 (OVERTON, 1996a). Overton (1996a) e Shiel (1991) ressaltam a demora da sua generalização devido à complexidade e à interdependência dos diversos elementos de sua constituição (OVERTON, 1996a). Dessa forma, enquanto parte considerável do desenvolvimento da pecuária tenha se iniciado com os cercamentos do século XVI, esse processo só se consolidou após os cercamentos parlamentares do século XVII e XVIII e com a generalização do uso do trevo e nabo em rotação. Isoladamente, a produtividade animal e o melhoramento das raças não poderia expressar seu potencial genético antes da radical melhoria do fornecimento de forragem que acontece com a integração generalizada do trevo e nabo no sistema quadrienal onde a forragem entra no sistema de rotação com as culturas agrícolas. O mesmo acontece com os demais constituintes, como melhoramento dos sistemas de tração e arreios, generalização do plantio do nabo e trevo, etc., que passam por um longo

processo de desenvolvimento, ou que se desenvolvem a muito tempo, mas cujos impactos se dão mais efetivamente séculos mais tarde.

Em síntese, o sistema Norfolk se constitui através: a) da substituição do pousio improdutivo por novas culturas produtivas; b) do aumento da oferta de forragens por essas novas culturas, em relação aos pastejos realizados nas áreas de pousio; c) introdução do trevo que, além de contribuir com uma forragem de maior teor de proteína, promove a fixação de nitrogênio atmosférico, contribuindo para a manutenção e aumento da fertilidade dos solos; 4) introdução do nabo, cultivado em linhas, produzindo forragem para o gado no inverno e seu cultivo, por capina com enxadas, além de produtivo, contribui para a eliminação de ervas perenes, em substituição aos cultivos frequentes por aração das áreas em pousio (OVERTON, 1996a, p. 3).

Em termos de fluxos de nutrientes, a figura abaixo ilustra a dinâmica geral do nitrogênio no sistema Norfolk:

Figura 2. Dinâmica de Nitrogênio no sistema Norfolk.
Fonte: Shiel (1991)

Esse aumento de oferta de forragens possibilita um maior volume de forragem e o aumento da densidade animal e do confinamento no inverno, além do melhoramento na qualidade da forragem. Além disso, o aumento do fornecimento de

esterco de alta qualidade possibilitava uma melhor fertilização das culturas.

Outro aspecto que deve ter incentivado o uso de novas plantas forrageiras foi de cunho climático. As condições climáticas de instabilidade levaram agricultores a procurar alternativas de forragens para o inverno em caso de quebra na produção de feno, garantindo a produção de alguma forragem (aveia ou feno, especialmente), no caso de alguma quebra na produção. O maior plantio da cevada também pode ter sido estimulada, uma vez que pode ser vendida para malteação ou usada como forragem (OVERTON, 1985, p. 214).

As novas culturas

A generalização dessas “novas culturas” como nabo e trevo possuíram um papel fundamental nessa mudança da agricultura, em especial no aumento da produtividade das culturas. O nabo, por exemplo, já era utilizado em hortas desde a década de 1580 e já era cultivada como planta forrageira desde 1630 (OVERTON, 1993), entretanto no condado de Norfolk menos de 1% dos agricultores a produziam. Esse número salta para 20% em 1680, 40% em 1700 e 50% em da década de 1720, mas seu impacto decisivo passa a ser quando integra o sistema de rotação, sendo plantada em maior escala no sistema de rotação em substituição ao pousio (OVERTON, 1996a).

Em 1720, por exemplo nos condados de Norfolk e Suffolk o nabo representava apenas 9% da área cultivada, sendo mais utilizada para ser pastoreada. A cultura é progressivamente mais cultivada, chegando em 1850 a ocupar 18% da área cultivada, (OVERTON, 1985). Já em 1830, a área ocupada pelo nabo chega a 25% da área cultivada (OVERTON, 1993, p. 60-61)

O nabo possui 70% mais amido e 40% mais proteína que o feno em comparação com a produtividade da cultura em inícios do século XX (OVERTON, 1996a). Além disso, o nabo, por possuir um sistema radicular mais profundo, consegue extrair nutrientes de camadas mais profundas, pouco acessíveis aos cereais, mobilizando-os às folhas e raízes e posteriormente na forma de restos

culturais ou de esterco, quando usado como forragem.

No início do século XIX novas “root crops” passaram a ocupar o papel do nabo (OVERTON, 1996a, p. 101) devido à susceptibilidade à geada e à hérnia de colo (*Plasmodiophora brassicae*). sendo as áreas de plantio deste substituídas pelo Sweedish Turnip⁴³ (ou Swede) e pelo mangel⁴⁴ (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*, Mangelwurz em alemão, chamada de Raíz da Escasses ou da Abundância, segundo Lettsom, 1778).

Essas plantas tuberosas contribuíram não só para o aumento da fertilidade dos sistemas agrícolas através da ciclagem de nutrientes, mas também para a expansão das áreas cultivadas, através do processo de recuperação de terras (land reclamation), especialmente de áreas de solos arenosos, onde essas culturas possuem uma capacidade maior de uso dos nutrientes em relação aos cereais.

O cultivo trevo tem sido considerado algo revolucionário, especialmente pela sua inserção no sistema rotacional Norfolk, contribuindo para a fertilização do solo, além e servir com forragem altamente nutritiva para o gado. Fazendo uma comparação com a produtividade da cultura em inícios do século XX, o trevo possui 20% mais amido e 80% mais proteína que o feno.

Porém, na Inglaterra, “entre 1660 e 1739, menos de 15 por cento das grandes fazendas o cultivavam e isso representava menos de um oitavo da área total de leguminosas” (OVERTON, 1993, p. 59). Em 1720, por exemplo, nos condados de Norfolk e Suffolk o trevo representava apenas 3,5% da área cultivada (OVERTON, 1985). Entretanto esse cenário muda drasticamente após 1740 quando os principais benefícios dessa cultura se afirmam e, já em “1830 o trevo representava um quarto da área semeada e 90 por cento de todas leguminosas cultivadas” (OVERTON, 1993, p. 59)

O trevo, assim como o nabo, contribuiu para o aumento da área cultivada na Inglaterra, através da melhor utilização de terras, ou recuperação de terras (land reclamation) devido ao seu mais profundo sistema radicular e a maior capacidade de

⁴³ *Brassica napobrassica*, *Brassica napus* var. *napobrassica* ou *Brassica napus* subsp. *rapifera*. O Swede, ou nabo Canadense, é um cruzamento entre nabo e repolho (Schick, 2008)

⁴⁴ *Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*.

aproveitamento de nutrientes pouco disponíveis aos cereais. Entretanto, sua maior contribuição foi no aumento da fertilidade dos solos e da produtividade das culturas que o seguiam nas rotações dos campos, devido à fixação de nitrogênio atmosférico (OVERTON, 1985)

Como ressalta Overton (1996a), o uso da produtividade de grãos, especialmente do trigo, como parâmetro para a definição de avanços ou de uma “revolução agrícola” propriamente é pouco adequado. Houve aumento da produtividade do trigo, mas olhando-se o sistema agrícola no conjunto, cujas mudanças foram muito mais complexas, a produtividade animal cumpre um papel fundamental, se não decisivo no aumento geral da oferta de alimento e no rompimento com o que o autor chamou de “armadilha malthusiana” (p. 198; 206), possibilitando um crescimento inédito da população na história da Inglaterra, cujos limites se encontravam, desde o século XIII, em 5,5 milhões de habitantes (OVERTON, 1996b, p. 4).

Segundo Campbell e Overton (1993), de 1750 a 1850 a população Inglesa cresceu em aproximadamente 6,5 milhões de pessoas e a “população do Reino Unido quase duplicou entre 1800 e 1850, e quase triplicou entre 1750 e 1850” (HOBBSAWM, 2010, p. 126).

O capitalismo agrário e a exaustão dos solos e os primórdios da química agrícola

Outro aspecto, normalmente ausente nos textos agronômicos e técnicos sobre a história da agricultura e da fertilidade do solo, é a dinâmica ou as transformações econômicas que muitas vezes possibilitam boa parte das mudanças técnicas. Neste caso, as transformações socioeconômicas e institucionais que se dão a partir o século XVIII são fundamentais para se entender a dinâmica da agricultura, tanto em termos técnicos, quanto em termos da economia agrária⁴⁵.

⁴⁵ Sobre a dialética entre forças produtivas e relações de produções, ver Romeiro (1998, p. 34-35) e Bloch, M. Les caractères originaux de l'histoire rurale française. Paris: Librairie Armand Collin, 1976

Em seu interessante livro, Hellen Mesksins Wood (WOOD, 2001) discute a origem do capitalismo, com o objetivo de questionar a sua “naturalização” e indicar a sua origem como ruptura às formas sociais precedentes. Além existir há pouquíssimo tempo, sendo uma “mera fração da vida humana na terra” (p.12), o capitalismo se coloca como uma *forma social histórica específica*, e cujo entendimento e estudo nos é imperativo para a compreensão dos “fenômenos” sociais modernos e contemporâneos.

Primeiramente, ela procede a uma crítica às formas de explicação da origem do capitalismo que acabam por considerar que ele é uma “realização natural de *tendências* que sempre estiveram presentes” (p.13), ou que explicam sua origem através do que a autora chamou de explicações circulares, e que “presumem a existência prévia do capitalismo para explicar seu aparecimento⁴⁶” (p.13). A crítica de Wood se dirige também à economia política clássica e às concepções iluministas do progresso que “fazem o relato do desenvolvimento histórico em que o despontar e o amadurecimento do capitalismo já estariam prefigurados nas mais antigas manifestações da racionalidade humana” (p.13), precisando “apenas ser libertado de suas correntes – dos grilhões do feudalismo, por exemplo, para poder amadurecer” (p.14).

Dessa forma, esse tipo de explicação acaba por enfatizar uma “*continuidade* entre as sociedades não-capitalistas e capitalistas e negar ou disfarçar a *especificidade* do capitalismo” (p.14, grifo do autor). Além disso, essas explicações se apoiam em pressupostos que levam à naturalização do capitalismo, ou à sua existência como tendência inevitável da natureza humana, uma vez submetida à oportunidade de aumento do lucro e de desenvolvimento das forças produtivas rumo ao avanço tecnológico e ao aumento da produtividade.

Nesse sentido, Wood argumenta contra o discurso que afirma que, uma vez “eliminadas” as forças que prendem seu desenvolvimento (as estruturas feudais, religião, etc) e, estando a todos disponíveis as oportunidades oriundas dessa nova forma social, as oportunidades do mercado e a oportunidade de se inserir como

⁴⁶ Nesse aspecto Wood cita o Modelo mercantil, cuja origem do capitalismo se explica pela suposta expansão das relações comerciais, uma vez eliminadas suas restrições (WOOD, 2001, p. 21 et. seq.).

vendedor ou comprador, encontra-se, por fim, a liberdade. Para aquém das conquistas sociais e revolucionárias da burguesia perante o antigo regime, a liberdade do mercado e no mercado é, na verdade, o seu revés: a *compulsão* e o *imperativo* que se estendem para todas as instâncias da vida social (ver WOOD, 2001, p. 15-17).

A emergência do capitalismo agrário, dessa forma, em muito afetou a agricultura e a dinâmica da fertilidade do solo. As mudanças na agricultura inglesa, em curso desde o século XVI, especialmente através da instituição do arrendamento como a principal forma de posse da terra tiveram como consequência o estímulo a uma agricultura mais competitiva, propriamente uma agricultura capitalista (WOOD, 2001), que Ellen Wood chamou de “setor agrário mais produtivo do que qualquer outro da história”.

Um das principais mudanças no século XIX é a integração dos mercados locais e regionais em um verdadeiro mercado nacional que foi acelerado, especialmente para produtos agrícolas, com a chegada das rodovias na década de 1830 (OVERTON, 1996a) e “entre 1760 e 1830, o que apareceu (...) [foi] uma classe de empresários agrícolas, os fazendeiros e um enorme proletariado rural” (HOBSBAWM, 2010, p. 19).

Com isso, a forma de encarar a agricultura se transforma radicalmente a ponto de que “em meados do século XVIII, o ethos havia mudado e o fazendeiro era cada vez mais caracterizado como um gerente, empreendedor, ou capitalista” (OVERTON, 1989b, p. 84).

Ora, essa mudança de “ethos” ou racionalidade, passa a impactar diretamente a dinâmica produtiva da agricultura e o manejo do solo. A própria reestruturação dos sistemas de produção, como os sistemas quadrienais sem pousio, as novas culturas e a busca, algumas vezes desesperadas por fontes de adubos se apresenta como resultado dessa nova dinâmica entre o ritmo da economia e da agricultura, como veremos adiante.

O processo acelerado de industrialização que ocorre a partir de meados do século XVIII, e que se afirma nos anos 60-80 do século seguinte, possui íntima relação com o desenvolvimento da agricultura. Os imperativos do mercado, especialmente através da competição por lucro estimulam um processo crescente de inovações técnicas na agricultura e na indústria.

Os impactos na agricultura desse processo retroalimentado de desenvolvimento técnico e econômico são profundos e se dão, nos séculos XVIII-XIX, especialmente no sentido de aumento da produtividade das culturas e da produtividade do trabalho. Como vimos, esses resultados foram conquistados através de uma intensificação da integração da agricultura e pecuária, através do aumento da área de plantio de culturas forrageiras, especialmente trevo e nabo, aumento da densidade animal e o consequente aumento da produção de esterco para a fertilização dos campos. A consequência principal dessa nova dinâmica altamente produtiva da agricultura foi a capacidade de garantir altas produtividades agropecuárias atendendo a demanda crescente de matérias-primas por parte da indústria e de alimentos por parte da população inglesa em franco crescimento.

Entretanto, diferentemente do cenário que existia no século XIII, onde os avanços da agricultura medieval também sustentaram um aumento de produtividade agropecuário em um cenário de crescimento populacional acelerado, a agricultura que se desenvolveu no mundo moderno e entrou no mundo contemporâneo foi paulatinamente se estruturando de uma forma radicalmente distinta.

A nova dinâmica capitalista da agricultura, especialmente a partir de 1750 com os aumentos de produtividade das culturas e do trabalho, gerou consequências importantes na dinâmica da fertilidade do solo. Se, durante esse período, o amadurecimento de diversos aspectos ligados à agricultura se cristalizam em formas de agricultura, representadas pelo sistema Norfolk e suas variações, altamente integradas, intensivas e produtivas, a manutenção e incremento da capacidade produtiva dos solos passa a ganhar centralidade no processo produtivo.

A intensificação da dinâmica capitalista da agricultura passa a não mais ser sustentada pelas formas de renovação de fertilidade desenvolvidas e generalizadas

a partir do século XVIII e, de certa forma, ainda em desenvolvimento de forma diversa e desigual pela Inglaterra, fazendo com que a busca por novas formas de fertilização fosse uma resposta às limitações da manutenção, renovação e aumento da fertilidade dos solos ingleses.

Apesar do desenvolvimento da agricultura inglesa e da capacidade de aumento da oferta de alimentos a preços baixos para uma população crescente, que demonstra ganhos de produtividade e avanço técnico (OVERTON, 1996a), nas décadas de 1820 e 1830 o esgotamento dos solos já era uma preocupação que crescia em nível nacional levando a um crescimento fenomenal na demanda por fertilizantes. Como ressaltam Foster e Magdoff (1998, p. 32; 2000, p. 43–60), o período de 1830-1870 foi crucial no processo de esgotamento da fertilidade do solo que se generalizou tanto na Europa quanto na América do Norte.

Até 1830, o principal nutriente limitante para o aumento da produtividade das culturas era o nitrogênio. A superação, ou a resolução temporária desse problema foi alcançada através de diversas formas, apesar de nessa época não haver conhecimento químico sobre o elemento e sua bioquímica, sendo o uso de esterco animal a mais comum desde a Antiguidade. Entretanto, a adição de nitrogênio no solo possui certos limites⁴⁷ e a disponibilização das reservas de nitrogênio do próprio solo passa a ocupar um papel importante.

As pastagens permanentes eram a grande fonte de estoque de nitrogênio no solo e sua disponibilização, por meio de aração, se dava há tempo na história inglesa, nos séculos XIV, XVI e novamente no fim do século XVII, dando espaço para a produção de cereais em diversos sistemas de rotação (OVERTON, 1996a, p.107). Entretanto, mesmo possuindo estoque potencial para ser explorada e suprir por anos a demanda de cereais, as reservas dos solos ingleses foram exploradas em ritmo crescente a partir de 1750 e, se antes a dinâmica produtiva era mais amena e muitas vezes permitia a reversão de uso da terra para pastagem e a restauração de seu estoque de nutrientes, a partir de meados do século XVIII a pressão de aumento de produtividade fez com que essa reversão não fosse dificultada. Como ressalta, Overton (1996a), “entre 1800 e 1850 a porcentagem de campos e pastagens caiu

⁴⁷ Overton (1996a, p. 105) ressalta que o uso em excesso enfraquece a estrutura das culturas e pode causar tombamento.

30% enquanto a área cultivada subiu 30%” (p. 107-108).

Isso significou, por um lado, que a manutenção e aumento da produtividade da agricultura, além de contar com um componente de aumento de integração animal, aumento de oferta de esterco, intensificação do uso de mão de obra e melhoria tratos culturais, contou também com a sobre-exploração do estoque de nutrientes do solo.

Entretanto, essa nova dinâmica da economia e a expansão dos mercados, associadas ao crescimento das cidades viria a demandar novas estratégias para se lidar com o problema da exaustão dos solos.

Os avanços no conhecimento da fertilidade do solo: o período húmico

O período que abrange as décadas de 1830-1840 representa um marco importante na história da agricultura e da fertilidade do solo. Até esse período, todas as principais tentativas de se buscar aumento ou manutenção da produtividade das culturas eram baseadas no que poderíamos denominar de teoria húmica, cujas raízes remetem à Antiguidade Clássica e ao pensamento aristotélico.

Brevik e Hartemink (2010), caracterizam o período compreendido entre os séculos 5º ao 14º como um momento de repressão ao conhecimento acumulado pelos gregos, especialmente pela forte domínio da religião (p.26). Se em sua época, Aristóteles pode ser considerado um ícone do conhecimento racional Grego em busca da superação do conhecimento Mítico preexistente, a sua apropriação pela Igreja manteve válido um tipo de conhecimento que limitou durante muito tempo o avanço no entendimento do funcionamento do mundo natural.

No século XV os escritos de Aristóteles foram redescobertos pelo movimento renascentista e sua teoria finalmente superada, após cerca de 2000 anos de aceitação (TANDARICH, 2006; JOHRI; BHATTACHARYYA, 2006). Para se ter uma ideia da duração da validade da teoria aristotélica, apenas em 1563 questiona-se definitivamente a teoria do alimento pronto com Bernard Palissy sugerindo o papel dos “sais” na nutrição vegetal (FROSSARD; BLUM; WARKENTIN, 2006).

Até então, com relação às práticas agrícolas, a base fundamental era a utilização do esterco, como vimos anteriormente, associada com o uso, em diferentes graus de algumas fontes minerais, especialmente rochas calcárias que auxiliavam a redução da acidez do solo. Esse período foi chamado por Feller (2012) de “Período Húmico”, cujo fim se encontra com a generalização do conhecimento da química agrícola e a fundação de uma nova forma de se entender e explicar a nutrição das plantas.

Nesse período, ocorreram avanços nas pesquisas sobre a nutrição das plantas, rumo a um rompimento com a teoria do alimento pronto de Aristóteles e com a teoria húmica, através das pesquisas na área da química.

A partir de 1500, num clima de rompimento com antigas verdades e mitos desde a Antiguidade presentes no imaginário das pessoas e usados como base para explicação dos fenômenos mundanos, inicia-se uma transição no entendimento da nutrição das plantas que, após cerca de 300 anos mudaria radicalmente a forma de se entender e manejar a fertilidade do solo.

Ainda em 1563, Bernard Palissy, ressaltou pela primeira vez a importância dos sais para a nutrição das plantas (SHERMAN, 1933). Seus trabalhos foram, por muitos séculos, negligenciados e foi considerado por alguns autores como o precursor da Nutrição Mineral apesar de sua imprecisão com relação ao que seriam “sais”, não sendo estes estritamente minerais (FELLER et al., 2012).

Em meados do século XVII, o químico belga Johann Baptista Van Helmont conclui que o solo não era o responsável pela nutrição da planta. Em seu experimento, o cientista plantou um salgueiro de 169 pounds e 3 onças em um vaso contendo 200 pounds de terra. Após 5 anos adicionando apenas água de chuva ou água destilada, o salgueiro pesava 164 pound a mais e o solo praticamente os mesmos 200 pounds. Sua conclusão, publicada somente em 1852⁴⁸, foi de que o peso ganho pelo salgueiro “originou-se somente da água” (VAN HELMONT, 1664, p. 109 apud SHERMAN, 1933, p. 44)⁴⁹, contribuindo para a quebra do paradigma

⁴⁸ VAN HELMONT, J. B. *Orthus Medicinae*. Ed. Francisco Mercurio Van Helmont. Amsteran, 1652.

⁴⁹ No original, “arose out of water only” (p.109) VAN HELMONT, J. B. *Workes*. Trad. John Chandler, Londres, 1664, p. 109.

aristotélico do “alimento” pronto e do “solo como estômago”⁵⁰.

Em 1627, Sir Francis Bacon verificou que as plantas sobreviviam na água por até três meses e em 1699 John Woodward cultivou plantas em vasos irrigando com diferentes fontes de água (chuva, torneira, enxurrada e esgoto diluído), verificando que o crescimento das plantas aumentava quanto mais “suja” fosse a água e concluindo que a terra, e não a água, era o material formador das plantas (WOODWARD, 1699).

Marcellus Malpighi (em 1687) e Nehemiah Grew (em 1682) já reconheciam a existência e a importância dos estômatos e Hales, em 1727, explicou a circulação da seiva por capilaridade e afirmou, contudo sem prova experimental, que os gases utilizados pelas plantas eram absorvidos pelas folhas (SHERMAN, 1933, p.49).

O famoso e reconhecido Jethro Tull, em 1733 propôs o que ele chamou de “nova agricultura”, através de práticas baseadas na “lavração do solo o mais frequente possível” (FELLER, 2012, p. S4). Segundo Feller et al. (2003; 2012) essa proposição se baseava no entendimento de que as plantas se alimentavam de pequenas partículas de solo, devendo ser este pulverizado para aumentar sua absorção pelas raízes.

Em 1769, Johann Friedrich Georg Hartmann Mayer publicou um livro, *Doctrine of Gypsum exquisitely as good manure to all natural plants to the fields and meadows, hops and vineyards*⁵¹, no qual apresenta pela primeira vez um trabalho sobre o uso do gesso como fertilizante. Apesar de sua aplicação prática e seus resultados terem sido provados, o seu mecanismo de funcionamento foi contestado pelos seus pares e recebeu o apelido de “Apóstolo do Gesso” (RADKAU, 2012, p. 152)

O acelerado desenvolvimento da química na década de 1770, no chamado período da “Revolução Química” (SIEGFRIED, 1988) levou a diversos avanços no

⁵⁰ Para um aprofundamento e avaliação crítica dos experimentos de Van Helmont, ver Hershey (1991; 2003).

⁵¹ Título original: *Lehre vom Gyps als vorzueglich guten Dung zu allen Erd-Gewaeachsen auf Aeckern und Wiesen, Hopfen- und Weinbergen*

âmbito da nutrição das plantas. Em locais diferentes o químico suíço Carl Wilhelm Scheele, o químico Inglês Joseph Priestley e o químico francês Antoine Lavoisier fizeram descobertas acerca da existência do oxigênio e seu papel na combustão e nas plantas. Os experimentos de Priestley⁵² em 1771 mostraram que as plantas eliminam o que Lavoisier chamou de “oxigênio” (MARTIN et al., 2012).

Apesar de termos ressaltado as décadas de 1830-1840 como cruciais para a generalização da preocupação acerca do esgotamento dos solos, essa preocupação já era presente anteriormente, justificando, inclusive, as pesquisas que ocorreriam em finais do século XVIII e início do XIX. Esse seria o início de uma série de pesquisas que passam a buscar explicações experimentais para a nutrição e desenvolvimento das plantas com base na química, afirmando um rompimento com as tradições anteriores.

Os trabalhos de Jan Ingenhousz em 1776 mostraram a influência da luz sobre as trocas gasosas. Ingenhousz provou que somente em presença da luz há eliminação de oxigênio pelas plantas. Os seus trabalhos seriam a base para a descoberta da fotossíntese, por ele já provada por mais que ele não o soubesse (MAGIELS, 2010). Essa descoberta somente foi feita por Nicolas-Théodore de Saussure em 1804⁵³ que, desenvolvendo pesquisas sobre a fotossíntese, concluiu que a planta obtém carbono prioritariamente do CO₂ atmosférico e não do carbono do solo e que as plantas “obtem seus minerais do solo, ao invés da transmutação de outros elementos por uma força vital” (HILL, 2013), contradizendo os pressupostos de Jethro Tull (FELLER et al., 2012).

É nesse cenário, de seguidas descobertas e pouco consenso, apesar do significativo avanço científico, que se inicia um longo processo que resultará na estruturação da nutrição mineral de plantas e do que viria a se chamar de química agrícola, com destaque para os trabalhos de Jean-Baptiste Boussingault, Albrecht Thaer, Carl Sprengel e de Justus von Liebig e John Bennet Lawes, entre outros.

Ou seja, após 1750, de uma forma mais acelerada, ocorre uma articulação

⁵² Priestley J. **Experiments and Observations on Different Kinds of Air**. W. Bowyer and J. Nichols, London, 1774.

⁵³ SAUSSURE, T. de. **Chemical Research on Plant Growth**: A translation of Théodore de Saussure's *Recherches chimiques sur la Végétation*. Tradução Jane F. Hill. New York: Springer-Verlag, 2013.

entre distintos fenômenos sócio-econômicos e institucionais que resultam em uma atmosfera de avanço científico associado a preocupações no âmbito da capacidade de se manter um equilíbrio entre o ritmo acelerado da produção agrícola e a exaustão dos solos.

O trabalho de Albrecht Thaer, publicado em 1809⁵⁴ (*Principles of Rational Agriculture*⁵⁵) é um grande exemplo dessa preocupação. Apesar de não basear a sua análise na nutrição mineral⁵⁶, identificando a fonte da nutrição das plantas, e de sua matéria seca, nos “sucos nutritivos do solo” contidos na fração da matéria orgânica do solo solúvel em água quente” (FELLER et al., 2012, p. S5), a contribuição de Thaer é inquestionável para a construção do que poderia se chamar de “agricultura racional” ou ao que Feller, chamou de “sustentabilidade dos sistemas de produção” (ver FELLER et al., 2003; FELLER et al., 2006).

Outro exemplo dessa preocupação seria o trabalho de Boussinglaut, que comprovou o fornecimento de minerais indispensáveis à planta pelo solo, através de experimentos de cultivo de plantas em substrato inerte, irrigado com solução nutritiva. Além de reforçar a importância dos minerais no processo de nutrição vegetal, ele criou um embasamento científico para a rotação de culturas com base na dinâmica de absorção e extração diferenciada dos nutrientes por cultura, teoria essa erroneamente criticada por Liebig⁵⁷ (WAKSMAN, 1942, p. 61). Nota-se em seus trabalhos uma preocupação não somente com o entendimento da nutrição das culturas, mas com a tentativa de criar mecanismos e procedimento culturais visando um melhor aproveitamento dos nutrientes do solo e, portanto, um melhor sistema de rotação.

Esses diversos experimentos e comprovações do papel de nutrientes na nutrição da planta, não significou um rompimento definitivo com a teoria húmica. Como afirma McCosh (1984), “Até cerca de metade do século XIX acreditava-se

⁵⁴ O trabalho de Thaer seria publicado em inglês somente em 1846.

⁵⁵ No original: *Grunds Dize der rationellen Landwirtschaft*.

⁵⁶ Segundo Sherman (1933) Thaer acreditava que “plantas, como os animais, utilizávamos o carbono na sua forma orgânica, obtendo-as de material animal e vegetal parcialmente decomposto – húmus- no solo. Os sais inorgânicos, cuja significância não poderia ser absolutamente negada, atuavam como meros “estimulantes” (p. 57).

⁵⁷ Ver também McCosh (1984), p. 80 et. seq.

largamente que o alimento das plantas era obtido do húmus”. Porém os avanços criaram divisões entre cientistas e em meados desse século era marcante a presença de uma polêmica debate entre as “os protagonistas da teoria Húmica e dos da nutrição mineral das plantas” (MCCOSH, 1984, p. 131).

As novas fontes para fertilização dos campos

Na década de 1830, como já citamos, a preocupação acerca do esgotamento dos solos passa a se agravar, o que pode ser claramente ressaltada pela atitude de instituições governamentais na busca de soluções para os problemas da agricultura. A mais marcante, a nosso ver, na busca por respostas ao esgotamento dos solos, teria sido a encomenda, em 1837, de um trabalho sobre a relação entre agricultura e química realizado pela British Association for the Advancement of Science a Justus von Liebig (BROCK, 1997, FOSTER; MAGDOFF, 1998, p. 32; 2000, p. 43–60; 2005, p. 212; BROWNE, 1942, p. 1; BRADFIELD, 1942, p. 48; PLOEG; BOHM; KIRKHAM, 1999).

O resultado desse pedido foi apresentado por Liebig em 1840 em um simpósio e publicado neste mesmo ano como “Organic Chemistry in its Applications to Agriculture and Physiology” e se mostra um marco na estruturação da nutrição mineral de plantas e inicia a afirmação da teoria mineralista sobre a teoria húmica da nutrição das plantas. Nesse livro, Liebig sintetiza, de uma forma clara e nunca antes apresentada, o papel dos nutrientes do solo, inclusive os problemas de produtividade resultante da limitação de um deles, conhecido como a “Lei do Mínimo”. A originalidade da ideia de que o nutriente em menor quantidade limita o desenvolvimento e, portanto a produtividade de uma cultura, é atribuída ao químico alemão Carl Sprengel (PLOEG; BOHM; KIRKHAM, 1999), cujas publicações antecederam Liebig, mas foram amplamente conhecidas somente a partir de 1850⁵⁸.

O fato de que Liebig tinha conhecimento das ideias de Sprengel é amplamente reconhecido por diversos autores (BROCK, 1997; PLOEG;

⁵⁸ Ploeg, Schweigert e Bachmann (2001) citam que o fato das publicações de Sprengel contribuiu para essa demora no reconhecimento de seus trabalhos e da originalidade de suas ideias.

SCHWEIGERT; BACHMANN, 2001; PLOEG; BOHM; KIRKHAM, 1999), especialmente pelos que tiveram contato com a literatura alemã, incluindo os trabalhos de Sprengel. Estes sustentam que Liebig teve uma postura anti-ética no sentido de plagiar as ideias de seu colega (PLOEG; SCHWEIGERT; BACHMANN, 2001, p. 738).

Polêmicas a parte, o fato é que Liebig foi o grande propagandista (BROWNE, 1942; 1944) da química agrícola e da nutrição mineral das plantas, contribuindo em muito para a disseminação de uma nova forma de se entender a nutrição mineral.

Apesar dos avanços científico, que não resultaram em grande impacto imediato, na prática o que se via era uma busca incessante por fontes de fertilização dos campos ingleses.

Após 1830, o nitrogênio já não era mais o nutriente limitante para o aumento da produtividade na Inglaterra (OVERTON, 1996a, p. 107) e o fósforo, o novo macronutriente limitante, passa a ter uma demanda e uso crescente (OVERTON, 1996a, 7; 111).

Nesse período, apesar do crescimento das cidades, da integração nacional e internacional e da intensificação da industrialização, muito ainda era produzido e reciclado localmente.

Outros produtos passam a ser alvo da prospecção de novas fontes de fertilizantes. Partes não comerciais de animais, subprodutos da indústria, secos e moídos passam a ser comercializados como fertilizantes fazendo com que em alguns lugares a indústria de processamento de carne fosse o maior comerciante de fertilizantes (MIKKELSEN; BRUULSEMA, 2005).

O esterco humano, eufemisticamente chamado de “nightsoil” passa a ser empregado na agricultura como fonte complementar de esterco, uma vez que não existia tratamento de resíduos urbanos, que eram comumente jogados nos rios.

Entretanto, com o agravamento da industrialização, distanciamento das cidades das áreas produtivas e aumento das exportações de alimentos, a exaustão dos solos se agrava e novas fontes, como ossos e o guando passava cumprir o

papel de fertilizar os solos.

O Guano, produto oriundo de dejetos de aves marítimas, foi intensamente extraído especialmente das ilhas peruanas entre 1840-1880. Por ser extremamente rico e concentrado em fósforo e nitrogênio foi uma importante fonte de nutrientes usado para mitigar o problema da exaustão dos solos tanto na Inglaterra quanto nos Estados Unidos.

Nas palavras de Robinson (1853), o guano, de todos os adubos, é “o mais concentrado – o mais econômico para o comprador” (p. 5) e essas qualidades contribuiriam para um crescimento acelerado de seu comércio, tanto no novo quanto no velho mundo.

Segundo Foster e Magdoff, o primeiro carregamento de guano aportou em Liverpool em 1835 (FOSTER; MAGDOFF, 1998, p. 33) e se tornou um mercado crescente. Em 1841 já cerca foram importadas cerca de 1.700 toneladas, em 1847 cerca de 220.000 toneladas (FOSTER, 2005, p. 212) e “entre 1855-1856 mais de 510.000 toneladas de guano foram importadas, das quais, grande parte, permaneceu na Inglaterra (LIEBIG, 1859, p. 222). De 1841 até 1857, só nos Estados Unidos, foram acumuladas cerca de 2.373.508 de guano em importação (R. S. F., 1859, p. 181), e seu comércio, de 1840 a 1880, “dominou a vida comercial e financeira do Peru” (MATHEW, 1970, p. 112).

O guano⁵⁹ se inseriu perfeitamente no sistema altamente produtivo e já consolidado na Inglaterra, o chamado sistema Norfolk. Já mostrando sintomas de esgotamento dos solos, as altas produtividades e a própria manutenção da fertilidade do solo encontrava-se pressionadas, por um lado, pela limitação no suprimento de esterco e, por outro, pela pressão crescente de demanda por produtos para o mercado interno e para a indústria. Os trabalhos de John Lawes⁶⁰ mostraram a alta capacidade do nabo na absorção de nutrientes do guano e na sua transformação em biomassa vegetal a ser usada como forragens para o gado. O aumento da quantidade e da qualidade da forragem acabaram por resultar em incrementos na produção de esterco que, juntamente com o próprio guano, foram

⁵⁹ Sobre a extração, comércio e uso do Guano, ver GUANO. **Scientific American**, v. 26, n. 21, p. 323–324, 1872. Mais sobre o uso agrônômico ver Robinson (1853)

⁶⁰ J. B. Lawes. *On Agricultural Chemistry: Turnip Culture* London: W. Clowes and Sons, 1848.

utilizados na produção de grãos, criando um círculo virtuoso de aumento de produtividade, mitigando, por ora, os problemas de esgotamento da fertilidade dos solos (MATHEW, 1970).

Entretanto o uso do guano sofre um revés especialmente após 1854, quando, em uma situação de altíssima demanda pelo produto, a política de aumento de preços do guano por parte do governo peruano (MATHEW, 1970, p. 117, et. seq.) soma-se a uma conjuntura internacional de competição pelo fornecimento do produto. Foster e Magdoff (1998), realçam a competição pelo domínio de ilhas pelos Estados Unidos que, segundo os autores,

procedeu – primeiro extraoficialmente, depois como parte de uma política de estado- a anexação imperial de qualquer ilha potencialmente rica nesse fertilizante natural. Sob a tutela do que se tornou o Guano Island Act, aprovado no congresso em 1856, os capitalistas estado-unidenses confiscaram noventa e quatro ilhas ao redor do mundo (p. 34)

Mesmo não sendo suficiente para prover a quantidade de Guano para sua demanda, a competição norte-americana impactou o acesso Inglês ao guano, dificultando-o e contribuindo para o acirramento do mercado e elevação de preços.

Os ossos também cumpriram um papel no fornecimento de fósforo (fosfato de cálcio) para a agricultura e gerou um comércio internacional. A Inglaterra importou ossos moídos de outros países europeus (CORDELL et al., 2009; MIKKELSEN; BRUULSEMA, 2005), a ponto de, segundo Foster e Magdoff (1996a; 1998), o preço do osso importado subir quase 18 vezes entre 1823 e 1837, comprovando o aumento da demanda e do seu uso.

Até meados da década de 1850, os trabalhos de Liebig transpareciam uma atitude positiva e esperançosa, tendo a química agrícola um potencial de expandir os limites da agricultura e romper com as limitações impostas pelas condições naturais de solos ou pela intensificação da agricultura na exportação e esgotamento dos nutrientes do solo (SAITO, 2014). Entretanto, já a partir do fim década de 1850, especialmente com a publicação de “Letters on Modern Agriculture” (LIEBIG, 1859) e da sétima edição de sua obra “Organic chemistry in its applications to agriculture and

physiology”, Liebig, observando o avanço da agricultura nos Estados Unidos e o avanço do esgotamento dos solos na Inglaterra, passa a fazer uma crítica à exaustão dos solos pela agricultura moderna.

Segundo Foster e Magdoff, “os agricultores europeus estavam tão desesperados nesse período que eles invadiram os campos de batalhas napoleônicos (Waterloo, Austerlitz) em busca de ossos” (1998, p. 33). Os autores se referem a um trecho famoso⁶¹ de Liebig, publicado em na introdução (Einleitung⁶²) de sua obra *Organic chemistry in its applications to agriculture and physiology*, abaixo reproduzido por Brock:

“A Grã-Bretanha priva todos os países das condições de sua fertilidade. Invadiu os campos de batalha de Leipzig, Waterloo e Criméia; consumiu os ossos de muitas gerações acumulados nas catacumbas da Sicília; e agora anualmente destrói os alimentos para uma futura geração de três milhões e meia de pessoas. Como um vampiro, ele consome os seios da Europa, e até mesmo no mundo, sugando a seu sangue vital sem necessidade real ou ganho permanente para si mesmo” (LIEBIG, 1862⁶³ apud BROCK, 1997, 178)

Os trabalhos de Liebig, apesar de diversas inconsistências e marcados pela limitação de seu tempo, influenciaram toda uma geração. O pesquisador inglês John Lawes, por exemplo, colocou em prática e à prova muitas das ideias de Liebig, através de experimento no que viria a se constituir a Estação Experimental de Rothamsted. Além disso, influenciado pelas ideias divulgadas por Liebig, investiu na produção de fosfatos a partir de ossos através da sua solubilização com ácido sulfúrico, iniciando a produção de superfosfato em 1842. Na conjuntura de alta demanda por adubos, a alta dos preços do guano, associada aos avanços na área da química agrícola e à progressiva aumento de escala e, conseqüente, redução dos preços do sulfato de amônia⁶⁴, há um redirecionamento crescente para o uso de

⁶¹ Esse fato também é comentado por Overton, citando Liebig e o roubo da fertilidade de outras nações exercido pela Inglaterra (1996a, p. 111).

⁶² Essa introdução não foi traduzida com a edição inglesa, por algumas razões. Para mais detalhes, ver nota 17 em Foster (2005, p. 382-383).

⁶³ LIEBIG, J. F. von. **Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie**. v.1. Braunschweig: Vieweg, 1862, p. 125-126.

⁶⁴ Para uma visão geral da dinâmica de preços dos principais adubos entre 1841 e 1870, ver Mathew (1970, p. 120).

adubos químicos na agricultura.

Esse processo de avanço científico associado a uma crescente integração do mercado inglês no comércio mundial e às limitações de renovação de fertilidade impostas por uma agricultura cada vez mais produtiva e num ritmo acelerado, quase industrial, ilustra a relação entre a fertilidade, seu manejo e seu entendimento se transformaram de forma significativa na história.

Indústria, agricultura e a falha metabólica

Analisando a produção capitalista e estudando o problema do esgotamento dos solos e do arrendamento Inglês, o próprio Marx passa a se debruçar sobre esse problema e incorporando uma análise crítica da agricultura capitalista em sua obra, chamando atenção para o esgotamento do solo com o progresso da agricultura capitalista (MARX, 2002⁶⁵).

Segundo Foster (2005), Marx passa a estudar o arrendamento diferencial e encontra na obra do economista político e agricultor escocês James Anderson de 1777⁶⁶ em uma perspectiva diferente da teoria ricardiana que, para Marx, apresentava a “incapacidade de incorporar uma teoria do desenvolvimento histórico” (p. 205). Para Ricardo e Malthus, o arrendamento diferencial era oriundo da diferença de fertilidade entre solos e a sendo a fonte dessa diferença originada “quase inteiramente em termos das condições naturais de produtividade, independente dos seres humanos” (FOSTER, 2005, p. 205).

Para Anderson, o arrendamento era uma cobrança pelo uso dos solos mais férteis, mas não como Ricardo, que considerava essa fertilidade oriunda das “forças originais e indestrutíveis da terra” (RICARDO, 1982, p. 65). Segundo Foster, Anderson atribuiria à renda diferencial a capacidade de mudanças históricas na fertilidade do solo, sendo que

A melhoria continuada do solo, através da adubação com esterco, drenagem e irrigação, era possível e a produtividade do solo menos fértil podia crescer a ponto de chegar muito próximo da produtividade do solo

⁶⁵ Em especial, Capítulo 13-Maquinaria e a Grande Indústria, item 10. Grande indústria e agricultura.

⁶⁶ An enquiry into the nature of the corn-laws

mais fértil; mas o inverso também era verdadeiro, o solo podia ser desgraçado pelos seres humanos (FOSTER, 2005, p. 206).

Nas palavras de Foster, “Anderson havia historicizado a questão da fertilidade do solo”, mostrando que o problema de exaustão dos solos não era necessariamente oriunda do aumento do cultivo de terras marginais, mas resultante do não investimento na “melhoria do solo por causa do conflito de classe entre o agricultor arrendatário capitalista e o proprietário fundiário” (2005, p. 207).

Marx, tendo como base os trabalhos de Anderson e de Liebig iria, a partir do estudo da química agrícola e da renda da terra, incorporar em sua crítica da economia política a crítica da agricultura capitalista. Segundo Saito (2014), Marx realizou um profundo estudo sobre a agricultura e os avanços da química agrícola nos anos de 1850 e de 1860, materiais esses incorporados em suas anotações (ver também SAITO, 2016).

Um dos elementos centrais na análise de Marx seria a crítica ao crescente distanciamento entre campo e cidade. O desenvolvimento acelerado das cidades, associado à exportação de nutrientes nas culturas e a incapacidade de reciclar localmente os resíduos da própria cidade de volta aos campos chamou a atenção de Anderson, Liebig e também de Marx.

Anderson também chamou atenção para outra causa do empobrecimento do solo, “associado à incapacidade de reciclar o esterco (graças a divisão crescente entre cidade e campo)” (FOSTER, 2005, p. 207) e pode ser exemplificada pelo esquema elaborado por Foster e Magdoff (Figura 3), abaixo:

Figura 3 – Mudanças na relação espacial de plantas, animais e humanos
 Fonte: Foster e Magdoff (1998, p. 40)

Como vimos, no capítulo anterior e no início do presente capítulo, o desenvolvimento da agricultura inglesa, num cenário de dependência quase exclusiva do esterco e de centralidade da vida no campo, resultou numa estruturação de uma agricultura extremamente integrada, cujos fluxos de nutrientes e energia eram mais fechados (Figura 3a) e menos sujeitos a perdas. Mesmo existindo perdas, os solos Ingleses apresentavam uma certa capacidade de “protelar” os efeitos de sua exaustão, através do uso das reservas naturais de nutrientes (especialmente nitrogênio) que foi alcançado, inicialmente com a integração dos pastos na chamada “convertible husbandry” com o cultivo de pastos naturais e disponibilização de suas reservas de nutrientes através da lavração e aceleração da decomposição da matéria orgânica do solo.

Entretanto, com a intensificação do crescimento das cidades (Figura 3b) e do aumento da demanda por alimentos e matérias-primas para a indústria, mesmo a complexa agricultura que floresce na Inglaterra nos séculos XVIII e XIX, com uso intensivo de novas culturas integradas com a produção animal, passa a não dar conta da renovação da fertilidade. A sobre-exploração do estoque de fertilidade do solo passa a cumprir um papel importante na manutenção da produtividade das culturas. Por outro lado, Ernest Mandel também ressalta o caráter espoliador da agricultura moderna e também atribui a Liebig uma análise crítica sobre o que se

dava na agricultura capitalista:

“Cientistas sérios, notadamente o alemão Liebig, chamaram a atenção para um fenômeno realmente perturbador, a crescente exaustão do solo, o Raubbau, resultante dos gananciosos métodos capitalistas de exploração que visam os maiores lucros no menor tempo. Enquanto sociedades agrícolas como China, Japão, o Egito antigo, etc, tinham o conhecimento de um modo racional de avançar com uma agricultura que conservou e aumentou a fertilidade do solo durante milhares de anos, o Raubbau capitalista foi capaz, em certas partes do mundo, de exaurir a camada fértil do solo em meio século” (MANDEL, 1968⁶⁷, p. 295 apud FOSTER, 2012, p. 90).

Para Marx, o fenômeno da separação entre campo e cidade foi ressaltado como uma das causas para a perturbação do que ele chamou de “intercâmbio material entre o homem e a terra”:

Com a preponderância cada vez maior da população urbana que se amontoa nos grandes centros, a produção capitalista, de um lado, concentra a força motriz histórica da sociedade, e, de outro, perturba o intercâmbio material entre o homem e a terra, isto é, a volta à terra dos elementos do solo consumidos pelos seres humanos sob a forma de alimentos e vestuários, violando assim a eterna condição natural de fertilidade permanente do solo (MARX, 2002, p. 570).

Utilizando outros termos, oriundo de outras traduções, Foster analisa o que Marx (2002), chamou de “falha” (rift) na interação metabólica entre o homem e a terra⁶⁸ (FOSTER, 1999a; 1999b; 2005, p. 218-237; 2012; MARX, 1984, p. 266).

Esse processo seria decorrente, entre diversos aspectos, a uma crescente integração entre a indústria e a agricultura e ao consequente emprego da lógica industrial na agricultura. Indústria em grande escala e a agricultura de larga escala feita industrialmente têm o mesmo efeito. Se originalmente elas se distinguem pelo fato de que a primeira deixa resíduos e arruína o poder do trabalho e portanto o poder natural do homem, ao passo que a última faz o menso com o poder natural do solo elas se unem mais adiante no seu desenvolvimento, já que o sistema industrial aplicado à agricultura também debilita ali os trabalhadores, ao passo que, por seu lado, a indústria e o comércio oferecem à agricultura os meios para exaurir o solo (MARX apud FOSTER, 2005, p. 219)

⁶⁷ MANDEL, Ernest. **Marxist Economic Theory**. New York: Monthly Review Press. 1968.

⁶⁸ Em alemão, Stoffwechsel. No original, “metabolic rift” (Foster, 2005; 2013) ou “fenda metabólica” (Foster, 2012, p. 90). Em Marx (1984), “insanável *ruptura* no contexto do *metabolismo social*, prescrito pelas leis naturais da vida” (p. 266, grifo nosso). Em Marx (2002) perturbação do “*intercâmbio material* entre o homem e a terra” (p. 570, grifo nosso).

Foster explora, em seus escritos, a possibilidade de se encontrar na obra marxiana um pensamento ecologista, uma economia política na natureza, opinião compartilhada por outros autores (BURKETT, 1999; 2001; SAITO, 2014; 2016), e deixa claro nesse ponto a fundamental contribuição de Liebig para a crítica da agricultura moderna, apesar da visão comum de sua personalidade como somente o precursor da química agrícola e do que viria a ser a nutrição mineral de plantas. Os estudos de Liebig serviram de base para os experimentos por John Lawes na Estação Experimental de Rothamsted e que viriam, inclusive, a questionar a pouca atenção dada pelo químico alemão ao húmus⁶⁹ e servir de base para a experimentação em busca de uma agricultura mais equilibrada.

A Revolução Agrícola Inglesa

A chamada “Revolução Agrícola” (FOSTER, 1999a, 2005; MAZOYER; ROUDART, 2010; O'BRIEN, 1977; THOMPSON, 1968), iniciada na Europa no século XVIII, se apresenta como um marco na transformação dessas inovações. Por um lado, ela conciliou a melhoria da eficiência do trabalho com a melhoria da produtividade dos campos, através da aproximação da pecuária e agricultura (HUBERMAN, 1971; ROMEIRO, 1998; VEIGA, 1991; IAMAMOTO, 2006). Por outro, o momento histórico da Revolução Industrial e as transformações sócio-econômicas que se deram no campo (AQUINO, 1993) passaram a exigir inovações que respondessem às novas pressões que a agricultura sofria: atender às demandas da indústria.

Os principais efeitos dessas transformações na agricultura, especialmente a partir do fim do século XIX, agora como parte integrante da indústria, foram a necessidade de abandonar o processo de aproximação agro-pecuária e a incorporação de tecnologias que aumentassem a produtividade sem aumentar a demanda por mão de obra. Esse foi o início da modernização da agricultura, através da ênfase na mecanização, no uso de insumos químicos e no desenvolvimento e

⁶⁹ Na época de Liebig, a microbiologia não existia e ele ignorava por completo o papel dos microorganismos do solo, o que viria a ficar mais claro somente com os trabalhos de Pasteur (Waksman, 1942).

emprego de sementes melhoradas, base da recente modernização da agricultura do século XX, a chamada Revolução Verde.

Segundo autores como Sevilla Guzmán e Woodgate (2002), Mazoyer e Roudart (2010) e Romeiro (1998), a chamada “Revolução Verde”, resultante do processo de modernização da agricultura na segunda metade do século XX, intensifica o processo de artificialização e simplificação da agricultura moderna, acentuando o seu carácter industrial. A agricultura passa a se caracterizar como um “[...] manejo dos recursos naturais que gera um processo de artificialização dos ecossistemas em que o capital realiza apropriações parciais e sucessivas dos distintos processos de trabalho camponês” (GUZMÁN CASADO; GONZÁLEZ DE MOLINA; SEVILLA GUZMÁN, 2000, p.32).

Como consequência dessa modernização da agricultura, ocorreu um afastamento do homem, e inclusive do agricultor, da natureza e dos processos ecológicos que nela existem. Além desse afastamento, houve uma perda da autonomia do campo no âmbito de sua atividade produtiva. Como salienta Kautsky (1980), “O camponês deixa de ser, pois, o senhor na sua exploração agrícola. Esta se torna um apêndice da exploração industrial por cujas conveniências deve orientar-se” (p. 281).

A modernização da agricultura demandou o desenvolvimento de estratégias reducionistas e imediatistas para conseguir se adaptar à lógica industrial de produção, tanto em termos de simplificação do processo produtivo, quanto de aumento de produtividade. Entretanto, ao contrário da indústria que é um sistema fechado onde a maior parte dos processos e variáveis podem ser controlados, a paulatina incorporação da lógica de produção industrial na agricultura acabou sendo, na verdade, uma tentativa de substituição progressiva dos processos e relações ecológicas existentes no ambiente natural (HANSON, 1939; HARPER, 1974).

O agroecossistema é um sistema aberto, cuja simplificação tem limite, além de consequências. Tendo como referência um ecossistema complexo e natural, que possui relações ecológicas que possibilitam o estabelecimento de um equilíbrio dinâmico dos processos ecológicos (ODUM, 2001; ALTIERI, 1987) e das espécies que o constitui, a agricultura industrial caracteriza-se como um vazio ecológico e

social.

Após o fim do século XIX, o desenvolvimento das tecnologias agrícolas pautou-se por três principais frentes: a mecanização, o emprego de sementes melhoradas e de agrotóxicos. Os elementos desse tripé, apesar de apresentarem a sua especificidade e o seu próprio caminho de desenvolvimento, têm uma característica em comum. Individualmente, ou em conjunto, são concebidos como formas de aumento da eficiência da produção e aumento da produtividade.

Neste contexto, a questão da fertilidade apresenta um papel fundamental. Além de ser um dos principais gargalos colocados às conquistas da “Revolução Agrícola” do século XVIII-XIX para a consolidação da agricultura em um ramo da indústria, ela é um dos principais fundamentos técnicos que guia o desenvolvimento da agricultura capitalista. O próprio melhoramento genético subordina-se à noção de fertilidade química (LIEBIG, 1847; 1856; 1859; MAAR, 2006; MALAVOLTA, 2006; 2008) visto que a capacidade de expressão do potencial genético das espécies melhoradas depende das mesmas terem nutrientes solúveis prontamente disponíveis na solução do solo.

A chamada “Revolução Verde”, cuja imposição para o “resto do mundo” como panaceia para a resolução dos problemas da fome, definitivamente mais contribuiu para o seu agravamento, causando desestruturação de sistemas produtivos tradicionais, perda de conhecimento de manejo de agroecossistemas, perda de sementes tradicionais, pauperização de agricultores e fome (ROSSET, 2000; SHIVA, 1993).

A lógica estrutural industrial guiada por interesses econômicos cada vez mais distantes das aspirações desejos e demandas dos que executam os trabalhos no campo, a ciência moderna cumpriu e cumpre um papel fundamental para a consolidação e avanço desse tipo de agricultura, ao validar um modelo de desenvolvimento tecnológico concentrador de riquezas socialmente excludente e ecologicamente inapropriado às diversas regiões do mundo e às diversas realidades socioeconômicas dos agricultores familiares.

Assim, a Revolução Verde não consolida apenas uma nova forma de relação do homem com a natureza no âmbito ecológico e ambiental. Ela consolida uma nova

forma de relação do homem com a natureza em termos sócio-econômicos, uma vez que é mediada pelas formas de relação entre os seres humanos entre si, com a natureza e, mais importante, pela forma de apropriação e concentração “de riquezas e de benefícios sociais a ela associado” (MOREIRA, 2000, p. 39).

O cenário contemporâneo

O cenário contemporâneo que se apresenta é a síntese dos determinantes históricos do desenvolvimento da sociedade capitalista. Olhando para o campo, os resultados deste modelo de desenvolvimento são materialmente visíveis e realçados. Exacerbam a crise ecológica e societal que vivemos e reafirmam as contradições do desenvolvimento capitalista. A agricultura e o mundo rural são, em nossa análise, ponto de partida e de retorno da análise aqui proposta.

Figura 4: Série histórica da produção mundial de cereais (1961-2013).
Fonte: FAOSTAT. Disponível em: (<http://faostat3.fao.org/>) Acesso em: 18 mar. 2015

Não há dúvidas de que a agricultura é, e sempre foi, um dos pilares de nossa sociedade e teve íntima relação com o desenvolvimento de nossa sociabilidade, assim como de diversos marcos de nossa história e o seu desenvolvimento tem sido considerado um dos grandes avanços da modernidade.

Índices antes inimagináveis de produção mundial e de crescimento de produtividade hoje foram alcançados com o desenvolvimento tecnológico, resultado de avultado montante de recurso direcionado para a pesquisa e desenvolvimento e difusão de insumos químicos e melhoramento genético de variedades mais produtivas. Entretanto, todo esse desenvolvimento tecnológico, cuja promessa centrava-se na reposta ao aumento populacional, através da necessidade do aumento da produção de alimentos, não logrou êxito. A modernização da agricultura se deu com bases em um processo acertadamente denominado de “modernização conservadora” (PIRES; RAMOS, 2009) através do desenvolvimento e difusão de tecnologia do tipo top-down, sem

levar em consideração as realidades sócio-ecológicas onde se aplicariam gerando, com isso, problemas no âmbito econômico, social e ecológico. Um exame criterioso dessa história e do papel da agricultura faz com que seus grandes louvores sejam sombreados por uma realidade distinta. O que parece saltar aos olhos, numa análise mais acurada, é a clássica diferença entre aparência e essência. O discurso tecnocrático contraditório da FAO, assim como o discurso dos representantes mais conservadores do setor rural e agrícola brasileiro⁷⁰ (ex: Associação Brasileiro do

Figura 5: Tendências agrícolas ao longo dos últimos 40 anos. a) Produção mundial de cereais; b) consumo de fertilizantes nitrogenados e fosfatados (exceto URSS) e aumento da área irrigada; c) produção (eixo esquerda) e importação de pesticidas (eixo direita)
Fonte: Tilmann et al. (2002), p. 672.

⁷⁰ Para uma análise da relação entre poder político e propriedade de terra no Brasil, ver CASTILHO, A.L. O partido da terra: como os políticos conquistam o território brasileiro. São Paulo: Contexto, 2012, 238p.

Agronegócio - ABAG) e mundial constroem um discurso ideológico da realidade, da agricultura que não se sustenta, ou sustenta apenas seus interesses setoriais, como veremos a seguir.

Dos principais discursos que louvam a agricultura moderna, o aumento da produção de alimentos e da produtividade são os mais comuns. A produção mundial de cereais aumentou 876.874.886 toneladas para 2.779.939.586,01 entre 1961 e 2013 resultando num aumento de 217% (FAOSTAT, 2015. Ver Figura 4 e 5a).

Enquanto isso, a população mundial passou de 3.082.830.266⁷¹ – 7.136.796.000⁷², aumentando de 131% neste mesmo período (UNITED NATIONS POPULATION FUND, 2013).

Certamente houve êxito no aumento de produtividade de *alguns* produtos em *algumas* regiões do globo, mas a desestruturação social decorrente do processo de industrialização, especialmente nos países do Sul, e a falta de políticas agrícolas e agrárias gerou uma demanda induzida de alimentos não suprida (êxodo rural, desestruturação das unidades camponesas, etc.). Como resultado, temos atualmente no mundo cerca de 805 milhões de pessoas passando fome (FAO; IFAD; WFP, 2014), enquanto somente a produção de cereais voltada para a alimentação de animais (40% da produção mundial) (LUNDQVIST; DE FRAITURE; MOLDEN, 2008) seria suficiente para prover as calorias necessárias para 1,5 bilhão de pessoas (ETC GROUP, 2009).

Um importante aspecto a ser ressaltado é o meio pelo qual se dá aumento da produtividade das culturas. A seleção genética e desenvolvimento de variedades mais produtivas são, sem dúvidas, as principais causas desse aumento de produtividade e de produção, uma vez que o cenário global se apresenta com

Figura 6: Taxas de crescimento de produtividade dos principais cereais estão diminuindo nos países desenvolvidos

Fonte: WORLD BANK, 2008, p. 67.

⁷¹ United Nations Department of Economics and Social Affairs, Population Division (2013).

⁷² Population Reference Bureau (2013).

fronteiras agrícolas fechadas. Porém, se por um lado o desenvolvimento genético aumenta o potencial produtivo das variedades, este está condicionado, e só é efetivamente alcançado, em função da seleção genética para aumento da resposta à adubação química. O que observamos, desta forma, é que o aumento da produtividade agrícola acompanha um aumento do uso de fertilizantes e agrotóxicos, conforme nos apresenta Tilmann et al. (2002) na Figura 5b.

Ainda com relação à produtividade, um fato que vem alarmando a comunidade científica é a queda da taxa de produtividade. Ou seja, mesmo a produtividade das culturas tendo aumentado ao longo dos anos (Ver Figura 7a), recentemente a taxa com que a mesma aumenta vem caindo (Ver Figura 6), ou seja, apresentam taxas decrescentes de crescimento de produtividade (WORLD BANK, 2008). Nem mesmo a seleção genética vem conseguindo dar respostas práticas a essa limitação de aumento de produtividade⁷³.

Como exemplo, podemos citar que o aumento de potencial genético do trigo aumenta apenas em 1% ao ano (WORLD BANK, 2008, p. 66). A busca por aumento de produtividade é, neste cenário, retomada como uma tentativa da agricultura capitalista de sobreviver em meio à crise do aumento dos preços dos insumos, que reflete uma alta dos preços dos alimentos e busca na biotecnologia um próximo suspiro (BORLAUG, 2000⁷⁴).

Figura 7: Retornos decrescentes de aplicação de fertilizantes implicam que futuras aplicações possam não ser efetivas no aumento da produtividade. a) Produtividade mundial de cereais. b) eficiência do nitrogênio na produção de cereais.

Fonte: Tillman et al. (2002), p. 673.

⁷³ Certamente as condições de aumento de produtividade variam de acordo com o nível tecnológico de cada país ou região (RUTTAN, 2002)

⁷⁴ Versão em português: BORLAUG, N. Acabando com a fome no mundo. A promessa da biotecnologia e a ameaça do fundamentalismo anticiência. **Informações Agrônomicas**, s/d.

Esse aumento, além de incerto (TILMANN et al., 2002), possui limitações, cujas perspectivas não são nada positivas, visto que, segundo Cassman (1999) os principais cereais deveriam atingir 70-80% do seu limite de potencial genético em 30 anos. Associado às taxas decrescentes de aumento de produtividade e à proximidade do potencial genético produtivo, temos uma redução da taxa de eficiência do nitrogênio, um dos insumos mais limitantes à produção agrícola (Figura 7b). Retornos decrescentes de aplicação de fertilizantes (TILMANN et al., 2002) associados à alta dos preços dos insumo agrícola, mostram um cenário desafiador para a agricultura capitalista e para os adeptos da tese da necessidade de aumento da produção de “alimentos” como solução ao combate à fome em resposta ao aumento populacional (BORLAUG, 2000, 2007).

Entretanto, vale a pena questionar o que esse discurso tecnocrático da FAO e dos setores do agronegócio ocultam da realidade, ou seja, o que esse discurso, ao se colocar como hegemônico, altera a noção de realidade e a “constrói” com bases em suas expectativas ideológicas ou setoriais.

Primeiramente, cabe questionar o uso do termo “alimento” quando se fala da agricultura capitalista. Não que ela não produza alimentos, mas o termo acaba sendo indevidamente utilizado, ou utilizado no intuito de se criar uma imagem, ou um discurso, que não apresenta sustentações na realidade. Os próprios dados aqui utilizados para apresentar aumento de produção e de produtividade foram relativos a cereais, muitas vezes exclusivamente o trigo, o arroz e o milho. Cabe ressaltar que, embora importantes para o consumo humano, eles não representam a maior fonte de alimento da população mundial, não contribuindo, na escala em que aparece nos discursos setoriais, para a segurança alimentar e nutricional⁷⁵.

A própria FAO informa que os 1.292.468.000 agricultores no mundo (dos quais 1.246.718.000, 95%, se encontram em países ditos em desenvolvimento) estão representados em 570 milhões de propriedades, das quais 90% são camponesas. Essas 500 milhões de propriedades camponesas ocupam apenas cerca de 25% da área utilizada e produzem 80% dos alimentos (FAO, 2014; GRAIN,

⁷⁵ Não ignoramos importância destes cereais para a alimentação mundial, especialmente para países Africanos, que dependem de sua importação para compensar o deficit produtivo (sobre a África, ver RAKOTOARISOA; IANFRATE; PASCHALI, 2011).

2014)⁷⁶.

Estes números mostram a dimensão da agricultura camponesa e da produção local de alimentos quando comparadas com os números da agricultura capitalista e fragiliza, se não invalida em grande parte, o argumento ideológico que considera a agricultura capitalista como produtora de alimento. Neste cenário, convém questionar o discurso tecnocrático que sustenta a necessidade do aumento de investimento em pesquisa e desenvolvimento e, consequente aumento de produtividade. Desfocando dos reais problemas da agricultura, esse discurso acaba por desviar sua análise dos elementos estruturais das causas da fome e da necessidade de aumento da produção de alimentos e produtividades das culturas, apontando, comumente, para soluções do tipo tecnocrática (CASSMAN, 2002; PIESSE; THIRTLE, 2010; TILMANN et al., 2002; WORLD BANK, 2008).

O segundo aspecto que gostaríamos de ressaltar é a solução para o problema dado. O entendimento dos problemas da agricultura, ou mesmo do mundo rural, como algo desconectado da sociedade e do sistema econômico onde se insere, faz com que as soluções para esses problemas sejam setoriais, reducionistas, incompletas e insuficientes. Entretanto essa não conexão agricultura-sociedade não é algo específico dos que analisam e estudam o mundo rural: é algo estrutural, visceral da nossa sociedade e, portanto, também da ciência moderna. Isso significa dizer que a crise que vivemos atualmente é uma crise civilizatória, e é nesse nível de análise que deve ser buscado o entendimento dos problemas que vivemos atualmente e certamente as possibilidades de sua resolução.

Neste sentido, vimos que a agricultura capitalista, e parte da academia científica comprometida com a mesma, vêm buscando resoluções para o problema de elevação de produtividade. A seleção e melhoramento varietal, direcionada para aumento de produtividade, tamanho e uniformidade da planta e órgão produtivo, acaba estreitando a base genética da população original e, ao promover ciclos contínuos de cruzamento para estabilizar a variedade, leva à homozigose e à perda de caracteres relacionados ao metabolismo secundário (ex. defesa).

⁷⁶ Para uma descrição da metodologia utilizada e dos desafios, debates e contradições dessa análise em nível mundial, ver também Lowder; Skoet; Singhs (2014) e GRAIN, 2014.

Cada vez mais que se aumenta o potencial produtivo da planta, mais se desloca sua energia utilizada em rotas metabólicas de defesa, tamanho de raiz e capacidade de absorção de nutrientes e espessura de parede para o órgão produtivo. Com isso, cada vez menos resistente se torna a planta a doenças antes resistente (POLITO, 2006) e cada vez menos eficiente ela se torna em absorver os nutrientes antes disponíveis no solo. Abaixo (Figura 8) está um exemplo gráfico da perda de resistência natural em função da seleção genética direcionada à produtividade.

Figura 8- Exemplo do efeito do processo de domesticação de teosintes em Milho (*Zea mays*) nas defesas naturais e produção
Fonte: ROSENTHAL; DIRZO. 2016, p. 339.

Entra-se, assim, num ciclo vicioso de buscas por soluções: aumento de adubação química, que por sua vez aumenta a susceptibilidade às pragas devido ao aumento de nutrientes e aminoácidos livres na seiva, que por sua vez demanda mais agrotóxicos⁷⁷ (ver Figura 5. c), que por sua vez gera, com o tempo, resistência nas espécies-alvo.

É esta lógica que, como reflexo da lógica capitalista de relação com a natureza, a agricultura se encontra refém atualmente. Porém, como vimos, essa

⁷⁷ Aumento da venda de agrotóxicos no Brasil de 2001 a 2008 foi de US\$ 2 bilhões para US\$ 7 bilhões, tornando o Brasil o maior consumindo mundial de agrotóxicos (LONDRES, 2011, p. 19)

agricultura não é nem a maioria, nem produz mais alimentos e, sendo assim, por que nos interessa? Interessa, pois mesmo sendo apenas uma pequena parte da agricultura mundial, afetou e afeta constantemente as outras formas de agricultura baseadas em diferentes formas de relação com a terra, de uso e manejo do solo e da biodiversidade.

É evidente a necessidade de se repensar os rumos da agricultura. Diversas críticas à agricultura industrial têm sido feitas (HANSON, 1939; CARSON, 1969; HARPER, 1974; LOUCKS, 1977; ALTIERI, 1983; SOULE; CARRÉ; JACKSON, 1990; RÜEGG et al., 1991; EHLERS, 1999; CALDAS; SOUZA, 2000; GUZMÁN CASADO; GONZÁLEZ DE MOLINA; SEVILLA GUZMÁN, 2000; LONDRES, 2011), e muitos têm sido os caminhos para avançar no sentido rumo a uma agricultura mais sustentável.

Os movimentos críticos à lógica industrial da agricultura moderna (HOWARD⁷⁸, 1940 apud PASCHOAL, 1994; HOWARD, 2012; STEINER, 2000; PASCHOAL, 1994; FUKUOKA, 1995; EHLERS, 1999) também contribuíram para essa reflexão e para a construção de formas alternativas de produção e manejo de fertilidade dos solos. Porém, consideramos que ainda carecem de uma análise mais aprofundada, especialmente no que se refere à lógica capitalista e sua relação com a fertilidade do agroecossistema.

Vale ressaltar que os movimentos que confrontam a agricultura convencional acabam tendo seus resultados e conquistas apropriados pelos mecanismos de mercado ou, muitas vezes reproduzindo, sob novas linguagens, à mesma lógica estrutural da agricultura convencional. Um exemplo que poderíamos citar é o da agricultura orgânica que, com o crescimento do mercado para seus produtos e a criação de um nicho econômico privilegiado, passa a adotar práticas de manejo e de fertilização com uma lógica semelhante à industrial.

Diante desse cenário apresentado, entender a fertilidade do solo hoje demanda uma análise histórica que leve em conta as relações fundantes entre economia capitalista, sociedade e ciência.

⁷⁸ HOWARD, A. **An agricultural testament**. Oxford: Oxford University Press, 1940. 253 p. Versão em português: HOWARD, A. **Um testamento agrícola**. 2ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012. 360p.

5 CONCLUSÃO

Uma análise de livros recente sobre a fertilidade do solo nos dá uma impressão de que esse “tema” é algo novo. A história da fertilidade do solo contida nos que podemos chamar de manuais agrícolas, ou na literatura técnica agrônômica, revela o que se poderia esperar do processo “natural” de especialização da ciência moderna. Observa-se, por um lado, a especialização no aspecto técnico da fertilidade, ou seja, da nutrição mineral, uma ausência crescente do aspecto histórico e, por outro, a redução e simplificação e a até a ausência do aspecto histórico da fertilidade de solo, em especial nos manuais mais recentes (TISDALE; NELSON, 1975; HAVLIN et al., 2005; NOVAIS, 2007).

Entretanto, as fontes aqui analisadas demonstram que, ao contrário, a história da fertilidade do solo é algo complexo e dificilmente pode ser realmente entendido de forma desconectada das transformações da sociedade, em seus diversos períodos históricos, e da dinâmica socioeconômica da história humana.

Isso significou que não buscamos, simplesmente, um estudo das diferenças da mera significação do conceito de fertilidade do solo, através de uma linha do tempo. A busca de um processo “evolutivo” na história não fez parte do escopo deste trabalho. Antes, buscamos a relação entre a agricultura e sociedade e como a fertilidade (manejo e significação) se apresentam e se transformam na sua relação com as mudanças da sociedade. Esse foi o esforço metodológico, proposto e, na medida do possível, exercido neste trabalho. Nele, buscamos descortinamento dos determinantes históricos que moldaram as transformações da agricultura e da dinâmica da fertilidade do solo, buscando inserir nosso objeto no contexto histórico, ou a parte no todo.

O volume de material lido inicialmente e o processo de formação desenvolvido no início do doutorado buscou solidificar um embasamento teórico onde pudesse ser edificaria a pesquisa a ser desenvolvida. Entretanto, temos plena consciência de que, apesar disso ter acontecido, não se deu exatamente dessa forma. A cada avanço no volume de textos lidos reconfigurava-se tanto essa

estrutura teórica quanto se ampliava os caminhos e o horizonte de análise da pesquisa de forma que a pesquisa e a formação intercalaram-se até o fim deste trabalho.

Um exemplo desse processo dialético de pesquisa, formação e reconfiguração de caminhos da pesquisa foi, como já citado⁷⁹, a determinação dos marcos temporais e dos períodos de estudo da fertilidade. Nossas concepções iniciais e nossa formação nos levou a uma definição de marcos e de períodos que se mostraram insuficientes para o estudo da fertilidade. Em outras palavras, criou-se um estranhamento com a perspectiva inicial (e idealizada) do trabalho na medida em que a pesquisa avançou e pode-se, ao introduzir o objeto no seu contexto sócio-histórico, construir “a reprodução ideal do movimento real do objeto” (NETTO, 2011)

Outro aspecto metodológico que gostaríamos de ressaltar é o da indissociável relação entre o objeto e outras áreas de conhecimento. Empenhamo-nos em um esforço intelectual de ultrapassar barreiras dos campos disciplinares, especialmente o da Agronomia, campo de formação do autor, e buscar apoio em diferentes áreas do conhecimento para lograr o objetivo proposto. Esse esforço se deu desde o início do trabalho com o estudo do objeto e com aprofundamento de textos da área de história econômica, economia política, história geral, história da agricultura e química agrícola, entre outras.

Nesse sentido, o estudo do objeto se insere num diverso universo que abarca a história da agricultura, as transformações na estrutura fundiária Inglesa, a história da tecnologia, os avanços da ciência, o desenvolvimento da economia capitalista, entre outros. E além de diverso este universo é amplo e cheio de ramificações teóricas e contradições. Sentimos que o desenvolvimento dessa pesquisa foi desafiador, no sentido de demandar uma rigidez, ou atenção de não perder do foco nosso objeto e ao mesmo tempo de não enrijecer ou restringir a pesquisa. Essa mesma característica que possibilita a ampliação do entendimento do objeto se revela um risco de descaminhos na pesquisa.

Acreditamos que esses desafios sejam próprios de um tipo de pesquisa que podemos chamar de interdisciplinar e, assumindo que tenhamos certa consciência

⁷⁹ Ver item “Procedimentos Metodológicos”

disso desde o início desse trabalho, aceitamos esse desafio e tínhamos consciência que essa dificuldade há de transparecer ao final, nesse trabalho.

Parte da riqueza desse trabalho também, há de não transparecer nesse material. Houve uma riqueza de material lido que não foi possível, por questão de tempo, incorporar nesse trabalho. Cabe um destaque aqui parte do material adquirido durante o período de pesquisa na Universidade de Vermont, que se pudesse ter sido esgotado, traria uma maior riqueza para o presente trabalho. Soma-se ainda a isso o material que não foi possível de ser explorado e que, uma vez catalogado, fica disponível para futuros avanços nessa pesquisa ou em novas.

Aceitando os desafios do trabalho proposto e realizado, temos certeza de que o desenvolvimento deste trabalho foi, por si um processo de formação, que contribuiu não somente para o aprofundamento do estudo da fertilidade, mas ainda mais, para a formação teórica do autor. A necessidade de integrar diversas áreas do conhecimento e o estudo teórico e metodológico de como fazê-lo possibilitou o exercício da depuração e triangulação de informações e de contextualização, ou historicização, de fatos comumente dispersos. E isso não resultou da simples aplicação metódica de um protocolo, mas de um exercício teórico e metodológico.

Um dos aspectos que, tanto pelo tempo disponível quanto pelos caminhos trilhados para o desenvolvimento desse trabalho, mostram-se pouco desenvolvidos, é o estudo estrito do conceito de fertilidade. A “arqueologia” do conceito de fertilidade estava em nosso projeto com um caminho a ser percorrido e que não pudemos avançar por diversas razões.

Por um lado, o processo de formação dessa pesquisa demandou uma carga de leitura de um volume de textos de distintas áreas estranhas ao autor, assim como de processamento coerente dessas informações, o que restringiu o tempo efetivamente gasto com a análise, sistematização e escrita de boa parte do material recolhido e catalogado para o aprofundamento dessa “arqueologia”. Por outro, os caminhos trilhados levaram ao aprofundamento nas transformações da agricultura e seu reflexo no manejo da fertilidade, campo esse que mais se relaciona com a formação do autor.

Nesse trabalho estudamos a agricultura e a fertilidade do solo em diferentes

momentos históricos, ou períodos, analisando como elas, ao mesmo tempo impactaram a vida humana, quanto por outro lado, foram impactadas pelas transformações da sociedade.

A agricultura significou uma linha divisória na história da humanidade, propiciando uma forma de organização social baseada no sedentarismo e na crescente de alteração do meio natural, moldando o ambiente físico para o atendimento de suas necessidades. Espécies sofreram um processo de seleção genética, orientada para características que facilitassem sua colheita, maiores rendimentos, armazenamento, etc. Por outro lado o homem passa a se organizar socialmente de forma distinta, se organizado em aglomerados e alterando o ambiente em seu entorno, cultivando e se tornando cada vez mais dependente do seu próprio trabalho para a sua alimentação. No entorno da agricultura criam-se culturas, rituais nela diferentes sociedades, cada uma em seu espaço geográfico, exprime-se e ao mesmo tempo se reconhece na prática do cultivo da terra.

Na Grécia Antiga, a pólis grega se organiza em uma relação de oposição e dependência com o campo. O campo, o *ager*, onde produzia-se o alimento e a base econômica para o sustento dos homens livres, apresenta-se como a clara oposição entre o pensar e o fazer. A atividade braçal, exercida pelos homens cuja “natureza” para isso são adequados, os escravos, apresenta-se como atividade harmonizante, adequando-se mais ao ambiente natural do que transformado-o.

Neste sentido, o uso do escravo como base da mão de obra marcam a Antiguidade Clássica com o caráter lento do desenvolvimento da técnica, inclusive na agricultura.

A Antiguidade Romana se diferencia da Grega, no caráter expansionista do Império, levando à necessidade de avanço técnico, seja por motivos bélicos, seja por motivos estruturais. Esses avanços, especialmente o uso do ferro, se incorporam na agricultura levando a mudanças técnicas que passam a promover aumento da produtividade do trabalho e da dinâmica da agricultura, especialmente pelo aumento da produção de feno e esterco para adubação dos campos. A sociedade romana, pela sua lógica expansionista, teve que se adaptar a diferentes ambientes, e a expansão do império para o norte-europeu teve consequências fundantes na

consolidação da agricultura que viria a se desenvolver após a queda do Império e posteriormente no período medieval.

Na agricultura feudal, cuja economia voltava-se para dentro da unidade senhorial, ocorrem avanços técnicos que impactam a agricultura, aumentando a oferta de feno e de esterco, e a capacidade de transporte dos mesmos. Há um aumento na produtividade do trabalho no âmbito da ceifagem, do transporte e do preparo do solo.

Entretanto, mesmo alcançando o seu auge produtivo e técnico no século XIII, ainda não se identificam elementos estruturais determinantes no avanço técnico e produtivo.

Após as crises europeias nos séculos XIII e XIV, a entrada no mundo moderno e a reconfiguração institucional dispersa, resultante em boa parte pela conquista normanda, cria um novo ambiente para o desenvolvimento da agricultura.

A partir do século XVI, estrutura-se o chamado capitalismo agrário (WOOD, 1998; 2000; 2001; 2002), resultante de uma conjuntura de acelerado desenvolvimento mercantil e de uma reconfiguração da posse da terra, resultado dos cercamentos dos campos, cria as condições para uma transformação da extração de excedentes extraeconômica para uma exploração econômica direta. Estruturam-se novas relações de produção, mediadas pelo mercado e que, na agricultura, resultam em avanços significativos e amadurecimento dos sistemas trienais.

A nova relação estabelecida entre os proprietários de terras e os arrendatários e a subsunção da agricultura aos imperativos do mercado criou uma nova dinâmica de melhorias na agricultura, fazendo com que ocorressem avanços tanto em termos técnicos quanto em termos agronômicos, mas especialmente uma articulação entre diversos elementos já em amadurecimento desde o século XVI.

Paralelamente, há uma ruptura com cosmovisões antigas, inclusive no âmbito da ciência e o próprio renascimento coloca o homem como centro das atenções e a substituição da relação homem -deus pela homem natureza abre as possibilidade para a retomada dos conhecimento gregos e para avanços científicos que culminariam na Revolução Científica Moderna.

O que pudemos ver, com a análise das transformações da agricultura e da fertilidade no mundo contemporâneo é que justamente nesse período se materializam grandes transformações na sociedade inglesa. O avanço prévio do mundo moderno resultou num acelerado desenvolvimento da integração nacional e do comércio internacional, acelerando a dinâmica econômico e aprofundando o papel da agricultura na economia, especialmente na produção de matérias-primas para a indústria, tanto nos seus primórdios na manufatura, quanto em sua forma mais avançada.

Os avanços da ciência no mundo moderno, não coincidentemente surgem com o avanço mercantilista e expansão do comércio e a ciência se apresenta como uma expressão na nova racionalidade burguesa, que busca a racionalização dos diversos aspectos da vida e sua aplicação prática no processo produtivo (JAPIASSU, 1986; 1991). Nesse sentido, a busca pelo conhecimento da natureza, incorpora os princípios mecanicistas e cartesianos, na busca por leis, e em última instância, domínio da natureza, numa perspectiva cada vez mais reducionista.

No âmbito da agricultura contemporânea, a maior expressão dessa racionalização talvez tenha sido a desconstrução da teoria húmica e o nascimento da nutrição mineral, que resultou na deificação no nutriente em detrimento à estruturação de um sistema de produção complexo em fluxos de nutriente e matéria.

Não estamos com isso dizendo que o sistema agrícola que se estrutura entre 1750 e 1850 na Inglaterra, representado pelo sistema Norfolk tenha sido sustentável. Pelo contrário, só o foi complexo e integrado, com a produção animal e a intensa produção de forragem, pela necessidade histórica de produção e manejo do esterco. Uma vez avançada a química agrícola e no entendimento da nutrição mineral, os primórdios da Teoria Mineralista destitui o húmus do seu papel histórico e, mais ainda, o destitui de qualquer importância na dinâmica da fertilidade. Por mais que posteriores avanços tenham provado o papel da matéria orgânica e do húmus na dinâmica da microbiologia do solo e da disponibilização de nutrientes para as plantas, a parcialização do conhecimento já se se tornara característica constitutiva da ciência moderna.

Diversos críticos à perspectiva capitalista da agricultura, no que toca à lógica

produtivista e mineralista, manifestaram-se desde o fim do chamado Período Húmico e princípios do Período Mineralista. Desde então, enfatiza-se a importância da matéria orgânica do solo (MOS), da ciclagem de nutrientes, dos elementos vivos do solo e da manutenção e manejo da fertilidade do solo em contraposição à visão do solo como substrato físico estéril e recipiente de adubos a serem artificialmente adicionados de acordo com a necessidade das culturas.

Parte dessas críticas veio do movimento ambientalista e foi incorporado a um movimento que podemos chamar de agricultura ecológica, em suas diferentes manifestações, princípios e crenças. De uma forma geral, todas propõem a não utilização de agrotóxicos e um manejo mais respeitoso dos diversos aspectos da vida do ambiente agrícola.

Outra crítica vem sendo inspirada pelo resgate de princípios e de práticas que vêm sendo utilizadas por agricultores e camponeses a centenas de anos. Práticas essas que se mostram sustentáveis e são resultados do processo de coevolução entre homem e seu ambiente local/natural, do conhecimento tradicional e empírico. A base desses conhecimentos é o entendimento (às suas formas específicas) e respeito aos ciclos e elementos da natureza. No que nos toca, as diferentes cosmovisões, sejam por aspectos práticos ou por intermédio de pressupostos religiosos e míticos, estabeleceram e mantiveram formas saudáveis, sustentáveis de relação com seus agroecossistemas, uma agricultura mais permanente, mais sustentável. Foram diversas as culturas que possibilitaram uma convivência mais harmônica com a natureza como o próprio Liebig ressaltou em sua crítica à “crescente exaustão do solo, o Raubbau, resultante dos gananciosos métodos capitalistas de exploração que visam os maiores lucros no menor tempo”. (MANDEL, 1968, p. 295 apud FOSTER, 2012, p. 90).

Mais atualmente, a Agroecologia (ALTIERI, 1983; 1987; 2002; GUZMÁN CASADO; GONZÁLEZ DE MOLINA; SEVILLA GUZMÁN, 2000) vem sendo uma fonte importante de estudo dos conhecimentos tradicionais camponeses e indígenas (SCATENA, et al., 1996), ressaltando a não onipresença de relações capitalistas no mundo e as possibilidades de recuperação e promoção de práticas que busquem um equilíbrio entre o metabolismo social e natural com protagonismo dos próprios

agricultores.

Em alguns aspectos, o que se vê no resgate de tais conhecimentos, eles possuem relação com os que perderam ou foram desqualificados durante a transição para o mundo moderno e o desenvolvimento da ciência moderna, da química agrícola e a revolução industrial. Esses conhecimentos já existiam na Europa Feudal e foram construídos pela coevolução do homem com seus ambientes em diversas partes da Europa na Idade Média, como formas de adaptação do homem aos limites da natureza em sua busca pela produção e sobrevivência

Atualmente, a própria Ciência Agrônoma, na busca da resolução dos problemas derivados da agricultura intensiva capitalista, busca respostas no sentido de uma maior integração dos conhecimentos antes compartimentados pela ciência moderna. São resoluções no sentido de uma integração, que têm como base um embasamento epistemológico por si mesmo reducionista. São tentativas de respostas parciais que, mesmo sem saber, buscam ir de encontro aos seus fundamentos epistemológicos.

Porém, acreditamos que a busca de soluções para os (des)caminhos da agricultura moderna deve passar, necessariamente pela crítica de seus pressupostos, tanto científicos quanto econômicos. Nesse sentido, a história e as ciências sociais cumprem um papel fundamental, ao possibilitar sua historicização e, consequente, inserção no processo histórico.

REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. A. The question of small development: who teaches whom? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 9, p. 401-405, 1983.
- ALTIERI, M. A. The significance of diversity in the maintenance of the sustainability of traditional agroecosystems. **Ileia Newsletter**, Leusden, v. 3, n. 2, p. 3-7. 1987.
- ALTIERI, M. A. (Ed.). Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. **Guaíba: AS-PTA / Agropecuária**, v. 592, 2002.
- ANDERSEN, T. B.; JENSEN, P. S.; SKOVSGAARD, C. V. The heavy plow and the agricultural revolution in Medieval Europe. **Journal of Development Economics**, North-Holland, v. 118, p. 133–149, jan. 2016.
- ANDERSON, P. **Passagens da Antiguidade ao feudalismo**. 3.ed. São Paulo: Brasiliense, 1991.
- ANDERY, M. A. et al. O mundo tem uma racionalidade, o homem pode descobri-la. In: ANDERY, M. A. et al.. **Para compreender a ciência uma perspectiva histórica**. 6. ed. São Paulo; Rio de Janeiro: Espaço e Tempo: São Paulo: EDUC, 1996. p. 33-56.
- ANDERY, M. A. et al. **Para compreender a ciência uma perspectiva histórica**. 6. ed. São Paulo; Rio de Janeiro: Espaço e Tempo: São Paulo: EDUC, 1996.
- ANGLICUS, B. **Medieval lore**: an epitome of the science, geography, animal and plant folk-lore and myth of the middle age: being classified gleanings from the encyclopedia of Bartholomew Anglicus on the properties of things. [s.l.] London: E. Stock, 1893.
- AQUINO, R. S. L. de et al. **História das sociedades**: das sociedades modernas às sociedades atuais. 26. ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1993. 424 p.
- ARISTÓTELES. **On the parts of animals**. Tradução William Ogle. London: K. Paul, French & co., 1882.
- ARISTÓTELES. **Política**. Brasília: UnB, 1992.
- BAKHTIN, M. **Marxismo e filosofia da linguagem**: problemas fundamentais do método sociológico na ciência da linguagem. Tradução de M. Lahud e Y. F. Vieira. 13. ed. São Paulo: Hucitec, 2009. 203 p.

- BARKER, G. **The agricultural revolution in prehistory : why did foragers become farmers?** New York: Oxford University Press, 2006.
- BORLAUG, N. Acabando com a fome no mundo. A promessa da biotecnologia e a ameaça do fundamentalismo anticiência. **Informações Agronômicas**, s/d.
- BORLAUG, N. Ending World Hunger. The Promise of Biotechnology and the Threat of Antiscience Zealotry. **Plant Physiol.** Vol. 12, p. 487–490, Oct. 2000.
- BORLAUG, N. Feeding a Hungry World. **Science**, v. 318 n. 5849, p. 359. 19 oct. 2007. DOI:10.1126/science.1151062
- BORNHEIM, G. Introdução. In: BORNHEIM, G. **Os filósofos pré-socráticos**. São Paulo: Cultrix, 1995. p. 7-16.
- BRADFIELD, R. Liebig and the chemistry of the soil. In: MOULTON, F. R. (Ed.). **Liebig and After Liebig: A Century of Progress in Agricultural Chemistry**. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, 1942, p. 48-55.
- BREVIK, E. C.; HARTEMINK, A. E. Early soil knowledge and the birth and development of soil science. **CATENA**, v. 83, n. 1, p. 23–33, 2010.
- BROCK, W. H. **Justus von Liebig : the chemical gatekeeper**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- BROWNE, C. A. Justus von Liebig; man and teacher. In: MOULTON, F. R. (Ed.). **A source book of agricultural chemistry**. Waltham, Mass.: The Chronica Botanica Co., 1944. p. 1–9.
- BROWNE, C. A. Justus von Liebig: man and teacher. In: MOULTON, F. R. (Ed.). **Liebig and After Liebig: A Century of Progress in Agricultural Chemistry**. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, 1942, p. 1-10.
- BURKETT, P. **Marx and nature : a red and green perspective**. New York: St. Martin's Press, 1999.
- BURKETT, P. Marx and Nature. **New Politics (New Series)**, v. 8, n. 3, p. 153–161, 2001.
- CALDAS E. D.; SOUZA, L.C.K.R. Avaliação de risco crônico da ingestão de resíduos de pesticidas na dieta brasileira. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, n. 5, out. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 21 ago. 2003.

- CAMPBELL, B. M. S. Arable Productivity in Medieval England: Some Evidence from Norfolk. **The Journal of Economic History**, v. 43, n. 2, p. 379–404, 1983a.
- CAMPBELL, B. M. S. Agricultural Progress in Medieval England: Some Evidence from Eastern Norfolk. **The Economic History Review**, v. 36, n. 1, p. 26–46, 1983b.
- CAMPBELL, B. M. S. The diffusion of vetches in medieval England. **The Economic History Review**, v. 41, n. 2, p. 193–208, 1988a.
- CAMPBELL, B. M. S. Towards an Agricultural Geography of Medieval England. **The Agricultural History Review**, v. 36, n. 1, p. 87–98, 1988b.
- CAMPBELL, B. M. S. **English Seigniorial Agriculture, 1250-1450**. [s.l.] Cambridge University Press, 2006.
- CAMPBELL, B. M. S. **Field systems and farming systems in late medieval england**. Farnham, England; Burlington, VT: Ashgate/Variorum, 2008.
- CAMPBELL, B. M. S.; GODOY, R. A. Harvard Institute for International Development. **Commonfield agriculture: the andes and medieval england compared**. Cambridge, MA: Harvard Institute for International Development, Harvard University, 1986.
- CAMPBELL, B. M. S.; OVERTON, M. A New Perspective on Medieval and Early Modern Agriculture: Six Centuries of Norfolk Farming c.1250-c.1850. **Past & Present**, n. 141, p. 38–105, 1993.
- CAMPBELL, B. M. S.; OVERTON, M. Production et productivité dans l'agriculture anglais, 1086-1871. In: Histoire & Mesure, Helsinki, Finland,. **Anais...** Helsinki, Finland,: 2006.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia e extensão rural: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável**. Brasília: MDA / SAF / DATER / IICA, 2004a. 166 p.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia: alguns conceitos e princípios**. Brasília: MDA / SAF / DATER / IICA, 2004b. 24 p.
- CARMO, M. S. do. A produção familiar como locus ideal da agricultura sustentável. In: FERREIRA, A. D. D.; BRANDENBURG, A. (Org.). **Para pensar outra agricultura**. Curitiba: Editora UFPR, 1998. p. 215-238. (Pesquisa, 40).

- CARSON, R. **Primavera silenciosa**. Tradução de Raul de Polillo. 2. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1969. 305 p.
- CASSMAN, K. G. Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, quality, and precision agriculture. **Proc. Natl Acad. Sci. USA** n. 96, p. 5952–5959, 1999.
- CASSMAN, K. G. Productivity Growth in World Agriculture: Sources and Constraints. **Journal of Economic Perspectives**, v. 16, n. 4, p. 161-184, Fall 2002.
- CHAMBERS, J. D.; MINGAY, G. E. **The agricultural revolution, 1750-1880**. London: Batsford, 1966.
- CHAUÍ, M. **Convite à filosofia**. 13. ed. São Paulo: Ática, 2009. 424 p.
- CHORLEY, G. P. H. The Agricultural Revolution in Northern Europe, 1750-1880: Nitrogen, Legumes, and Crop Productivity. **The Economic History Review**, v. 34, n. 1, p. 71–93, 1981.
- CLARK, G. The Economics of Exhaustion, the Postan Thesis, and the Agricultural Revolution. **The Journal of Economic History**, v. 52, n. 1, p. 61–84, 1992.
- COOTER, W. S. Ecological Dimensions of Medieval Agrarian Systems. **Agricultural History**, v. 52, n. 4, p. 458–477, 1978.
- CORDELL, D.; DRANGERT, J.-O.; WHITE, S. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. **Global Environmental Change**, Traditional Peoples and Climate Change. v. 19, n. 2, p. 292–305, 1 maio 2009.
- DESCARTES, R. **Discurso do método**. Tradução de M. E. Galvão. São Paulo: Martins Fontes, 2001. 102 p.
- DIAMOND, J. The Worst Mistake in the History of the Human Race. **Discover Magazine**, p. 64–66, May, 1987.
- DIAMOND, J. **Armas germes e aço**. O destino das sociedades humanas. 3. ed. Rio de Janeiro: Record, 2002.
- DORVING, F. Eighteenth-century changes in European agriculture: a comment. **Agricultural History**, v. 43, p. 181-187, 1969.
- ECO, U. **Como se Faz uma Tese em Ciências Humanas**. Tradução de A. F. Bastos; L. Leitão. 13. ed. Barcarena-PT: Presença, 2007.
- EHLERS, E. **Agricultura sustentável**: origens e perspectivas de um novo paradigma. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 1999. 157 p.

- ETC GROUP. **Who will feed us?** Questions for the Food and Agriculture Crises. ETC Group. 2009. Disponível em: <<http://www.etcgroup.org/content/who-will-feed-us>>. Acesso em: 10 mar. 2015.
- FAO; IFAD; WFP. **The State of Food Insecurity in the World.** Strengthening the enabling environment for food security and nutrition. Rome: FAO, 2014.
- FAOSTAT. **World cereal production (1961-2013).** Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/>>. Acesso em: 18 mar. 2015.
- FELLER, C. L.; THURIÈS, L. J.-M.; MANLAY, R. J.; ROBIN, P.; FROSSARD, E. "The Principles of Rational Agriculture" by Albrecht Daniel Thaer (1752–1828). An Approach to the Sustainability of Cropping Systems at the Beginning of the 19th Century. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 166, n. 6, p. 687–698, 2003.
- FELLER, C.; BLANCHART, E.; BERNOUX, M.; LAL, R.; MANLAY, R. Soil Fertility Concepts over the Past Two Centuries: The Importance Attributed to Soil Organic Matter in Developed and Developing Countries. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 58, n. sup1, p. S3–S21, out. 2012.
- FELLER, C.; MANLAY, R.; SWIFT, M. J.; BERNOUX, M. Functions, services and value of soil organic matter for human societies and the environment : a historical perspective. In: FROSSARD, E.; BLUM, W. E. H.; WARKENTIN, B. P. (Ed.). **Function of Soils for Human Societies and the Environment.** London: Geological Society, 2006. p. 9–22.
- FERNANDES, F. **Fundamentos empíricos da explicação sociológica.** 2. ed. São Paulo: Nacional, 1972.
- FOSTER, J. B. A ecologia da economia política marxista. **Lutas Sociais**, v. 0, n. 28, p. 87–104, 2012.
- FOSTER, J. B. **A ecologia de Marx:** materialismo e natureza. Tradução de M. T. Machado. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005.
- FOSTER, J. B. Marx and the Rift in the Universal Metabolism of Nature. **Monthly Review**, v. 65, n. 7, p. 1–19, 1 dez. 2013.

- FOSTER, J. B. Marx's Theory of Metabolic Rift: Classical Foundations for Environmental Sociology. **American Journal of Sociology**. v.105, n.2, p. 366-405, Sept. 1999a. Acesso em: 08 abr. 2015. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/10.1086/210315>.
- FOSTER, J. B. Robbing the earth of its capital stock. **Organization & Environment**. v.12, n. 3, Sep. 1999b. p. 293 – 297.
- FOSTER, J. B.; MAGDOFF, F. H. Liebig, Marx and the Depletion of Soil Fertility: Relevance for Today's Agriculture. In: FOSTER, J. B.; MAGDOFF, F. H.; BUTTEL, F. H. (Eds.). **Hungry for profit: the agribusiness threat to farmers, food, and the environment**. New York: Monthly Review Press, 2000. p. 43–60.
- FOSTER, J. B.; MAGDOFF, F. Liebig, Marx and the Depletion of Soil Fertility: Relevance for Today's Agriculture. **Monthly Review** v. 50, n. 3, p. 32-45, Jul.-Aug. 1998.
- FOSTER, J. B.; MAGDOFF, F.; BUTTEL, F. H. (Eds.). **Hungry for profit: The Agribusiness Threat to Farmers, Food, and the Environment**. New York: Monthly Review, 2000.
- FOX, H. S. A. Social Relations and Ecological Relationships in Agrarian Change: An Example from Medieval and Early Modern England. **Geografiska Annaler. Series B, Human Geography**, v. 70, n. 1, p. 105–115, [s.d.]
- FOX, H. S. A. The Alleged Transformation from Two-field to Three-field Systems in Medieval England. **Economic History Review**, v. 39, n. 4, p. 526–548, [s.d.]
- FROSSARD, E.; BLUM, W. E. H.; WARKENTIN, B. P. **Function of soils for human societies and the environment**. London: Geological Society of London, 2006.
- FUKUOKA, M. **Agricultura natural: teoria e prática da filosofia verde**. São Paulo: Nobel, 1995. 300 p.
- GENETIC RESOURCES ACTION INTERNATIONAL (GRAIN). **Hunger for land: Small farmers feed the world with less than a quarter of all farmland**. Report, May 2014.
- GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.
- GLICK, T. F. Agriculture. In: GLICK, T. F. **Medieval Science, Technology, and Medicine: An Encyclopedia**. New York; London: Routledge; Taylor and Francis, 2014a. p. 6-9.

- GLICK, T. F. Agronomy. In: GLICK, T. F. **Medieval Science, Technology, and Medicine: An Encyclopedia**. New York; London: Routledge; Taylor and Francis, 2014b. p. 10-13.
- GLICK, T. F. Instruments, Agricultural. In: GLICK, T. F. **Medieval Science, Technology, and Medicine: An Encyclopedia**. New York; London: Routledge; Taylor and Francis, 2014c. p. 269-271.
- GOLDMAN, L. O todo e as partes. In: GOLDMAN, L. **Dialética e cultura**. Tradução de L. F. Cardoso e C. N. Coutinho. 2. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.
- GREENE, K. Technological Innovation and Economic Progress in the Ancient World: M. I. Finley Re-Considered. **The Economic History Review**, v. 53, n. 1, p. 29–59, 2000.
- GREENE, K. **The Archaeology of the Roman Economy**. Berkeley; Los Angeles: University of California Press, 1986.
- GREENE, K. V. Gordon Childe and the vocabulary of revolutionary change. **Antiquity**, v. 73, n. 279, p. 97–109, 1999.
- GRIFFITHS, E.; OVERTON, M., A2-PY-2009. **Farming to halves** : the hidden history of sharefarming in england from medieval to modern times. Basingstoke: Palgrave Macmillan, [s.d.]
- GUZMÁN CASADO, G.; GONZÁLES DE MOLINA, M.; SEVILLA GUZMÁN, E. **Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible**. Madrid: Mundi-Prensa, 2000. 535 p.
- HANSON, H. C. Ecology in Agriculture. **Ecology**, Brooklin, v. 20, n. 2, p. 111-117, Apr. 1939. Disponível em: <<http://www.jstor.org>>. Acesso em: 29 nov. 2004.
- HARPER, J. L. Agricultural ecosystems. **Agro-Ecosystems**, Amsterdam, v. 1, n. 1, p. 1-6, Jan. 1974.
- HAVLIN, J. et al. (EDS.). **Soil fertility and fertilizers** : an introduction to nutrient management. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall, 2005.
- HERSHEY, D. R. Digging Deeper into Helmont's Famous Willow Tree Experiment. **The American Biology Teacher**, v. 53, n. 8, p. 458–460, 1991.
- HERSHEY, D. R. Misconceptions about Helmont's Willow Experiment. **Plant Science Bulletin**, v. 49, p. 78–84., 2003.

- HILL, J. F. Foreword. In: SAUSSURE, T. DE (Ed.). **Chemical Research on Plant Growth: A translation of Théodore de Saussure's Recherches chimiques sur la Végétation**. Tradução Jane F. Hill. New York: Springer-Verlag, 2013. p. VII–VIII.
- HOBBSAWM, E. J. 1917-2012. **A era das revoluções 1789-1848**. São Paulo: São Paulo Paz e Terra, 2010.
- HOWARD, A. **The soil and health: a study of organic agriculture**. Lexington: University Press of Kentucky, 1947.
- HOWARD, A. **Um testamento agrícola**. 2 ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012. 360p.
- HUBERMAN, L. **História da riqueza do homem**. 6. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1971. 318 p.
- HUGHES, J. D. Agricultural decline. In: **Environmental problems of the Greeks and Romans : ecology in the ancient Mediterranean**. 2. ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2014a. p. 110–291.
- HUGHES, J. D. Environmental problems as factor in the decline of Greek and Roman civilization. In: **Environmental problems of the Greeks and Romans : ecology in the ancient mediterranean**. 2. ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2014b. p. 224–235.
- HUGHES, J. D. **Environmental problems of the greeks and romans: ecology in the ancient mediterranean**. 2. ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2014c.
- IAMAMOTO, A. T. V. **Agroecologia e desenvolvimento rural**. 2006. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-09032006-140931/>>. Acesso em: 23 set. 2012.
- IDRISI, Z. **The Muslim Agricultural Revolution and its influence on Europe**. Manchester, UK: The Foundation for Science, Technology and Civilization, 2005.
- ISAGER, S.; SKYDSGAARD, J. E. **Ancient Greek agriculture : an introduction**. London: Routledge, 1992.

- JAPIASSU, H. A ciência e a revolução industrial. IN: **As paixões da ciência**. São Paulo: Letras & Letras, 1991.
- JAPIASSU, H. **Revolução científica moderna**. Rio de Janeiro: Imago; 1986.
- JAPIASSU, H. **O mito da neutralidade científica**. Rio de Janeiro: Imago Editora, 1975, p. 116.
- JOHARI, B. M.; BHATTACHARYA, B. **History of biological science**. New Delhi: Allied Publishers, 2006.
- JONES, M. K. Agricultural productivity in the pre-documentary past. In: CAMPBELL, B. M. S.; OVERTON, M. (ed.). **Land, labour, and livestock** : historical studies in european agricultural productivity. Manchester: Manchester University Press, 1991. p. 78-94.
- KAUTSKY, K. **A questão agrária**. 3. ed. São Paulo: Proposta Editorial, 1980. 362 p.
- KAY, P. Investment farming and agricultural exploitation. In: **Rome's economic revolution**. First edition. ed. New York: Oxford University Press, 2014. p. 131–188.
- KOYRÉ, A. **Galileu e Platão**: Do mundo do “mais ou menos” ao universo da precisão. Tradução de M. T. B. Curado. Lisboa: Gradiva, [198-]. (Panfletos Gradiva 6)
- KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. San Diego, California: Academic Press, 1995.
- KUHN, T. S. **Estrutura das revoluções científicas**. Trad. B. V. Boeira; N. Boeira. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 1998.
- LANDMEYER, J. E. Historical Foundation of Plant and Groundwater interaction. In: LANDMEYER, J. E. **Introduction to Phytoremediation of Contaminated Groundwater**: Historical Foundation, Hydrologic Control, and Contaminant Remediation. [s.l.] Springer Science & Business Media, 2011.
- LANGDON, J. **Horses, Oxen and Technological Innovation: The Use of Draught Animals in English Farming from 1066-1500**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- LETTSON, J. C. **An account of the culture and use of the mangel wurzel, or root of scarcity**. [s.l.] Charles Dilly; and J. Phillips, 1788.

- LIEBIG, J. Von. **Chemistry in its application to agriculture and physiology**. London: Walton and Maberly, 1847.
- LIEBIG, J. Von. Introduction. In: **Natural Laws of Agriculture (Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie, v.1)**. Tradução M. Gilbert. London: Unpublished, 1962.
- LIEBIG, J. Von. **Letters on modern agriculture**. London: Walton and Maberly, 1859.
- LIEBIG, J. Von. **On Some Points In Agricultural Chemistry**. London, 1856.
- LONDRES, F. **Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida**. Rio de Janeiro, AS-PTA, 2011. 190 p.
- LOUCKS, O. L. Emergence of research on agro-ecosystems. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 8, p. 173-192, 1977.
- LOWDER, S.K.; SKOET, J.; SINGHS, S. **What do we really know about the number and distribution of farms and family farms worldwide?** Background paper for The State of Food and Agriculture 2014. ESA Working Paper No. 14-02. Rome: FAO, 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/019/i3729e/i3729e.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2015.
- LÖWY, M. **As aventuras de Karl Marx contra o Barão de Münchhausen: marxismo e positivismo na sociologia do conhecimento**. 7. ed. São Paulo: Cortez, 2000. 220 p.
- LUKÁCS, G. O que é marxismo ortodoxo? In: LÖWY, M. **História e consciência de classe: estudos sobre a dialética marxista**. São Paulo: Martins Fontes, 2003. p. 63-104.
- LUNDQVIST, F.; DE FRAITURE, C.; MOLDEN, D. **Saving Water: From Field to Fork: Curbing Losses and Wastage in the Food Chain**. SIWI Policy Brief. SIWI, 2008. Disponível em: <http://www.siw.org/documents/Resources/Policy_Briefs/PB_From_Filed_to_Fork_2008.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2015.
- MAAR, J. H. Justus Von Liebig, 1803-1873. Parte 1: vida, personalidade, pensamento. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 29, n. 5, p. 1129-1137, out. 2006. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422006000500039&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 18 jun. 2012.

- MAGIELS, G. **From Sunlight to Insight: Jan IngenHousz, the Discovery of Photosynthesis & Science in the Light of Ecology**. [s.l.] Asp / Vubpress / Upa, 2010.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.
- MALAVOLTA, E. O Futuro da Nutrição de Plantas Tendo em Vista Aspectos Agronômicos, Econômicos e Ambientais. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 121, 2008.
- MARGARITIS, E.; JONES, M. K. Greek and Roman Agriculture. In: **Oxford handbook of engineering and technology in the Classical world**. Oxford: Oxford University Press, 2008. p. 158–174.
- MARTIN, D.; THOMPSON, A.; STEWART, I.; GILBERT, E.; HOPE, K.; KAWAI, G.; GRIFFITHS, A. A paradigm of fragile Earth in Priestley's bell jar. **Extreme Physiology & Medicine**, v. 1, p. 4, 4 set. 2012.
- MARTINS, J. S. **Sobre o modo capitalista de pensar**. 3. ed. São Paulo: Hucitec, 1982. 82 p.
- MARX, K. **Contribuição à crítica da economia política**. 2. ed. Tradução de F. Fernandes. São Paulo: Expressão Popular, 2008. 288 p.
- MARX, K. **O capital: crítica da economia política**. 22 ed. Tradução de R. Sant'Anna. São Paulo: Civilização Brasileira, 2002. v. Livro I, volume 1. 966 p.
- MARX, K. **O Capital: crítica da economia política**. 22.ed. Tradução de R. Sant'Anna. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2002.
- MARX, K. **O capital: crítica da economia política. Volume III, tomo 2**. São Paulo: Abril Cultural, 1984.
- MARX, K. **Para a crítica da economia política**. Tradução de E. Malagodi et al. São Paulo: Abril Cultural, 1982. (Os economistas)
- MARX, K.; ENGELS, F. **A ideologia alemã**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
- MATHEW, W. M. Peru and the British Guano Market, 1840-1870. **The Economic History Review**, v. 23, n. 1, p. 112–128, 1970.
- MAZOYER, M. Evolution et différentiation des systèmes agricoles d'exploitation de la nature. **Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée**, v. 24, n. 2, p. 267–275, 1977.

- MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas do mundo: do neolítico à crise contemporânea**. Lisboa: Instituto Piaget, 2010. 520 p.
- MCCOSH, F. W. J. **Boussingault: Chemist and Agriculturist**. [s.l.] Springer Science & Business Media, 1984.
- MIKKELSEN, R. L.; BRUULSEMA, T. W. Fertilizer use for horticultural crops in the U.S. during the 20th century. **Fertilizer use for horticultural crops in the U.S. during the 20th century**, v. 15, n. 1, p. 24–30, 2005.
- MOREIRA, R. J. Críticas ambientalistas à revolução verde. In: **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, n. 15, p. 39-52, out. 2000.
- NETTO, J. P. Capitalismo e barbárie contemporânea. **Argumentum**, Vitória (ES), v. 4, n.1, p. 202-222, jan./jun. 2012.
- NETTO, J. P. **Introdução ao estudo do método de Marx**. São Paulo: Expressão Popular, 2011.
- NEWMAN, E. I.; HARVEY, P. D. A. Did Soil Fertility Decline in Medieval English Farms? Evidence from Cuxham, Oxfordshire, 1320-1340. **The Agricultural History Review**, v. 45, n. 2, p. 119–136, 1997.
- NOUVEL, P. **Filosofia das Ciências**. Tradução de V. C Sigrist e R. E. Scachetti. Campinas: Papipurs, 2013. 240 p.
- NOVAIS, R. F. DE et al. (EDS.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.
- O'BRIEN, P. K. Agriculture and the Industrial Revolution. **The Economic History Review**, v. 30, n. 1, Feb., 1977. DOI: 10.2307/2595506 Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/2595506>
- O'DONNELL, R. Explaining enclosure and improvement. In: O'DONNELL (Ed.). **Assembling Enclosure: Transformations in the Rural Landscape of Post-Medieval North-East England**. [s.l.] Univ of Hertfordshire Press, 2015. p. 1–20.
- ODUM, E. P. **Fundamentos de ecologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 6. ed. 2001.
- OVERTON, M. **Agricultural Revolution in England 1500 – 1850**. 2011. Disponível em: http://www.bbc.co.uk/history/british/empire_seapower/agricultural_revolution_01.shtml. Acesso em: 5 jun. 2017.

- OVERTON, M. **Agricultural revolution in England**: the transformation of the agrarian economy 1500-1850. Cambridge, England: Cambridge University Press, 1996a.
- OVERTON, M. Agricultural Revolution? England, 1540–1850. In: **New directions in economic and social history**. Chicago: Lyceum Books, 1989a. p. 9–21.
- OVERTON, M. Agronomy and Agricultural History in England. In: ROBIN, P.; AESCHLIMANN, J. P.; FELLER, C. (Ed.). **Histoire et agronomie**: Entre ruptures et durée. Montpellier: IRD Éditions, 2007. p. 247–258.
- OVERTON, M. **Farming to halves**: the hidden history of sharefarming in english from medieval to modern times. New York / Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2009.
- OVERTON, M. Re-Establishing the English Agricultural Revolution. **The Agricultural History Review**, v. 44, n. 1, p. 1–20, 1996b.
- OVERTON, M. The Diffusion of Agricultural Innovations in Early Modern England: Turnips and Clover in Norfolk and Suffolk, 1580-1740. **Transactions of the Institute of British Geographers**, v. 10, n. 2, p. 205–221, 1985.
- OVERTON, M. Weather and Agricultural Change in England, 1660-1739. **Agricultural History**, v. 63, n. 2, p. 77–88, 1989b.
- OVERTON, M.; CAMPBELL, B. M. S. Norfolk livestock farming 1250–1740: a comparative study of manorial accounts and probate inventories. **Journal of Historical Geography**, v. 18, n. 4, p. 377–396, 1992.
- OVERTON, M.; CAMPBELL, B. M. S. Productivity change in European agricultural development. In: CAMPBELL, B. M. S.; OVERTON, M. (Ed.). **Land, labour, and livestock : historical studies in European agricultural productivity**. Manchester: Manchester University Press, 1991.
- PASCHOAL, A. D. **Produção orgânica de alimentos**: agricultura sustentável para os séculos XX e XXI. Piracicaba: Paschoal, 1994. 191 p.
- PATRIQUIN, L. The agrarian origins of the industrial revolution in England. (Author Abstract). **Review of Radical Political Economics**, v. 36, n. 2, p. 196, [s.d.].
- PIESSE, J.; THIRTLE, C. Agricultural R&D, technology and productivity. **Phil. Trans. The Royal Society B**. n. 365, p. 3035-3047, aug. 2010. Disponível em:

- <<http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/365/1554/3035>>. Acesso em: 22 maio 2015. DOI: 10.1098/rstb.2010.0140.
- PIRES, J. de S.; RAMOS, P. O Termo Modernização Conservadora: sua origem e utilização no Brasil. **REN - Revista Econômica do Nordeste**. v. 40, nº 3, p. 411-424, jul-set. 2009.
- PLOEG, R. R. van der; BOHM, W.; KIRKHAM, M. B. On the origin of the theory of mineral nutrition of plants and the law of the minimum. **Soil Science Society of America Journal**, v. 63, p. 1055–1062, 1999.
- PLOEG, R. R. van der; SCHWEIGERT, P.; BACHMANN, J. Use and misuse of nitrogen in agriculture: the German story. **The Scientific World Journal**, v. 1 Suppl 2, p. 737, 2001.
- POLITO, W. The Trofobiose Theory and organic agriculture: the active mobilization of nutrients and the use of rock powder as a tool for sustainability. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 78(4), 2006, p. 765-779.
- POPULATION REFERENCE BUREAU. **2013 Population data sheet**. Washington D.C., 2013. Disponível em: <http://www.prb.org/pdf13/2013-population-data-sheet_eng.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2015.
- R. S. F. Statistics of Guano. **Journal of the American Geographical and Statistical Society**, vol. 1, no. 6, 1859, p. 181-189.
- RADKAU, J. **Wood: a history**. Tradução de P. Camiller. Cambridge ; Malden, MA: Polity Press, 2012.
- RADKAU, J. **Wood: a history**. Tradução Patrick Camiller. Cambridge ; Malden, MA: Polity Press, 2012.
- RAKOTOARISOA, M. A.; IANFRATE, M.; PASCHALI, M. **Why has Africa become a net food importer?** Explaining Africa agricultural and food trade deficits. Rome: FAO, 2011.
- REDFORD, D. B. (ed.). **The Oxford encyclopedia of ancient Egypt**. New York: Oxford University Press, 2001. v. 1.
- ROBINSON, S. **Guano: a treatise of practical information for farmers**. New York, 1853.
- ROMEIRO, A. R. **Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura**. São Paulo: Annablume / FAPESP, 1998. 277 p.

- ROMEIRO, A. Revolução Industrial e mudança tecnológica na agricultura européia. **Revista de História**, n. 123–124, p. 5–33, 1991.
- ROSENTHAL, J. P.; DIRZO, R. Effects of Life History, Domestication and Agronomic Selection on Plant Defence against Insects: Evidence from Maizes and Wild Relatives. **Evolutionary Ecology**, v. 11, n. 3, p. 337–355, 2016.
- ROSSET, P. **Lessons From the Green Revolution**. Food First: Institute for Food and Development Policy. 08 Apr. 2000. Disponível em: <<http://www.soc.iastate.edu/sapp/greenrevolution.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2015.
- RÜEGG, E. F. et al. **Impacto dos agrotóxicos sobre o meio ambiente, a saúde e a sociedade**. São Paulo: Ícone, 1991. 94 p.
- RUTTAN, V. W. Productivity Growth in World Agriculture: Sources and Constraints. **Journal of Economic Perspectives**, v. 16, n. 4, p. 161-184, Fall 2002.
- SAITO, K. The Emergence of Marx's Critique of Modern Agriculture: Ecological Insights from His Excerpt Notebooks. **Monthly Review**, v. 66, n. 5, p. 25–46, 2014.
- SAITO, K. Marx's Ecological Notebooks. **Monthly Review**, v. 67, n. 9, p. 25–42, 2016.
- SANTOS, B. de S (Org.) **Conhecimento Prudente para uma vida decente**: 'Um discurso sobre as Ciências' revisitado. São Paulo: Cortez, 2004. p. 777-821
- SANTOS, B. de S. **Crítica da razão indolente**: contra o desperdício da experiência. São Paulo: Cortez, 2001. 415 p.
- SCATENA, F. N.; WALKER, R. T.; HOMMA, A. K. O.; DE CONTO, A. J.; FERREIRA, C. A. P.; DE AMORIM CARVALHO, R.; DA ROCHA, A. C. P. N.; DOS SANTOS, A. I. M.; DE OLIVEIRA, P. M.; SCATENA, F. N.; WALKER, R. T.; HOMMA, A. K. O.; DE CONTO, A. J.; FERREIRA, C. A. P.; DE AMORIM CARVALHO, R.; DA ROCHA, A. C. P. N.; DOS SANTOS, A. I. M.; DE OLIVEIRA, P. M. Cropping and Fallowing Sequences of Small Farms in the "Terra Firme" Landscape of the Brazilian Amazon: A Case Study from Santarem, Para. **Ecological Economics**, v. 18, n. 1, p. 29–40, 1996.
- SCHICK, Y. K. **Rutabaga – *Brassica napobrassica***. Food for Thought: The Science, Culture, and Politics of Food, Spring 2008. Disponível em

http://academics.hamilton.edu/foodforthought/our_research_files/rutabaga.pdf.

Acesso em 10 Nov. 2016.

SEVILLA GUZMÁN, E.; WOODGATE, G. Desarrollo sostenible: de la agricultura industrial a la agroecología. In: REDCLIFT, M.; WOODGATE, G. (Coord.). **Sociología del medio ambiente: una perspectiva internacional**. Madrid: McGraw Hill, 2002. p. 77-96.

SHERMAN, C. C. Theories of the Nutrition of Plants from Aristotle to Liebig. **The Yale Journal of Biology and Medicine**, v. 6, n. 1, p. 43–60, out. 1933.

SHIEL, R. S. Improving soil productivity in the pre-fertiliser era. In: CAMPBELL, B. M. S. (Ed.). **Land, labour, and livestock: historical studies in European agricultural productivity**. Manchester: Manchester University Press, 1991. p. 51–77.

SHIEL, R. S. Nutrient flows in pre-modern agriculture in Europe. In: MCNEILL, J. R.; WINIWARTER, V. (Ed.). **Soils and societies: perspectives from environmental history**. Isle of Harris, UK: White Horse Press, 2006. p. 216–242.

SHIVA, V. **The Violence of the Green Revolution: third world agriculture, ecology and politics**. London, UK: Zed Books Ltd.; Penag, Malasya: Third World Network, 1993.

SIDERSKY, P. **Agricultura familiar: uma opção para o Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1994. 20 p. (Textos para debate 53)

SIDERSKY, P. **Sobre a especificidade do pequeno produtor: uma introdução ao debate da unidade econômica camponesa**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1991. 22 p. (Textos para debate 36)

SIEGFRIED, R. The Chemical Revolution in the History of Chemistry. **Osiris**, v. 4, p. 34–50, 1988.

SINCLAIR, T. R.; SICLAIR, C. J. **Bread, beer & the seed of change: agriculture imprint on world history**. London: CABI, 2010.

SOULE, J.; CARRÉ, D.; JACKSON, W. Ecological impact of modern agriculture. In: CARROLL, C.R; VANDERMEER, J.H.; ROSSET, p. **Agroecolgy**. New York: McGraw-Hill, 1990. p. 165-188.

STEINER, R. **Fundamentos da agricultura biodinâmica: vida nova para a terra**. 2. ed. São Paulo: Antroposófica, 2000. 235 p.

- STONE, D. **Decision-making in medieval agriculture**. Oxford: Oxford University Press, 2005.
- SUMNER, J.; MCMURTRY, J. J.; RENGLICH, H. Leveraging the Local: Cooperative Food Systems and the Local Organic Food Co-ops Network in Ontario, Canada. **Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development**, v. 4, n. 3, p. 47–60, sep. 2016. ISSN 2152-0801. Available at: <<https://www.foodsystemsjournal.org/index.php/fsj/article/view/265>>. Date accessed: 31 jan. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5304/jafscd.2014.043.004>.
- SWEEZY, P. et al. **A transição do feudalismo para o capitalismo**. Um debate. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983. (Coleção Pensamento Crítico, v.18)
- TANDARICH, J. P. History of Soil Science: Early to Mid-20th Century. In: LAL, R. (Ed.). **Encyclopedia of Soil Science**. 2. ed. Boca Raton, FL: CRC Press; Taylor & Francis, 2006. v. 1, p. 826–829.
- TAUGER, M. B. **Agriculture in world history**. New York: Routledge, 2011.
- THEOPHRASTUS. **Enquiry into plants: and Minor works on odours and weather signs, v. 1**. Tradução Sir Arthur Fenton Hort. London; New York: W. Heinemann; G. P. Putnam's Sons, 1916.
- THIRSK, J.; CHARTRES, J. Agricultural innovations and their diffusion, 1640–1750. In: THIRSK, J. (Ed.). **Chapters from The Agrarian History of England and Wales**. London: Cambridge University Press, 1990a, v. 3. Agricultural Change: Policy and Practice, 1500-1750 p. 263–319.
- THIRSK, J.; CHARTRES, J. Enclosing and engrossing, 1500–1640. In: THIRSK, J. (Ed.). **Chapters from The Agrarian History of England and Wales**. London: Cambridge University Press, 1990b, v. 3. Agricultural Change: Policy and Practice, 1500-1750 p. 54–109.
- THIRSK, J.; LITT, H. D. Farming techniques, 1500–1640. In: THIRSK, J. (Ed.). **Chapters from The Agrarian History of England and Wales**. London: Cambridge University Press, 1990, v. 3. Agricultural Change: Policy and Practice, 1500-1750 p. 15–53.
- THOMPSON, F. M. L. The second Agricultural Revolution, 1815-1880. **The Economic History Review, New Series**, v. 21, n.1, p. 62-77, Apr. 1968. Acesso em: 12 mar. 2015. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2592204>>

- TILMANN, D.; CASSMAN K., G.; MATSON, P. A.; NAYLOR, R.; POLASKY, S. Agricultural sustainability and intensive production practices. **Nature**, 418, p. 671-677, 8 Aug. 2002. DOI: 10.1038/nature01014
- TIMMER, C. P. The Turnip, The New Husbandry, and The English Agricultural Revolution. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 83, n. 3, p. 375–395, 1969.
- TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. **Soil fertility and fertilizers**. 3d ed. ed. New York,: Macmillan, 1975.
- TURNER, M. Farming to Halves: The Hidden History of Sharefarming in England from Medieval to Modern Times – By Elizabeth Griffiths and Mark Overton. **The Economic History Review**, v. 63, n. 3, p. 805–806, 1 ago. 2010.
- UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMICS AND SOCIAL AFFAIRS, POPULATION DIVISION. **World Population Prospects: The 2012 Revision**. 2013. Acesso em: 18 mar. 2015. Disponível em: <http://esa.un.org/unpd/wpp/unpp/panel_population.htm>.
- UNITED NATIONS POPULATION FUND - UNFPA. **The State of World Population** 2013. New York: United Nations, 2013. Acesso em: 19 mar. 2015. Disponível em: <<http://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/EN-SWOP2013.pdf>>.
- VASEY, D. E. **An ecological history of agriculture, 10.000BC - AD 10.000**. Iowa: Iowa State University Press, 1992.
- VEIGA, J. E. **O desenvolvimento agrícola: uma visão histórica**. São Paulo: EDUSP / Hucitec, 1991. 219 p. (Série Estudos rurais, 11).
- VERNANT, J. P. **Mito e pensamento entre os gregos**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1990.
- WAKSMAN, S. A. Liebig: The humus theory and the role of humus in plant nutrition. In: MOULTON, F. R. (Ed.). **Liebig and After Liebig: A Century of Progress in Agricultural Chemistry**. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, 1942, p. 56-63.
- WINIWARTER, V. Soil Scientists in Ancient Rome. In: WARKENTIN, B. P. (Ed.). **Footprints in the soil : people and ideas in soil history**. Boston, Mass.: Elsevier, 2006. p. 3–16.
- WOOD, E. M. A origem do capitalismo. Trad. V. Ribeiro. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

- WOOD, E. M. As origens agrárias do capitalismo. **Crítica Marxista**, v. 1, n. 10, p. 12–29, 2000.
- WOOD, E. M. The Agrarian Origins of Capitalism. **Monthly Review**, v. 50, n. 3, p.14–31, July-August, 1998.
- WOOD, E. M. **The origin of capitalism: a longer view**. London: New Ed. 2002. 213 p.
- WOODWARD, J. Some Thoughts and Experiments Concerning Vegetation. **Philosophical Transactions**, v. 21, n. 248–259, p. 193–227, 1699.
- WORLD BANK. **Agriculture for development. World Development Report**. Washington, DC: World Bank, 2008.