

A dominância do paradigma tecnológico mecânico-químico-genético nas políticas para o desenvolvimento da bioeconomia na Amazônia

Ricardo Theophilo Folhes¹

Danilo Araújo Fernandes²



RESUMO

A difusão de tecnologias agrícolas em franco desenvolvimento na Europa e nos EUA durante o século XIX para regiões tropicais, permeou as relações coloniais e a cooperação internacional no pós-guerra. Em consequência, países com florestas tropicais foram alvos de uma compulsória mudança na base tecnológica da agricultura que para se difundir precisou incorporar terras aos sistemas de produção. Do ponto de vista tecnológico, tal mudança ocorreu sob forte mediação de um paradigma tecnológico baseado na mecânica, na química e na genética. O artigo restitui os traços gerais da formatação do PMQG na Europa e nos EUA, sua difusão no Brasil e como ele continua a influenciar esforços de pesquisa, financiamento e a elaboração de políticas públicas no âmbito das agendas de bioeconomia dirigidas à Amazônia.

Palavras-chave: Amazônia. Agricultura. Bioeconomia. Paradigma Tecnológico.

¹ Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido (PPGDSTU/ NAEA/UFGA). E-mail: rfolhes@gmail.com.

² Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia (PPGE/ICSA/UFGA). E-mail: danfernandes2@hotmail.com.

ABSTRACT

The project to spread the agricultural technologies that were rapidly developing in Europe and the USA during the 19th century to tropical regions permeated colonial relations and international cooperation in the post-war period. As a result, countries with tropical forests were the target of a compulsory change in the technological basis of agriculture, which, in order to spread, had to incorporate new land into production systems. From a technological point of view, this change took place under the strong mediation of a technological paradigm based on mechanics, chemistry and genetics (PMQG). The article retraces the general features of the formatting of the PMQG in Europe and the USA, its diffusion in Brazil and how it continues to influence research efforts, funding and the elaboration of public policies within the scope of bioeconomy agendas aimed at the Amazon.

Keywords: Amazon. Agriculture. Bioeconomy. Technological Paradigm.

INTRODUÇÃO

O projeto de difundir as tecnologias agrícolas em franco desenvolvimento na Europa e nos EUA durante o século XIX para regiões tropicais a fim de garantir o crescimento industrial nos primeiros e subsidiar o combate à pobreza e ao atraso tecnológico nas últimas, foi uma ideia-força e uma agenda política que permeou as relações coloniais e a cooperação internacional no pós-guerra. Formulado com o advento do fenômeno urbano-industrial nas sociedades europeias e norte-americanas, esse projeto colonial esteve associado a mudanças nas relações técnicas e sociais de produção resultantes do progresso científico e tecnológico ocorrido no século XIX. Tal ordem de mudanças foi decisiva para o processo de industrialização da agricultura (GOLDMAN et al, 1988), contribuindo com as alterações no metabolismo ecológico global percebidas e registradas desde então no sentido de “uma entropia crescente” (DELÉAGE, p. 211, 1991).

Para tentar modificar as relações de trabalho (de camponeses à trabalhadores assalariados, de escravos ou camponeses servís à homens livres) e promover mudanças tecnológicas na agricultura, foram articuladas agendas político-científicas que estender-se-iam autoritariamente para o sul global no século XX. Em consequência, países com florestas tropicais foram alvos de uma compulsória mudança na base tecnológica da agricultura que para se difundir precisou incorporar novas terras aos sistemas de produção. Do ponto de vista tecnológico, tal mudança ocorreu sob forte mediação de um paradigma tecnológico baseado na mecânica, na química e na genética que, doravante, denominamos de paradigma mecânico-químico-genético, ou PMQG.

No âmbito de um esforço de pesquisa mais amplo que busca investigar como paradigmas tecnológicos (COSTA, 2008) e paradigmas de registro e titulação de terras (COLIN et al, 2009) se articulam em agendas políticas destinadas ao desenvolvimento rural, o presente texto restitui os traços gerais da formatação do PMQG na Europa e nos EUA, sua difusão no Brasil e como ele continua a influenciar esforços de pesquisa, financiamento e elaboração de políticas públicas no âmbito das agendas de bioeconomia dirigidas à Amazônia.

Procura-se mostrar a dinâmica de evolução e difusão do PMQG *pari passu* (1) à evolução do quadro institucional que logrou torná-lo dominante e (2) à evolução dos seus principais portfólios tecnológicos. Finalmente, procuraremos demonstrar como esses portfólios estão embutidos, refletidos, delineados nas recentes políticas públicas dirigidas ao campo da Bioeconomia na Amazônia.

Depois dessa Introdução, o texto está organizado da seguinte forma. Na seção 2, apresenta-se os fundamentos do PMQG. Nas seções três e quatro mostramos como o PMQG foi sendo institucionalizado na Europa e nos EUA. A seção cinco enfatiza a componente genética do PMQG e o apoio dado a essa componente pelas fundações norte-americanas. A seção 6 mostra traços gerais da institucionalização do paradigma mecânico-químico-genético na pesquisa agropecuária no Brasil. A seção 7 situa o PMQG nas políticas públicas que recentemente vêm sendo dirigidas ao estímulo da bioeconomia no Brasil e na Amazônia. Na seção 8, são feitas as considerações finais.

OS FUNDAMENTOS DO PARADIGMA MECÂNICO-QUÍMICO-GENÉTICO

Um paradigma tecnológico refere-se a padrões de solução de problemas tecnológicos que perseguem uma noção de progresso ou, “uma promessa de sucesso” em uma ou mais

trajetórias. Tais trajetórias orientam a busca de desenvolvimento tecnológico a partir de critérios de seleção influenciados por fatores econômicos, sociais, políticos, culturais e ecológicos. Como estruturas cognitivas que são, os paradigmas tecnológicos representam “camisas-de-força” que conformam um padrão de formulação de perguntas e de problemas tecnológicos seguidos de um padrão de procedimentos para solucioná-los, que findam por influenciar caminhos de políticas (DOSI, 2006). Paradigmas tecnológicos hegemônicos não surgem do nada, são construções sociais que refletem assimetrias de poder institucional para tornar dominantes trajetórias tecnológicas específicas. Esse foi o caso do paradigma mecânico-químico-genético na agricultura.

Um elemento central ao padrão de respostas tecnológicas orientadas pelo paradigma mecânico-químico-genético é a necessidade de simplificação da natureza nos sistemas agrícolas. Como no interior desse paradigma a homogeneização de espécies se torna um procedimento base para ganhos de produção, produtividade, rendimentos e escala, os sistemas agrícolas baseados em monoculturas foram o modelo priorizado, recuperando a lógica extensiva e homogeneizadora das *plantations*. O crescimento desses sistemas em bases industriais rapidamente fez crescer o número e o tamanho de terras e territórios submetidos a monoculturas, até então restritas a solos férteis. Os cultivos agrícolas na forma de monoculturas almejavam, em adição, a administração de um processo de trabalho rotinizado, como no trabalho industrial (GRAZIANO, 1980). Um paradigma tecnológico além de definir o caminho trilhado por trajetórias tecnológicas define, igualmente, aquilo que se deve negar como alternativa concorrente (DOSI, 2006), que passa a ser desqualificada, chamada de atrasado, romântico.

A evolução tecnológica orientada pelo PMQG foi nesses termos criando seletividades e direcionando acúmulos institucional, intelectual e financeiro para a aquisição de capacidades e de meios de reproduzir modelos de capacitações técnicas na busca de resolução de problemas. Resultando na - e sendo o resultado da - criação e evolução de um conjunto de instituições, a busca por conhecimento desse paradigma residiu, grosso modo, em três orientações gerais:

- (1) domesticação e homogeneização de espécies de interesse agrícola em monoculturas ou em sistemas de cultivos baseados em baixa diversidade biológica;
- (2) fragmentação do saber para a formação de especialistas (i.g.: mecanização agrícola, nutrição de solos, controle de doenças, melhoramento de plantas e animais etc.);
- (3) o saber mobilizado pelos especialistas pressupõe o controle e a simplificação das características biológicas e ecológicas de diferentes biomas e ecossistemas. Desta forma, afirma-se por soluções tecnológicas baseadas no uso intensivo: (a) da mecânica, ou seja, de máquinas (tratores, semeadoras, colheitadeiras, aviões, drones, sistemas de irrigação, bombas hidráulicas etc, potencializados pela eletrônica e informática) e implementos (grades, arados, sulcadores, etc); (b) da química, ou seja, agrotóxicos³ destinados ao controle de insetos, roedores, nematoides, fungos, vírus, bactérias e de plantas consideradas “daninhas” ou invasoras”, além de fertilizantes aplicados em solos ou diretamente em plantas;

3 O PL 6299/02 revoga totalmente a “Lei dos Agrotóxicos” de 1989, alterando o termo “agrotóxicos” para “pesticidas”. Quando usados em florestas e em ambientes hídricos, os agroquímicos passam a ser chamados pelo projeto de “produtos de controle ambiental”, e seu registro caberá ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), do Ministério do Meio Ambiente.

procedimentos de pós-colheita para prolongar a vida-média de alimentos na pós-colheita, etc; (c) do manejo biológico e genético de plantas e animais (melhoramento da capacidade produtiva de plantas, animais e sementes; produção de organismos geneticamente modificados; substituição da perda de diversidade in situ pela instalação de bancos de germoplasma ex situ, etc).

Nesse escopo, o solo passou a ser compreendido como substrato inerte manipulável pela mecânica e química, tendo sua constituição biológica interesse residual. Plantas e animais passam a ser diferenciados por espécies benéficas e invasoras as quais são dirigidas estratégias (a) químicas (agrotóxicos sistêmicos aplicados às plantas benéficas que aniquilam insetos que alimentam-se da seiva dessas plantas; agrotóxicos que matam plantas “daninhas” que competem por sol, água e nutrientes com as plantas de interesse comercial); (b) mecânicas (preparo de solos, definição de espaçamentos condizentes com a arquitetura de máquinas e implementos para ganhos de produtividade, irrigação, drenagem) e (c) genéticas (manipulação genética intra e entre plantas e animais).

Sistemas agrícolas monocultores e extensivos não eram novidade no mundo no início do século XIX. Pelo menos três séculos antes, as *plantations* já conformavam padrões de cultivos agrícolas extensivos, homogêneos e altamente dependentes do trabalho escravo que se estendiam espacialmente à custa da constante ampliação das áreas agrícolas sob florestas tropicais. No entanto, o fim da legalidade do trabalho escravo e mudanças na base tecnológica com o advento da química e mecânica aplicadas à agricultura alteraram à base técnica e as relações de trabalho que lhes eram indispensáveis. Tais mudanças somadas à conformação de novas relações políticas e comerciais internacionais motivadas pelo crescimento da demanda urbano-industrial por produtos agrícolas, impulsionaram o crescimento de sistemas agrícolas homogêneos em novas bases tecnológicas.

Alguns desses sistemas focaram na domesticação agrícola de espécies de ocorrência em florestas tropicais. Entre muitos exemplos possíveis, vale lembrar da seringueira e do cacauieiro, nativos da Amazônia, mas que passaram a ser cultivados em outros países nos quais constituíram bases produtivas importantes das cadeias de produção global de borracha e chocolate (HOMMA, 2013; ROSS, 2017). Do mesmo modo, desenvolveu-se soluções tecnológicas para possibilitar condições técnicas de cultivos de espécies temperadas em regiões tropicais, como, por exemplo, o trigo, também gerando extensivas mudanças na cobertura florestal de ecossistemas tropicais. Para tanto, o desenvolvimento integrado de tecnologias mecânicas, químicas e genéticas foi fundamental.

A busca de matérias-primas e recursos naturais em regiões tropicais para suprir o crescimento do mercado urbano-industrial e o aumento do padrão de consumo na Europa e nos EUA contribuiu para o processo de industrialização da agricultura. A missão tecnológica para transformar florestas, várzeas, savanas e desertos em espaços produtivos geraram desmatamento, poluição e destruição de ecossistemas e biomas de países tropicais (ROSS, 2017). Coetaneamente, houve o desenvolvimento de um arcabouço jurídico-legal destinado a promover a obtenção compulsória e o registro de terras agrícolas em colônias e ex-colônias, gerando despossessão, deslocamentos compulsórios e violência.

Condições desiguais de poder entre países industrializados (Europa e EUA) e de regiões tropicais permitiram que a circulação mundial das ideias e ideais que sustentavam a noção de uma agricultura moderna e racional (ou industrializada) nos trópicos encontrassem quatro caminhos importantes. A) Aprimoraram formas ilícitas (posteriormente transformadas

lícitas) de circulação de espécimes de plantas e animais; B) criaram meios de difusão das “novas tecnologias agrícolas” a partir da criação de instituições de ensino, pesquisa e extensão, cujos modelos foram transplantados dos países industrializados para os países tropicais; 3) criam protocolos de obtenção compulsória e registro de terras nos trópicos para dar vazão à produção e ao financiamento da produção; 4) desenvolvimento de legislações nacionais e acordos internacionais incidentes sobre o trabalho e a propriedade. Valorizava-se a pujante diversidade biológica encontrada nos trópicos, mas que, no entanto, era operacionalizada no plano prático-estratégico por meio de uma ampla e sistemática rede de coleta de espécimes e aclimação agrícola para a realização de pesquisas variadas em hortos (Botanic Gardens) implantados tanto na Europa e EUA, como em regiões tropicais distantes dos centros de origem das espécies, visando sua domesticação e industrialização. Ao passo em que se valorizava a diversidade genética (e a circulação de genes) não se buscava reconhecer na interação biológica entre espécies e no funcionamento de Biomas e ecossistemas, possibilidades reais de desenvolvimento tecnológico⁴.

A agricultura passaria desde então por grandes alterações diante das inovações tecnológicas que mudariam significativamente o processo de trabalho, no sentido de substituir o trabalho humano e animal por máquinas, encurtando a diferença entre o tempo de produção e o tempo de trabalho. Igualmente, as inovações tecnológicas alterariam o processo de produção, através da substituição dos fatores de produção naturais por fatores industriais. Diferentes atividades e momentos da agricultura dariam lugar a setores específicos da atividade industrial (GOODMAN et al, 1988; GRAZIANO, 1980).

A INSTITUCIONALIZAÇÃO DO PARADIGMA MECÂNICO-QUÍMICO-GENÉTICO NA EUROPA

Desde o início do século XIX, a química passava por um momento de descobertas e inovações importantes que originavam uma série de aplicações industriais na Europa. Os novos conhecimentos científicos estimulavam o desenvolvimento de aplicações tecnológicas na agricultura, fosse criando procedimentos, técnicas e instrumentos para identificar a composição química de solos, plantas e de derivados de plantas, fosse para compreender a função dos nutrientes disponíveis no solo para a nutrição e o crescimento vegetal ou ainda para sintetizar quimicamente substâncias que poderiam originar fertilizantes e defensivos químicos.

No que diz respeito especificamente à agricultura duas abordagens se opunham. Uma, de tradição mais longeva, procurava aplicar os novos conhecimentos científicos da química para teorizar sobre como antigas práticas camponesas de manejo de nutrientes orgânicos (como, por exemplo, o nitrogênio) contidos no húmus eram fundamentais para a fertilidade dos solos e poderiam ser potenciados por ciclos de rotação e consórcios e por técnicas de transformação de resíduos orgânicos. Esse esforço organizou-se naquilo que se convencionou chamar de Teoria do Húmus. Seus adeptos acreditavam que os compostos orgânicos poderiam ser produzidos apenas por seres vivos, como plantas e animais, que precisavam de uma “força vital” para serem criados, enquanto os compostos inorgânicos corresponderiam às rochas

4 Uma terceira via importante para a industrialização da agricultura nos trópicos foi ao final do século XIX a simultaneidade do surgimento de inovações em transporte e comunicações que resultaram no crescimento acelerado no comércio mundial e na produção de commodities (ROSS, 2017).

e minérios. Embora os princípios elementares da fotossíntese já fossem de conhecimento amplo, mostrando a existência de vias de obtenção de energia pelas plantas alternativas ao húmus, a Teoria do Húmus foi bastante difundida até a década de 1860. Entretanto, a partir de meados do século XIX perdeu capacidade de competir institucionalmente com o corpo teórico reunido pelo químico alemão Justus Von Liebig (1803-1887).

Liebig, parceiros e discípulos, lograram delinear e dominar o ambiente institucional da ciência e tecnologia europeia aplicada à química agrícola, principalmente quando um composto orgânico nitrogenado, a ureia, passou a ser sintetizado a partir de uma substância inorgânica, o cianeto de amônio, em 1828, pelo químico alemão Friedrich Wöhler. A síntese da ureia industrial é considerada uma das grandes inovações da química ainda hoje, dada a sua larga aplicação na indústria farmacêutica, alimentícia e de cosméticos, na fabricação de resinas sintéticas, plásticos, impermeabilizantes e, principalmente, para o que nos interessa aqui, fertilizantes químicos e agrotóxicos.

De posse da descoberta de Wöhler - sintetizar em laboratório um composto orgânico a partir de um composto inorgânico, desmontando assim um dos pilares da Teoria do Húmus - Liebig pode aprofundar seus estudos de fertilização química de solos. De fato, foi principalmente a partir do incremento progressivo do entendimento do ciclo do nitrogênio e das possibilidades de sintetizá-lo em laboratório que uma longa trajetória de inovações seria aplicada à agricultura na busca de se fazer um balanço entre nutrição de solos e plantas. Jean-Baptiste Boussingault (1802-1887) foi o primeiro a determinar o teor de N em muitos materiais orgânicos (tecidos vegetais e animais, fezes, esterco etc.), chegando à conclusão de que o valor nutritivo de um fertilizante é proporcional ao seu teor de nitrogênio, mas ao mesmo tempo chamava a atenção para a capacidade das leguminosas de restaurarem o nitrogênio do solo (CHAGAS, 2006), tema debatido entre os adeptos da teoria do húmus.

Os trabalhos de Boussingault influenciavam os adeptos da teoria do húmus. Estes chegaram a ter reconhecimento político suficiente para que grandes levas de fontes de adubos nitrogenados orgânicos fossem importadas da América Latina para áreas de cultivos na Inglaterra e Alemanha. Como mostra Chagas (2006):

Na Europa, nesta época, (...) começou-se a procura por outras fontes de nitrogênio, longe dos campos agrícolas. Uma das primeiras fontes foi o guano. No Oceano Pacífico, nas costas do Peru, em certo período do ano, há uma grande concentração de peixes e as aves marítimas vão ali se alimentar e acasalar, nidificando nas ilhas da costa, longe dos homens. Durante séculos e séculos assim fizeram e seus excrementos foram se acumulando, chegando em alguns locais a ter uma espessura de 30 m. A descoberta destes depósitos e de seu valor como fertilizante, no início do século XIX, levou os europeus e norte-americanos a importarem este material de forma intensa, que rapidamente se esgotou. Outra fonte de nitrogênio, explorada a partir de 1830, foram os depósitos de salitre do Chile (NaNO_3), existentes nos desertos chilenos, na cordilheira dos Andes. Antigos lagos salgados evaporaram, deixando estes depósitos de sais misturados com argilas (caliche), que eram extraídos do solo, moídos, lavados e a solução obtida posta a evaporar, cristalizando o nitrato de sódio (CHAGAS, p. 242, 2006).

Corroborando com os trabalhos de Boussingault, mas caminhando na busca de soluções para o problema da nutrição de solos a partir da síntese de fertilizantes químicos, Liebig

formulou as leis básicas da adubação química, propôs o uso de fertilizantes inorgânicos e desenvolveu os procedimentos para a produção de fertilizantes minerais simples e compostos (dentre eles o NPK, o mais utilizado no mundo ainda hoje), testando os resultados de diferentes fórmulas de fertilizantes, que começavam a ser fabricados em larga escala. Elaborou postulados sobre a química dos solos que se tornariam um mantra da agricultura moderna, organizados na Lei dos Mínimos, segundo a qual o rendimento das culturas aumentava ou diminuía na proporção do aumento ou da diminuição das substâncias minerais que os fertilizantes contêm. Desta forma, para manter a fertilidade do solo ao longo dos anos, bastaria ao agricultor repor nos solos os nutrientes exportados pelas colheitas.

É importante situar o legado de Liebig em seu tempo. Intelectual ativo no debate público sobre a agricultura, em meados do século XIX, na Europa Ocidental, Liebig foi um crítico contumaz da perda acelerada da fertilidade dos solos causada pela intensificação da agricultura capitalista industrial que, entre outras coisas, literalmente promovia deslocamento de solos e material orgânico entre países e regiões, sendo essa uma das suas críticas aos adeptos da teoria do húmus. Como mostra Foster (2020):

Liebig havia diagnosticado o problema como decorrente do esgotamento de nitrogênio, fósforo e potássio, com esses nutrientes essenciais do solo se deslocando para as cidades cada vez mais povoadas onde contribuíram para a poluição urbana. Em 1842, o químico agrícola britânico J.B. Lawes desenvolveu um meio para tornar os fosfatos solúveis e construiu uma fábrica para produzir seus superfosfatos no primeiro passo no desenvolvimento de fertilizantes sintéticos. Mas a maior parte dos países do século XIX era quase completamente dependente de fertilizantes naturais para restaurar o solo. Foi nesse período de aprofundamento das dificuldades agrícolas, devido ao esgotamento dos nutrientes do solo, que a Grã-Bretanha abriu o caminho para a apropriação global de fertilizantes naturais, incluindo, como Liebig apontou, desenterrando e transportando os ossos dos campos de batalha napoleônicos e das catacumbas da Europa e, mais importante, a extração pelo trabalho forçado de guano (oriundo do excremento de aves marinhas) nas ilhas da costa do Peru, provocando uma corrida mundial de guano. Na introdução da edição de 1862 de *Química Agrícola*, Liebig escreveu uma crítica contundente à agricultura industrial capitalista em seu modelo britânico, observando que “se não conseguirmos conscientizar o agricultor sobre as condições sob as quais ele produz e dar a ele os meios necessários para o aumento de sua produtividade, haverá guerras, emigração, fome e epidemias que criarão, necessariamente, as condições de um novo equilíbrio que minará o bem-estar de todos e finalmente levará à ruína da agricultura” (FOSTER, p. 7, 2020).

Conhecedor dos trabalhos de Liebig e influenciado por ele, Marx entendia o processo de trabalho como a relação metabólica socialmente mediada entre a humanidade e a natureza. Identificou na industrialização da agricultura uma profunda ruptura do metabolismo material entre a natureza e a sociedade capitalista, que conduzia a um só seu tempo, o esgotamento e contaminação de solos e cidades e a exploração de trabalhadores (FOSTER, 2005).

Infelizmente, o ambiente institucional de ciência, tecnologia e experimentação agrícola europeu que encampou majoritariamente e difundiu com rapidez os postulados de Liebig, resultou na incorporação parcial e deslocada destes postulados, esquecendo da sua crítica à elevada entropia causada pela ruptura metabólica tão bem problematizada por Marx. Desta forma, incorporou-se de forma acrítica a adição cada vez maior de fertilizantes minerais

químicos aos solos, em colheitas sucessivas. A química assumiria assim o protagonismo tecnológico no sentido de ser uma resposta à preocupação com a fertilidade dos solos e à demanda por maior produção e produtividade agrícolas, obscurecendo o desenvolvimento de tecnologias de manejo mais holísticas e a própria crítica à insustentabilidade da agricultura industrial.

Vale lembrar que no início do século XIX, a Europa experimentava inovações nos sistemas de rotação de culturas que vinham sendo desenvolvidos a partir de distintos modelos em diferentes países. Um dos mais conhecidos, o Norfolk, introduzido na Inglaterra no final do século XVIII, consistia na rotação de gramíneas e leguminosas em quatro parcelas cultivadas simultaneamente, além de conterem áreas destinadas à criação de animais (MAZOYER & ROUDART, 2010). A justificativa para a disseminação dos sistemas de rotação de culturas residia nos benefícios da diversidade de culturas em rodízio, ainda que restrita nesses sistemas, e na ciclagem de nutrientes. A troca anual de culturas numa mesma parcela contribuía para que a estrutura física dos solos permanecesse aerada e com baixa compactação, além de evitar a proliferação de insetos e outros patógenos. Mas, sobretudo, ao conceber a criação de animais como um elemento indispensável ao sistema agrícola, reconhecia-se a importância da ciclagem de nutrientes, pois duas das quatro parcelas em rotação produziam espécies forrageiras destinadas à alimentação animal, cujo esterco originava o material orgânico incorporado às áreas em rotação de cultivos, intensificando assim os sistemas de cultivo com ganhos de produtividade em ecossistemas de clima temperado. Esses sistemas vinham sendo muito estudados e estimulados pelos adeptos da Teoria do Húmus, mas passaram a ser vistos como atrasados diante das inovações químicas.

É importante salientar que o desenvolvimento de tecnologias de rotação de culturas e de integração de animais em sistemas agrícolas camponeses foi um processo de longa gestação na Europa Ocidental cujo resultado foi a intensificação da agricultura às custas da diminuição cada vez maior dos sistemas de pousio da terra (BOSERUP, 1987 apud EHLERS, 1999). Sistemas tecnologicamente sofisticados e intensivos em trabalho promoviam o metabolismo de matéria e energia entre a pecuária e a agricultura. O aumento da demanda por produtos agrícolas com a expansão das sociedades urbano-industriais e da figura das empresas agrícolas e dos grandes arrendatários capitalistas foi cada vez mais promovendo, de modo reverso, especialização, o que demandava a importação de energia (fertilizantes) para os sistemas de produção, como no caso do guano denunciado por Liebig (VEIGA, 2007; EHLERS, 1999). Nesse sentido, conforme brilhantemente explanaram Goodman et al (1998), o “apropriacionismo” da natureza, representado pelos adubos químicos industriais foi plenamente instrumentalizado pela agricultura capitalista europeia.

Como comenta Ehlers, havia uma comunidade acadêmica interessada no entendimento da ecologia e biologia dos solos ao fim do século XIX. Ao que parece ela não teve condições de competir institucionalmente com a significativamente maior e mais influente comunidade envolvida e dedicada aos postulados da química agrícola, não obstante a grande complementaridade entre ambos.

Dos nutrientes para os agrotóxicos

O legado da química não seria decisivo para mudanças tecnológicas na agricultura apenas sob a ótica da nutrição de solos e plantas. A homogeneização dos sistemas agrícolas

transformados em monoculturas intensivas e extensivas gerou problemas fisiológicos e biológicos que foram enfrentados pela química. A utilização de fertilizantes em larga escala ao lado das inovações mecânicas e do melhoramento de plantas (comentados adiante) ocasionou a intensificação da ocorrência de pragas e doenças nas monoculturas já na metade do século XIX. Logo, de forma coetânea ao estudo da fertilização química de solos, surgiram os primeiros estudos científicos sistemáticos sobre o uso de compostos químicos para o controle de insetos, popularizados pelo PMQG como “controle de pragas” e doenças agrícolas, posteriormente estendido à aniquilação de plantas indesejadas (herbicidas) e mesmo de florestas (desfolhantes, largamente utilizados nos trópicos úmidos).

Configurou-se também um campo de aplicações industriais da química para o desenvolvimento tecnológico dos agrotóxicos, nome que atualmente resume um leque variado de substâncias químicas utilizadas para o controle de pragas e doenças agrícolas, embora outras denominações ainda sejam defendidas por lobbies da indústria química, tais como, defensivos agrícolas, pesticidas, praguicidas ou remédios de planta (PERESE MOREIRA, 2003).

Muito já se registrou sobre o conhecimento milenar de princípios ativos de essências de plantas que foram utilizados como inseticidas (“naturais” ou “orgânicos”) na agricultura, como o piretro, o fumo, a rotenona, a nicotina, entre muitos outros. Mas o que estamos falando aqui refere-se a inovações que inicialmente possibilitaram o uso de substâncias inorgânicas (compostos de minerais como arsênico, cobre, zinco, chumbo, manganês e outros), após a descoberta de Wholer em 1828, a qual nos referimos antes, e depois de substâncias totalmente sintéticas para a produção de agrotóxicos.

A produção industrial de agrotóxicos, fertilizantes e armas químicas à base de nitrogênio teria amplo desenvolvimento quando, em 1909, o químico alemão Fritz Haber conseguiu fixar o nitrogênio atmosférico em laboratório, no procedimento que ficaria conhecido como “processo Haber-Bosch”, até hoje considerado uma das maiores inovações da química industrial (CHAGAS, 2006).

Se os compostos inorgânicos que passaram a ser utilizados em larga escala no final do século XIX já eram muito tóxicos e pouco seletivos, os compostos sintéticos tinham ainda maior toxidez e menor seletividade. Ganharam notoriedade no período entre guerras por terem sido a base das mais tóxicas armas químicas produzidas e por terem dado origem a inseticidas que foram aplicados diretamente nos soldados para protegê-los da malária e outras doenças em combates realizados nos trópicos. Como tanto as armas químicas criadas para matar como os inseticidas criados para proteger soldados tiveram êxito no aniquilamento de insetos, muitos experimentos passaram a ocorrer no pós-guerra visando ao seu aproveitamento agrícola (CARSON, 1972).

A começar pelos agrotóxicos organoclorados, como o DDT liberado para uso civil após a II Guerra, a partir de qual seguiram vários outros como aldrin e dieldrin, passando pelos organofosforados (usados como armas químicas nas guerras mundiais) como o glifosato, Malathion e Parathion, chegando nos carbamatos, conforme relata Carson (1972), a escala de uso dos agrotóxicos não parou de aumentar enquanto as concentrações químicas nas doses aplicadas também aumentavam com o ganho de resistência de “pragas” e “doenças” sem que seus impactos sobre o solo, plantas, humanos, rio e mares fossem conhecidos.

Os organoclorados causam intoxicação crônica em insetos e seres humanos, enquanto os organofosforados causam o envenenamento agudo. A baixa seletividade e alta

toxidez de ambos geraram denúncias organizadas pela sociedade civil a partir da década de 1950. Surgiu então uma inovação importante, os inseticidas sistêmicos: no lugar de serem aplicados diretamente nos insetos e patógenos, passaram a ser aplicados sobre folhas, troncos, ramos, raízes e sementes. Os sistêmicos, principalmente constituídos por fosfatos orgânicos, são absorvidos pelas plantas e passam a circular na seiva, infectando os patógenos que se alimentam de qualquer parte das plantas.

Independente da composição química de agrotóxicos e fertilizantes é lícito dizer que para além das prescrições relativas às quantidades e formulações tecnicamente recomendáveis para que seus usos fossem bem-sucedidos, as tecnologias químicas demandavam articulação com tecnologias mecânicas e biológicas, conforme comentado adiante.

A EVOLUÇÃO DO PARADIGMA QUÍMICO-MECÂNICO-GENÉTICO NOS EUA

As rápidas transformações que os usos dos fertilizantes químicos trouxeram à agricultura europeia foram possíveis graças às inovações dos arranjos entre instituições públicas e privadas que lograram desenvolver e difundir as inovações agrícolas. *Pari passu* às descobertas e formulação de postulados de Liebig e outros, instituições de pesquisa agrícola com financiamento público e privado surgiam na Alemanha dando vazio às demonstrações práticas. A primeira unidade experimental surgiu na Inglaterra, em 1842, mas o modelo de unidades experimentais se desenvolveria sobretudo na Alemanha. Em 1873, ano da morte de Liebig, a Alemanha tinha 25 estações de pesquisa agrícola em universidades, vinculando laboratórios de pesquisa química a estações de experimentos agrícolas (WRIGHT, 2011).

Conforme comenta Wright (2011) a mais antiga estação experimental, a Rothamsted, foi fundada por um industrial que patenteou um fertilizante. Para o autor, Liebig foi a principal influência na proliferação das estações de pesquisa alemãs, depois de ter identificado o potencial do nitrogênio como fertilizante e deixar claro seu interesse em desenvolver usos agrícolas para produtos da indústria química nascente. Modelo que seria seguido em outros países da Europa e nos Estados Unidos e retroalimentaria o crescimento das nascentes indústrias de fertilizantes que surgiam ao final do século XIX (WRIGHT, 2011).

Passaram pelos laboratórios de Liebig na Universidade de Giessen, Alemanha, entre 1827 e 1852, 718 alunos, sendo 228 assistentes e doutorandos estrangeiros: 88 ingleses, 43 suíços, 30 franceses, 21 russos, 11 austríacos, 4 húngaros, 3 holandeses, 2 luxemburgueses, 2 italianos, 2 dinamarqueses, 1 belga, 1 espanhol, 1 mexicano e 17 norte-americanos. Como veremos adiante, a experiência adquirida pelos norte-americanos a partir do modelo de pesquisa experimental desenvolvida por Liebig foi fundamental para a constituição de um ambiente institucional favorável ao desenvolvimento da agricultura moderna nos EUA (MAAR, 2006).

Uma importante referência para a criação de um quadro institucional capaz de orientar a formatação das estruturas cognitivas que levariam à formatação do paradigma mecânico-químico na agropecuária mundial foi a criação, nos EUA, ainda no século XIX, do complexo Land-Grant College, composto por três unidades inter-relacionadas. Foram elas: às Faculdades de Agricultura, espécies de escolas agrícolas superiores, as primeiras criadas em plena Guerra de Secessão, em 1862; as Estações Experimentais Agrícolas Estaduais, de 1887; e o Extension Service, de 1914, criado para difundir o conhecimento gerado pelas unidades anteriores (num momento em que avanços na mecânica já eram importantes e esforços na química aplicada à agricultura eram embrionários) (HIGHTOWER, 1972).

Os ganhos de produtividade da agropecuária norte-americana observados ao longo das primeiras décadas do século XX devem, em grande medida, serem creditados aos resultados

de pesquisas nas áreas da mecânica, química e melhoramento de plantas conduzidos nos Land-Grant Colleges. Inicialmente, a mecânica mobilizava mais interesse e investimentos, o que justificava a criação de escolas de mecânica fortemente interligadas às escolas de agricultura (RASMUSSEM, 1989 apud SILVA & OLIVEIRA, 2010).

O primeiro diretor de uma estação experimental agrícola dos EUA foi formado pelo fundador do sistema alemão. As primeiras estações dos EUA, apesar de muito interessadas na mecânica continuaram a forte ênfase na química agrícola estabelecida na Alemanha (WRIGHT, 2012).

A criação dos Land-Grant Colleges contemplava reivindicações de fazendeiros por instituições de ensino finalistas⁵ para a formação de quadros altamente especializados para atender demandas da agricultura e das “artes mecânicas”, que fossem alternativas às instituições universalistas, as universidades, que atendiam mais aos interesses de elites intelectuais e econômicas ligadas à indústria. A edição do Morrill Act que criou os Land-Grant Colleges e a criação do United States Department of Agriculture contribuíram para a ampliação da área agrícola com maior intensificação da mecanização (RIBEIRO, 2006).

Não estamos aqui querendo dizer que inovações mecânicas tiveram lugar na agricultura a partir dos Land-Grant College pois, como é de conhecimento geral e bastante discutido na historiografia da agricultura, o desenvolvimento de implementos agrícolas, como o arado, remonta há pelo menos 3.500 anos e tiveram grande desenvolvimento após a revolução industrial (MAZOYER & ROUDART, 1998). No entanto, a composição de novos materiais (da madeira para os metais) e de novas formas de propulsão (da tração humana e animal para o vapor, combustão e eletricidade), levariam a partir da década de 1880, ao desenvolvimento dos primeiros tratores com formas de propulsão alternativas à tração animal nas operações de preparo de solos e cultivos.

O primeiro trator a gasolina foi fabricado em 1892 e a primeira fábrica de tratores em linha, em 1905. Na década de 1930 houve a introdução de rodas pneumáticas de borracha no lugar das rodas de ferro, aumentando consideravelmente a velocidade e economia das operações (BORGES, 2016). Nas décadas de 1940 e 1950, como desdobramentos de inovações na indústria automobilística e de autopeças foram lançados tratores com sistemas hidráulicos na direção e no levante de implementos. Estes possibilitaram melhor desempenho do conjunto trator-implemento, que teriam ganhos de rendimentos ainda maiores nas décadas seguintes com o aumento de potência proporcionados pelos motores à diesel. Na década de 1990, ganharia popularidade os tratores com tecnologia embarcada (eletrônica, GPS, informática, etc) no âmbito da agricultura de precisão (BORGES, 2016; TATSCH, 2012).

A indústria de máquinas e implementos agrícolas foi se constituindo de uma estrutura heterogênea, em termos de porte, composição de capital e especificação de produtos destinados ao preparo do solo, semeadura, plantio, aplicação de agrotóxicos, colheita, transporte, processamento e armazenamento (TASCH, 2012).

O PARADIGMA MECÂNICO QUÍMICO GENÉTICO E A PESQUISA AGROPECUÁRIA NO BRASIL

A menção aos Land-Grant Colleges norte-americanos nas seções anteriores se justifica pela importância que este modelo de articulação ensino-pesquisa-extensão, sob forte

5 Sobre instituições de CT universalistas e finalistas na Amazônia, ver COSTA (2012).

orientação do paradigma mecânico-químico-genético, teve nas trajetórias tecnológicas da agricultura no sul global em geral e no Brasil em particular. Tal constatação não significa dizer que não foram importantes as influências europeias para a consolidação de um campo científico-tecnológico tanto nos EUA como no Brasil, dirigido à pesquisa agropecuária. Como mostramos nesse texto, os avanços na química na Europa ao longo do século XIX foram determinantes para as pesquisas na área da fertilidade química de solos nos EUA.

No Brasil, artigos de Liebig foram traduzidos para o português e publicados durante as últimas décadas do século XIX na Revista Agrícola, importante veículo técnico-científico da agricultura naquele tempo, influenciando o debate técnico de ponta entre um seleto grupo de intelectuais, químicos e produtores de café (CAPILE & SANTOS, 2011). A essa altura havia duas escolas superiores de agricultura no Brasil, a Escola Superior de Agronomia de Cruz das Almas na Bahia (1875) e a Escola Superior de Agronomia de Pelotas (1883), e o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), fundado em 1887, mas até a década de 1940 seriam criadas outras, com destaque para a Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz (ESALQ), 1931, a Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), criada em 1938, além de institutos especializados, como: o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), criado em 1933, fundamental para o desenvolvimento do setor sucroalcooleiro, e o Instituto Brasileiro do Café (IBC), criado em 1952.

A pesquisa agrônômica no Brasil durante as décadas de 1930 e 1940 era conduzida pelo Serviço Nacional de Pesquisas Agrônômicas, alocado no Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agrônômicas do então Ministério da Agricultura. Sob a orientação do Serviço Nacional atuava uma rede nacional de experimentação agrícola constituída de Institutos Agrônômicos Regionais que promoviam pesquisas e experimentações dirigidas aos interesses regionais. Constituíam a rede o Instituto Agrônomo do Norte, com sede em Belém, o Instituto Agrônomo do Nordeste⁵, com sede em Recife, o Instituto Agrônomo do Leste⁶, com sede em Cruz das Almas-BA, o Instituto Agrônomo do Oeste, Sete Lagoas-MG, o Instituto Agrônomo do Sul, Pelotas e o Instituto de Biologia e Experimentação agrícola, no Rio de Janeiro⁷.

5 Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Nordeste, (Ipeane) originariamente denominado de Instituto Agrônomo do Nordeste (Iane), foi criado na década de 1940 e instalado em janeiro de 1951, com sede na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar no Curado, no município do Recife.

6 Instituto Agrônomo do Leste (IAL) foi criado na década de 1950, posteriormente denominado Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Leste (Ipeal), vinculado ao Ministério da Agricultura, cuja missão era desenvolver tecnologias para a agricultura regional. Destacava-se, na época, o trabalho com a citricultura. Mais tarde daria origem a Embrapa Mandioca e Fruticultura.

7 Homma (2013, 2022) apresenta uma exaustiva descrição da institucionalização do ensino e da pesquisa agrícola na Amazônia no século XX. Segundo o autor, o processo começa com a fundação, em Manaus, da Escola Universitária Livre de Manaus (1909) e com a criação da Escola Média de Agricultura (1912), depois transformada em Escola Agrônoma de Manaus. Uma restituição bastante fidedigna da criação de instituições e suas transformações está organizada em Homma (2013). Dentre as principais no estado do Pará, destacamos a criação do IAN, em 1939, da Escola de Agronomia da Amazônia (EAA) em 1951, criada anexa ao Instituto Agrônomo do Norte (IAN) em 1939, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) em 1954, da Universidade Federal do Pará em 1957, e Ceplac em 1965. A EAA foi transformada em Faculdade de Ciências Agrárias do Pará – FCAP, em 1972, que em 2002 originaria a Universidade Federal Rural da Amazônia. A Embrapa Amazônia Oriental viria a ser criada em 1975, então com o nome de Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (Cpatu), herdando a estrutura do IAN. Deve-se mencionar a criação do Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária da Amazônia Ocidental em 1969, em Manaus, transformado em 1974 no Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira, e, 1980, no Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê e, finalmente, em Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Ocidental, em 1989.

Para marcar o peso da influência dos Land-Grant Colleges no Brasil vale remeter a Ribeiro (2006) que expõe a importância desse modelo na história de constituição de universidades que surgiram como escolas superiores de agronomia na primeira metade do século XX no Brasil.

A ESAV teve como equivalente à educação para as artes mecânicas o Departamento de Engenharia Rural, cujas disciplinas eram Mecânica Agrícola, Topografia, Motores e Máquinas Agrícolas, Hidráulica Agrícola, Estradas de Rodagem, Construções Rurais, Desenho a Mão Livre, Geométrico, Topográfico e Arquitetura Rural (...). Neste contexto, foram realizadas experiências para o combate à saúva, para o combate a pragas em plantas como o feijão, o algodão, e, ainda, experiências com o álcool motor. Em 1932, foi feita na Escola a proposta de criação de um Conselho Experimental de Agricultura. De todo modo, somente em 1938 foi criada uma Estação Experimental. Pouco antes disso, já vinham se desenvolvendo experiências para a hibridação do milho (...). Vale notar que a superação da crise da ESAV se fez, em grande parte, com o apoio de entidades norte-americanas com as quais foram estabelecidos convênios de cooperação. Estes resultaram numa série de programas, que além de gestar o curso de economia doméstica, implicaram a consolidação da extensão rural de nossa instituição, a qual acabou por estas razões, entre outras, por ser escolhida, nos anos 1960, como um dos locus principais dos trabalhos da United States Agency for International Development (Usaid) na área educacional no Brasil (RIBEIRO, p. 115, 2006).

Na década de 1960, o Sistema Nacional de Pesquisa Agrícola que no âmbito da Revolução Verde daria especial atenção ao complexo grãos-carne a partir da integração de tecnologias mecânicas, químicas e biológicas com ênfase na genética. Todos, em suas especificidades regionais, eram tributários do paradigma mecânico-químico-genético nas suas estratégias de experimentação, geração de tecnologias e inovações em centros de excelência regionais, para posterior difusão em suas áreas de influência, a despeito das variações ecológicas, embora essas tenham sido alvo da genética. A formatação do sistema passou a ter maior capacidade de articulação com a criação da Embrapa em 1973, instituída para expandir experimentações e aplicações tecnológicas para além da região de polarização técnica-científica e informacional (SANTOS, 1998) localizada nas regiões Sul e Sudeste brasileiras. Os antigos Institutos Agronômicos seriam transformados em unidades especializadas da Embrapa.

O foco na definição de algumas espécies prioritárias, submetidas a sistemas homogêneos com potencial de aumento de produtividade em áreas de agricultura consolidada, mas, sobretudo, na fronteira agrícola, a partir da incorporação de biomas ainda pouco “dominados” pela ciência agrônoma, esteve na base do sistema em gestação à época. Nessa epopeia que resultou na transferência de tecnologias desenvolvidas no Brasil para outros países da África e Ásia, aplicações de tecnologias mecânico-químico-genéticas lograram êxito na conquista agrícola (do PMQG) do Cerrado (sistemas de aração e gradagem para modificar a estrutura física do solo, seguidos de fosfatagem e calagem para dirimir baixos índices de fósforo e cálcio, complementados por altas doses de adubos químicos solúveis) e de agrotóxicos, além da manipulação genética de plantas e sementes para adaptá-las ao pacote) e ainda lideraram a expansão agrícola na Amazônia (com pequenas alterações no pacote descrito acima).

Sendo um dos componentes principais da difusão de tecnologias, o Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), lançado em 1962, embarcou fundo num dos pilares centrais da “Revolução Verde” no campo brasileiro. Até 1982, o SNCR vinculava a concessão de crédito à formulação de um projeto técnico que deveria estar compulsoriamente vinculado e apresentar conformidade com o uso daquilo que se convencionou chamar, à

época, de “insumos modernos”. Sem que houvesse uma alternativa, o crescimento do crédito rural resultou na incorporação de tratores e máquinas agrícolas no cenário da agricultura “moderna do Brasil nas décadas de 1960 e 1970 e de insumos químicos a partir década de 1980 (VIEIRA FILHO, 2014).

De fato, houve um amplo leque de acesso a máquinas e implementos agrícolas, fertilizantes químicos, agrotóxicos de várias estirpes e sementes modificadas que passaram a chegar às mais longínquas corrutelas do Brasil. Agrotóxicos de altíssima toxicidade foram incorporados à vida doméstica de pequenos agricultores nas zonas rurais aos jardineiros das grandes cidades; sementes híbridas que exigiam altas doses de fertilizantes para alcançarem os níveis de produtividade prometidos, sem, no entanto, possibilitar a reutilização de sementes em safras posteriores, foram difundidas entre camponeses (que tinham na seleção massal de sementes uma prática enraizada), sacramentando sua elevada dependência em relação a indústria de sementes.

A título de exemplo vale explorar um padrão típico de delineamento de pesquisas no interior do PMQG. Soluções de problemas de fitossanidade na cana de açúcar no centro sul, laranja no interior paulista, café no sul de Minas Gerais, soja no sul e centro-oeste brasileiros, entre muitos outros exemplos possíveis, eram analisados em experimentos que alteravam espaçamentos entre plantas de acordo com as possibilidades de mecanização; que modelavam equipamentos na busca de pressões e ângulos de injeção de adubos granulados ou foliares mais adequados e econômicos; que testavam dosagens de insumos solúveis nitrogenados, fosforados e potássicos para ganhos de produtividade; enquanto geneticistas desenvolviam arquiteturas de plantas ou alteravam a composição genética delas para chegar ao melhor balanço entre os fatores de produção ou para criar resistência aos agrotóxicos (caso célebre da soja transgênica resistente ao glifosato).

Havia, todavia, os desdobramentos esperados, como discutidos pela teoria da trofobiose (CHABOUSSOU, 2006). Os adubos solúveis tornavam as plantas tenras. A “suculência” é criada pelo excesso de aminoácidos na seiva das plantas, resultante das altas doses de adubações nitrogenadas que não possibilitam tempo de nas plantas serem formadas cadeias proteicas (o que tornaria as plantas mais equilibradas e resistentes conforme espera-se de adubos orgânicos pouco solúveis). As alterações na fisiologia das plantas ao lado das alterações nos sistemas ecológicos nos quais os sistemas agrícolas de culturas solteiras eram introduzidos, ou seja, ao lado da simplificação e homogeneização das paisagens por perda irrestrita de diversidade e diminuição de espaçamentos, demandavam usos crescentes de agrotóxicos, cujos testes envolviam experimentos de múltiplas interações entre variáveis.

É importante ressaltar o quadro político e institucional que possibilitou a propagação compulsória do PMQG em todos os Biomas brasileiros a partir da década de 1960. O golpe militar de 1964 consolidou um pacto agrário que vinha sendo construído desde o fim da primeira república, cujo caráter maior era o de buscar a modernização técnica da agricultura sem grandes modificações na dinâmica agrária e na estrutura fundiária. Sua face moderna, ancorada na relação funcionalista da agricultura com a indústria, diante dos projetos de modernização nacional, escondia sua face conservadora, pois reinventava privilégios às oligarquias rurais ligadas à grande propriedade territorial (DELGADO, 2005). A propagação compulsória dos princípios da revolução verde (uso intensivo de agroquímicos, implementos mecânicos e sementes modificadas) e o processo de modernização conservadora inibiram tanto no plano político como acadêmico a busca pela determinação da proporção da

participação camponesa na agricultura nacional e um projeto político de desenvolvimento tecnológico de agriculturas ecológicas baseadas nas especificidades dos diferentes biomas nacionais. Ou seja, no lugar de investir esforços em pesquisa para se adaptar os pacotes tecnológicos aos biomas, o que deveria orientar os problemas, perguntas e metodologias de pesquisas deveria ser tentar compreender os balanços de energia e o funcionamento da biologia em conjunto com os conhecimentos advindos da química e as tecnologias mecânicas para pensar em outras possibilidades agrícolas.

Ademais, havia uma nítida concertação nas orientações políticas e intelectuais de que as formas de produção familiar relacionadas aos campesinatos eram sinônimo de atraso técnico. Não havia então por que conhecer suas especificidades, pois a elas cabia receber o pacote tecnológico mecânico-químico. O que mudou, então, com a nova onda de debates e políticas em torno da suposta sustentabilidade oportunizada pela bioeconomia?

O PARADIGMA MECÂNICO-QUÍMICO-GENÉTICO NO PORTFÓLIO DE POLÍTICAS PÚBLICAS DIRIGIDAS À BIECONOMIA

Nas últimas décadas vêm se consolidando um campo de interesses e de agendas político-científicas dirigidas à bioeconomia que nos últimos 5 anos ganharam expressão na Amazônia e em outros países com florestas tropicais. Fernandes et al (2022) argumentam com base em Bugge et al (2016) que significados e agendas políticas atribuídas à bioeconomia evoluem por três trajetos. O primeiro trajeto, *biotecnológico*, enfatiza a importância da pesquisa para inovações em processos de base biológica – biotecnologias passíveis de apropriação em diferentes setores da economia. O segundo trajeto é orientado aos *biorecursos*, enfatizando o desenvolvimento de produtos a partir de matérias primas biológicas, onde insumos industriais de fontes não renováveis são substituídos por derivados de recursos biológicos renováveis. O terceiro trajeto, chamado de *bioecológico*, valoriza processos ecológicos que otimizem o uso de energias e nutrientes com base em biodiversidade, em contraponto à monocultura e a degradação do solo dos dois trajetos anteriores.

Os autores entendem que os dois primeiros trajetos abrigam esforços complementares para a busca de soluções tecnológicas no âmbito do paradigma mecânico-químico-genético enquanto o terceiro trajeto refere-se a um paradigma tecnológico concorrente ao paradigma dominante (PMQG), porque orienta soluções produtivas pautadas por princípios agroecológicos, agroextrativistas ou agroflorestais que buscam soluções tecnológicas que ampliem o papel da natureza no processo produtivo⁸.

Os dois primeiros trajetos correspondem às agendas dominantes no campo das políticas públicas dirigidas à bioeconomia na atualidade e influenciam de forma abrangente as políticas que estimulam a busca de sustentabilidade na agricultura, por sua vez também influenciadas pela politização da agenda de mitigação das mudanças climáticas. É perceptível que o debate sobre sustentabilidade na agricultura, embora antigo, ganhou nuances e densidade institucional na proporção em que as mudanças climáticas foram ocupando espaços cada vez maiores nas agendas políticas nacionais e da cooperação internacional (VECCHIONE, 2022).

8 Esse paradigma concorrente ao paradigma mecânico-químico será foco de outro texto.

A Cúpula da Terra, conferência da ONU realizada no Rio de Janeiro em 1992, focou no debate sobre o “desenvolvimento sustentável” e resultou na assinatura de acordos internacionais importantes sobre a biodiversidade e o clima, como a Convenção para a Biodiversidade e a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC), esta última focada na estabilização da concentração de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera. Buscando soluções e cooperações para diminuir as emissões, muitos países aderiram à UNFCCC, encontrado na Conferência das Partes (COP) o órgão deliberador da convenção (SOARES; HIGUCHI, 2006).

A COP 3 resultou no Protocolo de Quioto (1997), uma espécie de guia protocolar para os países desenvolverem políticas públicas para redução de emissão de GEE. Nesse sentido, os relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), editados a partir da década de 1990, foram importantes instrumentos político-científicos ao mostrarem que a maior de liberação de (GEE) em países tropicais advinha, principalmente, das mudanças no uso e cobertura da terra, sendo a expansão de áreas agrícolas o principal vetor de mudanças. As commodities carnes, trigo, soja e milho foram e continuam sendo apontadas como as principais indutoras de desmatamento, logo de liberação de GEE. Em 2009, durante a 15ª conferência dos países membros da UNFCCC, ou Conferência das Partes (COP-15), foi apresentada a proposta de criação de um fundo específico para a gestão dos recursos da UNFCCC a partir de doações dos países industrializados e se reconheceu a importância da redução das emissões por desmatamento e degradação florestal.

Nesse mesmo ano, 2009, o Brasil instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), propondo a elaboração de planos setoriais nas áreas de uso da terra, agropecuária, energia e siderurgia para a consolidação de uma economia de baixo carbono. Seis anos depois, após a 21ª Conferência da UNFCCC, realizada em Paris, a ONU lançou a Agenda 2030 apresentando os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS), alguns deles diretamente dirigidos à agricultura e às florestas. O Brasil tornou-se signatário e no ano seguinte criou a Comissão Nacional dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, para coordenar a implementação da Agenda 2030, por meio de instrumentos de implementação dos ODS nas políticas nacionais. Além da redução das emissões de GEE e do controle do desmatamento, entre outras metas, o Brasil se comprometeu de fazer a restauração de 12 milhões de hectares de florestas e aumentar a participação de energias renováveis na composição da matriz energética (MARQUES, 2022).

As agendas políticas lograram diminuir no Brasil as taxas anuais de áreas incorporadas as cadeias de commodities, por quase uma década (2005 a 2015) o desmatamento de florestas consideradas primárias tenha sido controlado, o que fez diminuir as emissões. Com a centralidade do clima na agenda da sustentabilidade na agricultura, as trajetórias tecnológicas de cadeias de produção de commodities (p. ex. carne e soja) modificaram a combinação de fatores de produção buscando menor emissão de carbono e maior produtividade. “Ganhos de produtividade” ou “intensificação da produção” sendo compreendidos como a principal solução, ao lado de políticas de comando e controle, para a diminuição da taxa de incorporação de novas áreas agrícolas à custa de derrubada de florestas⁸

Para uma crítica a essa noção ver COSTA (2022).

Obviamente, o potencial da agricultura produzir biocombustíveis alternativos às fontes de carbono fóssil, ocupava também lugar de destaque nas agendas políticas relacionadas ao clima, no mesmo caminho do trajeto de uma bioeconomia de biorecursos. Não obstante a expansão de biocombustíveis estivesse e continue a estar ligada direta e indiretamente às cadeias de produção associadas ao desmatamento de matas secundárias e primárias, seu crescimento teve lugar de destaque nas políticas de incentivo a bioeconomia e nas contabilidades de balanço líquido de carbono.

Nesse percurso, duas terminologias novas logo seriam transformadas em referências nos discursos políticos das relações ecológicas entre clima e agricultura: a agricultura de baixo carbono e a restauração florestal. Embora sujeitas a muitas combinações de significados, essas duas terminologias e as noções a elas associadas passaram a orientar agendas políticas de grande envergadura, impregnadas pelo paradigma mecânico-químico-genético, definindo assim trajetos de políticas dirigidas à bioeconomia.

Por toda a primeira década do século XXI houve mobilização para criação/aperfeiçoamento do marco regulatório e de políticas públicas de apoio ao desenvolvimento da bioeconomia no Brasil. Em 2003 e 2004, debates entre o governo federal, academia e setor produtivo coordenados pelo então MCT resultaram na elaboração da primeira Estratégia Nacional de Biotecnologia em uma organização do Fórum de Competitividade em Biotecnologia. Tais iniciativas fundamentaram as bases para a edição, em 2007, do Decreto nº 6.041/07, que instituiu a Política Nacional de Desenvolvimento da Biotecnologia e o Comitê Nacional de Biotecnologia.

O objetivo principal era reforçar a competitividade da indústria brasileira no comércio internacional. Em relação a agropecuária, mereceram destaque estratégico na política o estímulo a geração de produtos estratégicos mediante a diferenciação de produtos e a introdução de inovações que viabilizassem a conquista de novos mercados mirando, dentre outros alvos: (1) o desenvolvimento de plantas resistentes a fatores bióticos e abióticos (em especial: cana resistente à seca, soja resistente à ferrugem asiática e à seca, feijão resistente a vírus); (2) tecnologias biológicas para produção animal e vegetal; (3) bioindústria de transformação para aproveitamento de subprodutos animais e vegetais.

O escopo centralizava nos trajetos biotecnológicos associados ao uso da biodiversidade e de biorecursos, associados ao agronegócio, ambos, bem alinhados na primeira agenda de bioeconomia para o Brasil, apresentada no relatório Bioeconomia: Uma Agenda para o Brasil, alinhado com o planejamento estratégico do setor para o período 2013-2022 (CNI, 2013).

O referido relatório lançou luzes sobre três temas principais: biotecnologia industrial, saúde humana e produção primária, por meio dos quais estabeleceu a necessidade de maior integração com o outro setor considerado pela CNI como chave para a bioeconomia nacional, o agronegócio. Para a CNI, a agroindústria tradicional deveria buscar uma transição para a bioindústria. A integração indústria e agronegócio em um escopo de bioeconomia demandaria a exploração de “áreas de fronteira para o agronegócio”, tais como: biotecnologia azul, biorreatores, reprodução vegetal e animal assistida, biotecnologia florestal, bioprospecção, OGMs, entre outras.

A ênfase dada para o desenvolvimento do agronegócio guardava em seu escopo a biotecnologia florestal, porém como uma nuance que deve ser destacada. O principal objetivo da CNI era apoiar a aplicação de políticas públicas que favorecessem a mudança de percepção em relação às florestas plantadas que, para a CNI, seriam lembradas apenas como produtoras de fibras quando haveria inúmeras aplicações de biotecnologias que poderiam diversificar o portfólio de produtos.

O mesmo ocorreu em duas publicações lançadas poucos anos depois pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégico (CGEE). Em Mapeamento de Competências em Temas Estratégicos em Bioeconomia: Panorama Preliminar das Áreas da Bioeconomia no Brasil e suas Conexões com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS, publicado em 2016, há grande aderência com as proposições feitas três anos antes pela CNI e alta compatibilidade com a agenda do agronegócio, principalmente, em seus vínculos com a produção de biocombustíveis, celulose e papel.

Um relatório bem mais diretivo com estratégias de CT&I para a bioeconomia seria publicado dois anos depois, em 2018, como o nome de Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação (PACTI) em Bioeconomia. O Plano se inseria no contexto das iniciativas nacionais à Agenda 2030 que definiu os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), coadunando-se também com o acordo de Paris. O relatório admitia possuir transversalidade com outros PACTI, cabendo destaque ao de Agropecuária Sustentável e ao de Energias Renováveis. Embora cite repetidas vezes a biodiversidade, o relatório em nada contribui com diretrizes mais detidas às florestas nativas dos biomas nacionais e ao desenvolvimento de sistemas agrícolas diversificados na forma de SAF.

A ênfase de uma bioeconomia focada na dinamização verde do agronegócio se repetiu em dois outros documentos de caráter normativo (IPEA, 2017; BNDS, 2018) que viam a bioeconomia como uma oportunidade para a diversificação da agricultura brasileira voltada para o desenvolvimento da produção de alimentos, fibras e energia com baixas emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Anos antes, a Política Nacional Sobre Mudança do Clima (Lei no 12.187/2009), delineava recomendações para que os diferentes setores da economia nacional desenvolvessem planos setoriais de redução de emissões de GEE. Nesse contexto surgiu o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura – o Plano ABC. O Plano ABC foi aprovado em maio de 2011, em reunião ordinária do Grupo Executivo do Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (Gex/CIM). Representou o esforço nacional de elaboração de políticas com base no compromisso assumido pelo Brasil na 15ª Conferência das Partes – COP15, ocorrida em Copenhague, no ano de 2009, posteriormente alinhados ao Acordo de Paris, formulado em 2015 durante a CO21 e aos compromissos do governo brasileiro com a redução de emissões de GEE (MARQUES, 2022).

Para além do desmatamento decorrente da incorporação de novas áreas agrícolas, no momento da formulação do Plano ABC, os inventários brasileiros de emissões listavam os principais vetores provenientes da agricultura e da pecuária (àquela altura responsáveis por um quarto das emissões nacionais brutas), dentre os quais: a fermentação entérica nos ruminantes (CH₄); a produção dos dejetos de animais (CH₄ e N₂O); o cultivo de arroz

Paralelamente, a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei 12.651/2012) previu a restauração florestal como um instrumento de regularização de passivos ambientais em propriedades rurais. Em complementação à LPVN e com o objetivo de conseguir cumprir o objetivo estipulado no Acordo de Paris, o governo federal também decretou, em 2017, a Política Nacional para Recuperação da Vegetação Nativa (PROVEG) (Decreto nº 8.972, de 23 de janeiro de 2017) para articular, integrar e promover políticas, programas e ações indutoras da recuperação de florestas e demais formas de vegetação nativa (Brasil, 2017), prevendo a restauração de 12 milhões de floresta até 2030 como uma das principais medidas para reduzir as emissões de carbono, em 43% neste período e em 37% até 2025, em relação aos níveis de 2005 (BORGIO *et al.*, 2017).

inundado (CH₄); a queima de resíduos agrícolas (CH₄ e N₂O); a emissão de N₂O em solos pelo uso de fertilizantes nitrogenados. Especialistas reconheciam outras fontes importantes de emissão que não constavam no inventário brasileiro, como o preparo mecânico do solo com implementos de discos e hastes (BRASIL, 2012).

Para ser o braço executivo do Plano, foi criado o Programa ABC, sua principal linha de destinação de crédito, que passou a constar Plano Safra. Por meio do Programa, foram previstos e implementados incentivos econômicos e financeiros (disponibilizados via Banco do Brasil e BNDS) aos produtores que aderissem às tecnologias eleitas como fundamentais para a diminuição das emissões, além de iniciativas de assistência técnica, capacitação, transferência de tecnologia e desenvolvimento tecnológico (MARQUES, 2022).

Tanto governo como instituições representativas do agronegócio que participaram ativamente da elaboração do plano ABC ressaltavam “as várias tecnologias sustentáveis de baixa emissão de carbono, desenvolvidas para condições tropicais e subtropicais, principalmente para a agropecuária de que o Brasil dispõe” (BRASIL, 2012). Nesses termos, as tecnologias sustentáveis deveriam operar para:

Aumentar a adoção de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLRF) e de Sistemas Agroflorestais (SAFs) em 4 milhões de hectares. Ampliar a utilização do Sistema Plantio Direto (SPD) em 8 milhões de hectares. Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN): ampliar o uso da fixação biológica em 5,5 milhões de hectares. Promover as ações de reflorestamento no país, expandindo a área com Florestas Plantadas, atualmente, destinada à produção de fibras, madeira e celulose em 3,0 milhões de hectares, passando de 6,0 milhões de hectares para 9,0 milhões de hectares; e ampliar o uso de tecnologias para tratamento de 4,4 milhões de m³ de dejetos de animais para geração de energia e produção de composto orgânico (BRASIL, p.19, 2012).

À despeito de o volume de recursos destinado ao Programa terem sido uma fração pequena em relação ao montante geral do Plano Safra (aproximadamente 5%) a demanda de contratação tem sido inferior ao valor disponibilizado. Créditos para recuperação de pastagens e plantio direto vem sendo os mais comuns durante a vigência do Programa, enquanto a integração lavoura-pecuária-floresta e as “florestas plantadas” ocuparam a terceira e quarta posições (OBSERVATÓRIO ABC, 2019 apud MARQUES 2022). De 2010 a 2018, o Programa ABC financiou aproximadamente 34.200 projetos, em cerca de 2.800 municípios, de biomas e regiões do país (CHAVES; PELIANO; SILVA, 2019, p. 35 apud MARQUES, 2022).

Como comenta Marques (2022) o “Plano ABC foi concebido para dar suporte à agricultura de base industrial, cujos impactos sociais, econômicos e ambientais são diversos e não se restringem às emissões de carbono e às suas implicações climáticas”. Não é difícil perceber que as tecnologias previstas para os ganhos de sustentabilidade da agricultura eram orientadas para operar por dentro do paradigma mecânico-químico-genético. Por um lado, a sustentabilidade seria obtida pelos ganhos de produtividade decorrentes do uso cada vez mais intenso da química. Mesmo quando objetivava-se remediar os impactos da mecânica pesada sobre a compactação dos solos, a intensificação do uso da química no manejo de palhadas e “restos vegetais”, junto ao uso de cultivares resistentes à química aplicada, foram as soluções buscadas, por exemplo, nas tecnologias de plantio direto, que mantinham baixa a diversidade biológica dos sistemas produtivos.

Nessa mesma linha de solução tecnológica, a inoculação de sementes para maior fixação de nitrogênio atmosférico, justificada pelo fato de diminuir a dosagem de adubos

nitrogenados, cujo aplicação nos solos resulta em consideráveis emissões de GEE, representa uma mudança na adoção dos fatores de produção sem sair das amarras do PMQG. Por outro lado, as soluções biológicas, como o desenvolvimento de variedades de maior rendimento em extensos plantios homogêneos, são partes do padrão de busca de soluções tecnológicas no quadro do PMQG. Falamos aqui de exemplos de *inovações de processo e de produto* que conduzem à formação de sistemas botânicos e biológicos homogêneos, dependentes de fontes fósseis de energia (GOODMAN, SORJ, WILKINSON, 1988).

Não se deve desmerecer os reais ganhos ambientais decorrentes, principalmente, de sistemas integrados de lavoura-pecuária-floresta, ou daqueles advindos pela incorporação de inoculantes para a fixação de nitrogênio atmosférico, entre outros recursos tecnológicos, o que queremos dizer é que tais soluções operaram fortemente influenciadas pelo paradigma mecânico-químico-genético, contribuindo ainda para a manutenção do latifúndio empresarial e monocultor na estrutura agrária nacional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mostramos nesse texto que o paradigma mecânico-químico-genético conformou a evolução de trajetórias tecnológicas que resultaram na industrialização da agricultura por meio de apropriações dos processos biológicos de produção. Etapas e elementos da produção agrícola passaram a ser reproduzidos em condições controladas e atomizadas pela indústria, tanto fornecendo insumos e maquinarias como processando a produção. Nessas bases, instituições públicas e privadas dirigidas ao desenvolvimento científico e tecnológico da agricultura buscaram continuamente inovações para limitar e/ou controlar a importância da natureza na produção rural (GOODMAN *et al*, 1988). Ao lado dos novos sistemas de exploração da natureza por meio da produção agrícola e industrial coevoluiram novas formas de exploração do trabalho e de apropriação desigual dos meios de produção.

O vínculo entre a produção científica, o desenvolvimento de direitos de propriedade, inclusive de propriedade industrial incidentes sobre as inovações tecnológicas, ao lado da disponibilidade de recursos financeiros provenientes de governos e do capital industrial e financeiro, foram fundamentais para a busca de soluções aos problemas tecnológicos da agricultura em bases mecânicas, químicas e da manipulação genética de plantas e animais, definindo assim os contornos do paradigma mecânico-químico-genético. Institucionalizado a partir das condições ecológicas e históricas das regiões temperadas, a dominância desse paradigma tecnológico na agricultura tem sido trágica para a sociobiodiversidade de países tropicais. Contaminação de solos, águas e corpos, expropriação de territórios, perda de biodiversidade, danos ambientais e climáticos de várias ordens já foram e continuam sendo largamente documentados em países tropicais da América Latina, África e Ásia. No entanto, os portfólios de políticas públicas destinados à sustentabilidade na agricultura têm sido conformados pelo mesmo paradigma tecnológico que gera insustentabilidade ecológica e social. Por meio de portfólios de políticas que visam a descarbonização, o reflorestamento, a produção de biocombustíveis e a domesticação de espécies florestais em sistemas agrícolas homogêneos, o paradigma mecânico-químico-genético orienta os discursos dominantes, os financiamentos e as políticas dirigidas à bioeconomia na Amazônia. O entrelaçamento entre finanças, combustíveis fósseis, biotecnologias e racionalidade industrial continua a ser a marca de tais políticas, que alimentam a manutenção de uma estrutura fundiária cada vez mais concentrada que desterritorializa camponeses, indígenas, povos e comunidades tradicionais, em nome da difusão de tecnologias supostamente “neutras” sob o ponto de vista político (MALHEIROS *et al* 2021).

Ehlers (1999), entre muitos outros, descrevem “os movimentos rebeldes” que a partir da década de 1920 começaram a ser organizados na busca de um projeto político alternativo à agricultura moderna. O registro de tais experiências, muitas delas provenientes dos trópicos, evidenciavam alternativas políticas concretas e apontavam para trajetórias tecnológicas baseadas em paradigmas que se mostravam promissores contrapontos ao PMQG. Nos últimos cem anos, essas experiências geraram ramificações que em sua diversidade deram densidade política, tecnológica e, podemos dizer, institucional, as formas alternativas de se fazer agricultura nos trópicos, como nos mostram os movimentos agroecológicos, os sistemas agroflorestais e as possibilidades abertas pela agricultura sintrópica.

As possibilidades de desenvolvimento tecnológico provenientes desses múltiplos caminhos, ao lado da retomada de políticas de reforma agrária e de reconhecimento de direitos territoriais de indígenas, quilombolas, camponeses e povos e comunidades tradicionais devem ser priorizadas se quisermos debater e planejar possibilidades de desenvolvimento da Amazônia em particular, e dos trópicos úmidos no geral.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Francisco de Assis Costa, Marília Gabriela Silva Lobato, Clara Vitória de Araújo Lima e aos pareceristas anônimos pela leitura e comentários. Erros e omissões são de responsabilidade exclusiva dos autores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BNDES. *ABioeconomia Brasileira em Números*. Bioeconomia | BNDES Setorial 47, p. 277-332. 2018.

BORGES, W. J. *A Trajetória Tecnológica das Máquinas e Equipamentos Agrícolas no Brasil: Uma análise a partir da integração teórico-analítica das abordagens evolucionária e institucionalista*. Doutorado em Administração. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 397 ps. 2016.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa emissão de carbono)*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, Coordenação da Casa Civil da presidência da república. – Brasília; MAPA/ACS, p. 172, 2012.

BUGGE, M. M.; HANSEN, T.; KLITKOU, A. *What Is the Bioeconomy? A Review of the Literature*. Sustainability, 2016. v. 8, n. 691, p. 1-22. Disponível em: <doi:10.3390/su8070691>.

CAPILÉ, B. SANTOS, N. P. S. A química no melhoramento da produção agrícola e sua divulgação na revista Agrícola. In: LOPES, MM., and HEIZER, A., orgs. *Colecionismos, práticas de campo e representações* [online]. Campina Grande: EDUEPB. 280p. Ciência & Sociedade collection. 2011.

CARSON, R. *Primavera Silenciosa*. São Paulo: Gaia, 2010, 305p.

CHABOUSSOU, F. *Plantas Doentes Pelo Uso de Agrotóxicos*. 1 edição. São Paulo. Ed. Expressão Popular, 2006 - 320 p.

CHAGAS, A.P. *A Síntese da Amônia: Alguns aspectos históricos*. *Quim. Nova*, Vol. 30, No. 1, 240-247, 2007.

CHAVES, J. V.; PELIANO, A. M.; SILVA, E. R. A. (coord.). *Tomar Medidas Urgentes para Combater a Mudança do Clima e seus Impactos*. Brasília: IPEA, 2019. (Cadernos ODS 13).

COSTA, F. A. *Mercado de Terras na Amazônia: Formação histórica e constitutivos*. Made centro de pesquisa em macroeconomia das desigualdades. 2022.

COSTA, F. A. Heterogeneidade estrutural e trajetórias tecnológicas na produção rural da Amazônia: delineamentos para orientar políticas de desenvolvimento. In: Batistella, M.; Moran, E. E.; Alves, D. S. *Amazônia: natureza e sociedade em transformação*. São Paulo: Edusp. 2008.

CNI - *Confederação Nacional da Indústria*. *Bioeconomia: uma agenda para o Brasil*. – Brasília: CNI, 2013.

DOSI, Giovanni. Technological Paradigms and Technological Trajectories. *Revista Brasileira de Inovação*, 2006.

EHLERS, E. *A Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma*. 2 ed. Guaíba: 137 p. 1999.

FOSTER, B. J. *A ecologia de Marx: materialismo e natureza*. Rio de Janeiro. Civilização Brasileira, 418 p., 2005.

GRAZIANO, J. S. *Progresso Técnico e Relações de Trabalho na Agricultura Paulista*. Tese Doutorado. Unicamp, São Paulo. 299 p. 1980.

GOODMAN, D. E., SORJ, B. E WILKINSON, J. *Agro-industry, state policy and rural social structures: recent analyses of proletarianisation in Brazilian agriculture*. In B. Munslow and H. Finch (eds.). *Proletarianisation in the Third World*, Londres: Croom Helm, 1988.

HIGHTOWER, J. *Hard Tornado, Hard Times: the Failure of the Land Grant College Complex*. 1972 by Agribusiness Accountability Project.

HOMMA, A. *Amazônia: os avanços e os desafios da pesquisa agrícola*. *Parc. Estrat. Ed. Esp.* • Brasília-DF • v. 18 • n. 36 • p. 33-54 • jan-jun 2013.

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Brasil 2035: cenários para o desenvolvimento*. Brasília, 2017.

MAAR, Juergen Heinrich. Justus Von Liebig, 1803-1873. Parte 1: vida, personalidade, pensamento. *Química Nova*, [S. l.], v. 29, n. 5, p. 1129–1137, 2006.

MALHEIRO, B., Porto-Gonçalves, C. W., MICHELOTTI, F. *Horizontes Amazônicos: Para pensar o Brasil e o mundo*. 1ª ed. São Paulo.: Fundação Rosa Luxemburgo, Expressão Popular, 288p. 2021.

MARQUES, M. I. M. FINANCIAMENTO AMBIENTAL, MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O AGRONEGÓCIO NO BRASIL. In. *Finanças verdes no Brasil: perspectivas multidisciplinares sobre o financiamento da transição verde / organizado por Iagê Z. Miola...[et al]*. - São Paulo: Blucher, 322 p. (Série Direito, economia e sociedade). 2022.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. *História das Agriculturas no mundo*. São Paulo: Editora Unesp, p. 53-93, 2010.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. *Análise das Emissões Brasileiras de Gases de Efeito Estufa e suas Implicações para as Metas de Clima do Brasil (1970-2019)*. Brasília, 2020.

OLMSTEAD, A. L.; RHODE, P. W. *The Red Queen and the Hard Reds: Productivity Growth in American Wheat, 1800–1940*. *The Journal of Economic History*, Vol. 62, No. 4 (Dec. 2002).

OLMSTEAD, A. L.; RHODE, P. W. *Adapting North American wheat production to climatic challenges, 1839–2009*. PNAS. January 11. vol. 108, no. 2. 2011

PERES, F., and MOREIRA, J.C., orgs. *É veneno ou é remédio?: agrotóxicos, saúde e ambiente* [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2003. 384 p.

POMPEIA, C. *Formação política do agronegócio*, Editora Elefante, 2020.

RIBEIRO, M. G. M. Caubóis e Caipiras. Os *land grant colleges* e a Escola Superior de Agricultura de Viçosa. *História da Educação*, ASPHE/FaE/UFPel, Pelotas, n. 19, p. 105-120, abr. 2006. Disponível em: <http://fae.ufpel.edu.br/asphe>.

ROSS, C. *Ecology and Power in the Age of Empire Europe and the Transformation of the Tropical World*. Oxford University Press. 488 p. 2017.

SALLES-FILHO, S. BIN, A. Reflexões sobre os rumos da pesquisa agrícola. In.: *O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola* / Antônio Márcio Buainain, Eliseu Alves, José Maria da Silveira, Zander Navarro, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2014.

SILVEIRA, J. M. Agricultura brasileira: o papel da inovação tecnológica. In.: *O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola* / Antônio Márcio Buainain, Eliseu Alves, José Maria da Silveira, Zander Navarro, editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2014.

SILVA, A. P; OLIVEIRA, J. T. A. O modelo cooperativo de extensão dos estados Unidos: contribuições possíveis para o Brasil. *Revista Ceres*, volume 57, nº 3, maio-junho 2010. Viçosa. p 297-306.

SMIL, V.; *Enriching the Earth*, MIT Press: Cambridge, Massachusetts, 2000.

SOARES, T. J.; HIGUCHI. A convenção do clima e a legislação brasileira pertinente, com ênfase para a legislação ambiental no Amazonas. *ACTA AMAZONICA*. VOL. 36(4): 573 – 580. 2006.

TASCHI, A. L. *Dinâmica tecnológica, padrão inovativo e de concorrência da indústria gaúcha de máquinas e implementos agrícolas*. XV ANPEC SUL. 2012.

VECCHIONE, M. Financiando a Amazônia: do piloto de proteção nos anos 90 à Bioeconomia descarbonizada do terceiro milênio. In.: *Finanças verdes no Brasil: perspectivas multidisciplinares sobre o financiamento da transição verde* / organizado por Iagê Z. Miola... [et al]. - São Paulo: Blucher, 322 p. (Série Direito, economia e sociedade). 2022.

VEIGA, J. E. O desenvolvimento agrícola: uma visão holística. 2ª ed. São Paulo: Edusp, 236 p. 2007.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Transformação histórica e padrões tecnológicos da agricultura brasileira. . In.: *O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola* / Antônio Márcio Buainain, Eliseu Alves, José Maria da Silveira, Zander Navarro, editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2014.

WRIGHT, B. D. *Grand missions of agricultural innovation*. *Research Policy* 41.1716– 1728. 2012.