



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO,
CONTABILIDADE E CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO E
DOCUMENTAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente

**RELAÇÃO DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E DO MEIO
AMBIENTE NA AGRICULTURA DO ESTADO DE MATO GROSSO:
DESAFIOS PARA SUSTENTABILIDADE**

ANDERSON GHELLER FROEHLICH

Brasília – DF
Outubro, 2008

RELAÇÃO DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E DO MEIO
AMBIENTE NA AGRICULTURA DO ESTADO DE MATO GROSSO:
DESAFIOS PARA SUSTENTABILIDADE

ANDERSON GHELLER FROEHLICH

Orientador: Prof. Dr. Jorge Madeira Nogueira

Dissertação apresentada ao Departamento de
Economia da Universidade de Brasília – Mestrado
Gestão Econômica do Meio Ambiente – como
requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em
Economia.

Brasília – DF
Outubro, 2008

**RELAÇÃO DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E DO MEIO
AMBIENTE NA AGRICULTURA DE MATO GROSSO: DESAFIOS
PARA SUSTENTABILIDADE**

ANDERSON GHELLER FROEHLICH

Aprovada por:

Prof. Dr. Jorge Madeira Nogueira
Orientador

Prof. Dr. Charles Curt Mueller

Prof. Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição

Prof. Dr. Gilmar Laforga

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Froehlich, Anderson Gheller.

F925r RELAÇÃO DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E DO MEIO AMBIENTE
NA AGRICULTURA DO ESTADO DE MATO GROSSO: DESAFIOS
PARA SUSTENTABILIDADE/Anderson Gheller Froehlich. – Brasília
[DF], 2008. 128 f. ; 30 cm. II.

Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente)
Universidade de Brasília, 2008.

Orientador: Jorge Madeira Nogueira

1. Desenvolvimento Sustentável. 2. Gerenciamento Ambiental. 3. Mudanças
Técnicas na Agricultura. I. Autor. II. Título.

CDU 502.3

Dedico esse trabalho à minha esposa, Elisandra, a meus filhos, Raul e Júlia, a meus pais, Nelson e Neila e a meus irmãos, Fábio e Sheila.

AGRADECIMENTOS

A meus pais pelo incansável incentivo em todos os momentos de minha vida e incondicional apoio aos estudos e a meus irmãos pelo orgulho recíproco que sentimos. À minha esposa e aos meus filhos, pela compreensão nas ausências e amor que me motivaram a cada passo dado nessa caminhada.

Ao professor Jorge Madeira Nogueira, referencial de educador e pesquisador, pelos valiosos ensinamentos nas aulas e na orientação desse trabalho.

Aos meus amigos e colegas da UNEMAT, em especial a Sandro Benedito Sguarezi, José Pereira Filho e Neodir Paulo Travessini, pelas críticas construtivas e apoio na construção da dissertação e ao professor Gilmar Laforga por acreditar na proposta da pesquisa e no meu amadurecimento enquanto professor pesquisador.

Aos “camarheiros” da La Comuna e aos empreendedores da G3 Soluções pela energia positiva para conclusão desse trabalho.

Aos colegas e amigos de mestrado pelo tempo de troca de conhecimentos e, fundamentalmente, à Marli Deon Sette e Neuza Arenhart, que sempre acreditaram nessa conquista.

Aos professores da UnB, Denise Imbroisi, Pedro Zuchi, Charles Mueller e outros docentes do programa de mestrado que nos propiciaram momentos de reflexão e aprendizado.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE QUADROS	xi
LISTA DE TABELAS	xii
CAPITULO I - INTRODUÇÃO	01
CAPITULO II - O PENSAMENTO ECONÔMICO E A INTERFACE COM O MEIO AMBIENTE	05
2.1 - Escola Neoclássica.....	05
2.1.1 – O <i>mainstream</i> econômico.....	05
2.1.2 – As externalidades.....	08
2.2 - Escola Evolucionista.....	15
2.2.1 – Das limitações do <i>mainstream</i> econômico.....	15
2.2.2 – Princípios evolucionistas.....	16
2.2.3 – Aspectos inovadores da economia evolucionária.....	21
2.2.4 – Da teoria do progresso técnico: pressupostos da economia ambiental e ecológica.....	22
CAPÍTULO III - AS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E GERENCIAIS E OS DESAFIOS DA SUSTENTABILIDADE	29
3.1 – Gestão empresarial e competitividade.....	29
3.2 – As inovações tecnológicas no contexto das decisões empresariais.....	32
3.2.1 – Referenciais históricos.....	32
3.2.2 – Inovações tecnológicas: conceitos e definições.....	36
3.3 – Oportunidades e restrições ambientais no processo de inovação.....	41
3.4 – Crítica ambiental à tecnologia moderna.....	45
CAPÍTULO IV - AGRICULTURA SUSTENTÁVEL E SUA RELAÇÃO COM AS MUDANÇAS TÉCNICAS	48
4.1 – Características da agricultura e inovações tecnológicas.....	48
4.2 – Evolução da variável ambiental no processo de inovação na agricultura: influência da Revolução Verde.....	51
4.2.1 – Internalização da variável ambiental.....	53
4.3 – Das insuficiências do paradigma produtivista à agricultura sustentável.....	54
4.3.1 – Agricultura sustentável.....	57
4.4 – Os impactos da modernização tecnológica agrícola no Brasil.....	62
4.5 – A teoria das Inovações Induzidas e o fator de produção terra no cerrado.....	65
4.5.1 – Inovações do cerrado brasileiro.....	67
CAPÍTULO V - AGRICULTURA NO ESTADO DE MATO GROSSO: ASPECTO AMBIENTAIS DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E TECNOLÓGICO	71
5.1 – Características físicas do estado.....	71
5.1.1 – Amazônia.....	72

5.1.2 – Cerrado.....	73
5.2 – Evolução e características do crescimento econômico.....	74
5.3 – Tecnologias na agricultura do estado de Mato Grosso.....	79
5.3.1 – Uso de fertilizantes.....	80
5.3.2 – Uso de agrotóxicos.....	81
5.3.3 – Uso de tratores.....	84
5.4 – Principais impactos ambientais na agricultura em Mato Grosso.....	87
5.4.1 – Desmatamentos e queimadas.....	88
5.4.2 – Degradação e erosão do solo.....	93
5.4.3 – Perda da biodiversidade.....	94
5.4.4 – Poluição do ar.....	95
5.4.5 – Poluição das águas.....	96
5.5 – Análise do processo de desenvolvimento da agricultura do estado de Grosso: aspectos da tecnologia e do meio ambiente.....	97
CAPÍTULO VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106

RELAÇÃO DAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E DO MEIO AMBIENTE NA AGRICULTURA DE MATO GROSSO: DESAFIOS PARA SUSTENTABILIDADE

RESUMO

O presente trabalho teórico objetiva analisar as principais técnicas agrícolas utilizadas no estado de Mato Grosso, seus impactos ao meio ambiente e sua trajetória tecnológica, a fim de definir o modelo da agricultura predominante e a sua relação com o desenvolvimento sustentável. O problema de pesquisa se reveste em indagar qual o papel das inovações tecnológicas sobre o meio ambiente e a promoção da sustentabilidade na agricultura do estado de Mato Grosso, sob a hipótese de que decisões gerenciais sobre inovações tecnológicas podem levar efetivamente à redução das externalidades ambientais, entretanto, não necessariamente, convergem para a sustentabilidade da agricultura. As principais proposições indicadas na pesquisa, no sentido de construir um novo modelo agrícola para o estado, remetem a uma reconfiguração da agricultura predominante, combinada com outras alternativas de produção, capazes de atender a demanda crescente de alimentos e atenuar os desequilíbrios ecológicos e sociais apresentados.

Palavras-Chave: Inovações Tecnológicas, Agricultura e meio ambiente, Economia da Sustentabilidade.

RELATION BETWEEN TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AND THE ENVIRONMENT IN THE AGRICULTURE OF MATO GROSSO: CHALLENGES FOR SUSTAINABILITY.

ABSTRACT

The present study is characterized as a theoretical research which has as an aim to analyze the main agricultural techniques used in Mato Grosso state, their environmental impacts and their technological trajectory, with the objective of defining the model of agriculture that is predominant and its relation with a sustainable pattern of development. This research questions what is the role of the technological innovations and the environment for the promotion of sustainability of agriculture in Mato Grosso state, under the argumentation that management decisions about technological innovations can lead effectively to the reduction of environmental externalities, however, not necessarily to a sustainable type of agriculture. The main propositions indicated in the research with the need of constructing a new agricultural model for the state, lead to a reconfiguration of the present agricultural model which is predominant, combined with other alternatives of production, capable of satisfying the crescent demand of food and diminishing the ecological and social unbalances presented.

Key-words: Technological Innovations, Agriculture and Environment, Economics of Sustainable.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O afastamento entre custo social e custo privado: a externalidade rigorosa.....	24
Figura 2 – Taxa de poluição ótima.....	25
Figura 3 – Valor das vendas de defensivos agrícolas no Brasil (2001-2005)	96
Figura 4 – Evolução do consumo de tratores de rodas no Brasil (1996-2005)..	98
Figura 5 – Evolução da utilização de tratores da agropecuária do Centro- Oeste (1975-1995/1996)	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tecnologia e civilização ocidental.....	48
Quadro 2 – Dinâmica tecnológica e impactos ambientais.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Comparação do custo de produção de soja entre Brasil e Estados Unidos (em US\$ por hectare) em 2000.....	90
Tabela 5.2 – Fertilizantes entregues ao consumidor final (mil ton.).....	93
Tabela 5.3 – Brasil: Vendas de defensivos agrícolas – 1992 a 2005 (mil US\$).....	97
Tabela 5.4 Área desmatada em Km2 na Amazônia Legal (2001-2007).....	104

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A incorporação de novas tecnologias na agricultura gerou expectativas de colheitas fartas e o domínio de áreas pouco exploradas como, por exemplo, a área de fronteira agrícola do cerrado, na região Centro-Oeste do país. Indubitavelmente, muitas destas expectativas se concretizaram. Entretanto, os danos ambientais causados geraram e geram um custo muitas vezes irreversível.

A atividade agropecuária em Mato Grosso representa um modelo de moderna tecnologia e de alta produtividade para o país com índices extremamente positivos na produção de grãos em grande escala e na pecuária bovina extensiva, com participação decisiva no Produto Interno Bruto - PIB do agronegócio brasileiro. Por outro lado, aparece como a grande responsável por externalidades ambientais, como a perda de biodiversidade, a erosão do solo e a contaminação das águas, além dos problemas graves com o desmatamento.

O caminho para uma agricultura sustentável, em que os recursos naturais não sejam depleciados, a concentração fundiária não seja a tônica do processo econômico e a exclusão social não prevaleça, deve ser perseguido pelos *policymakers* e pelos empresários rurais, caso pretendam continuar com a atividade num longo prazo. Aliás, a decisão sobre uma nova tecnologia mais rentável e menos impactante, pode depender fundamentalmente da visão do

empresário, de políticas públicas reguladoras e do mercado que, em sinergia, conduzam à atividade na ótica do desenvolvimento sustentável.

A destruição ambiental foi considerada, durante várias décadas, como aceitável preço a ser pago pelo progresso econômico baseado na racionalização do mercado e no lucro máximo. O resultado deste posicionamento, em que a eficiência econômica se evidencia como um comportamento trivial, também esteve sempre presente nas organizações, e advém de uma maneira de visualizar como uma empresa operacionaliza sua estratégia na busca da máxima rentabilidade. Os economistas evolucionistas, por sua vez, ao recusarem o mecanicismo e o reducionismo peculiar das teorias convencionais, buscam uma abordagem ao mesmo tempo sistêmica, holística e evolucionária, através da escolha das instituições como unidade de análise. Para eles, o desenvolvimento econômico decorreria da introdução de inovações tecnológicas pelos empresários, ou seja, novas formas de combinar os meios de produção disponíveis em um sistema de gestão ambiental capaz de produzir com sustentabilidade.

Diante disso, o problema de pesquisa desse trabalho se reveste em indagar qual a relação das inovações tecnológicas na promoção da sustentabilidade ambiental na agricultura no estado de Mato Grosso. É hipótese da pesquisa que decisões gerenciais sobre inovações tecnológicas podem levar efetivamente à redução das externalidades ambientais, sem entretanto, necessariamente convergirem para a sustentabilidade da agricultura.

Para isso, à luz dos objetivos propostos, são analisadas empiricamente as principais técnicas agrícolas utilizadas no estado de Mato Grosso e seus impactos ao meio ambiente, além da trajetória tecnológica do estado, a fim de definir o modelo da agricultura predominante e a sua relação com desenvolvimento sustentável, por meio de comparativos com os modelos de desenvolvimento agrícola encontrados na pesquisa.

Essa pesquisa se caracteriza também pela sua natureza básica, de cunho teórico que, de acordo com Diehl e Tatim (2006), “se constitui em um procedimento técnico que permite ao pesquisador desenvolver os estudos exclusivamente a partir de fontes bibliográficas”. Sua principal vantagem, segundo

os autores, é o fato de que os documentos podem constituir uma fonte rica e estável de dados, além de que não se exige um contato do pesquisador com os sujeitos da pesquisa. Por outro lado, a possibilidade de não representatividade e a subjetividade dos documentos, revelam os fatores limitantes da pesquisa, sem desmerecer o seu resultado. “É verdade que a pesquisa bibliográfica não costuma oferecer dados inéditos, como a pesquisa de campo ou de laboratório” (SANTOS, 1999, p. 28). Ressalte-se, porém, que em nada compromete a possibilidade de originalidade dos raciocínios e um novo pensamento construído.

Assim, o estudo incorpora também as considerações de Eco (1997), quando discute a função da pesquisa teórica e a sua utilidade mesmo para especialistas de um determinado assunto que nunca haviam efetuado estudos aprofundados e de Demo (2000), quando externa que esse tipo de pesquisa “não implica imediata intervenção na realidade, mas nem por isso deixa de ser importante, pois seu papel é decisivo na criação de condições para a intervenção”.

Quanto à forma de abordagem pode ser classificada como pesquisa qualitativa (DEMO, 1996), pois procura interpretar o fenômeno das inovações tecnológicas na agricultura de Mato Grosso e atribuir significados a partir do momento que o relaciona com os temas do meio ambiente e sustentabilidade, não exigindo para tal o uso de técnicas estatísticas na sua construção. Do ponto de vista de seus objetivos se constitui em uma pesquisa explicativa por visar identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência do referido fenômeno (GIL, 1991).

No sentido de melhor organizar essa pesquisa, sua estruturação está disposta de seguinte forma: o segundo capítulo enfoca a discussão das teorias neoclássica (*mainstream* econômico) e evolucionista (*schumpeteriana*), demonstrando seus principais fundamentos, suas contribuições e críticas e traçando o comportamento das firmas em cada escola, além dos aspectos das externalidades nas decisões empresariais sobre o meio ambiente. Ainda destaca a questão do progresso técnico, cerne do trabalho, na visão das duas escolas.

O terceiro capítulo trata das tomadas de decisões empresarias e da competitividade e sua relação com as novas tecnologias implantadas, mostrando

como inovações tecnológicas expressam mudanças que podem significar eficiência econômica e redução de impacto ambiental. Apresenta também conceitos e a evolução da trajetória tecnológica e meio ambiente.

O quarto capítulo discute a inovação tecnológica no contexto da agricultura sustentável, numa abordagem conceitual do tema desenvolvimento sustentável, identificando as características agrárias do estado de Mato Grosso e suas principais externalidades ambientais.

Com um tratamento empírico, o quinto capítulo apresenta dados sobre o uso de tecnologias no estado de Mato Grosso e suas conseqüências ambientais.

Por último, nas considerações finais, são elaboradas sugestões consideradas viáveis diante dos estudos levantados, para a adoção de novas práticas e técnicas agrícolas e/ou aprimoramento de outras, capazes de criar alternativas ao modelo existente e alcançar o caminho do desenvolvimento sustentável.

CAPÍTULO II

O PENSAMENTO ECONÔMICO E A INTERFACE COM O MEIO AMBIENTE

2.1 – ESCOLA NEOCLÁSSICA

2.1.1 - O *mainstream* econômico

A *escola neoclássica* é considerada a base do pensamento econômico contemporâneo e pressupõe racionalidade e maximização de lucros e utilidades na busca de um equilíbrio ótimo. Para esta escola os mercados perfeitos se auto-regulam, não necessitando, portanto, de intervenção governamental. Em outras palavras, o livre jogo das forças de mercado, em situação de livre competição (o que significa perfeita informação dos agentes econômicos), seria capaz de promover a mais eficiente alocação dos recursos, a mais elevada produção, a mais justa distribuição de renda, o mais rápido progresso tecnológico e a mais correta utilização da natureza.

Já na década de 50, apareceu o primeiro estudo sistemático dos custos relacionados ao meio ambiente (KAPP, 1976). A partir de então, uma grande quantidade de estudos e avanços foram aparecendo na linha econômica neoclássica do meio ambiente. Para May e Motta (1994), a teoria neoclássica não é inteiramente satisfatória para tratar dos problemas do meio ambiente, pois apresenta algumas dificuldades, como: (1) a análise econômica neoclássica se

baseia nos valores monetários de mercado e possui instrumentos econômicos para valorar o meio ambiente, apesar da suposta afirmação de que o meio ambiente não tem “cotação” neste mercado; (2) o princípio de soberania do consumidor é um dos conceitos básicos da construção do sistema neoclássico, mas a demanda de meio ambiente não é levada em consideração; (3) o estoque de recursos não é também levado em consideração como riqueza, uma vez que a análise destaca preponderantemente os fluxos de riqueza produzida.

A despeito das críticas e das posições contrárias de alguns autores, o enfoque neoclássico tem um papel importante a desempenhar no controle dos problemas ambientais. Mesmo que tal enfoque não seja perfeitamente adequado para todas as ou para maioria das situações da realidade, ele permite que muitos aspectos sejam tratados. Importa, então, utilizar o instrumental disponível, com a consciência de suas limitações e com a devida qualificação dos resultados obtidos (MAY e MOTTA, 1994, p. 56).

As utilidades ou preferências dos indivíduos são as que determinam a importância do bem, deixando explícito o caráter antropocêntrico¹ da presente escola. Além disso, as questões extra-econômicas relativas ao meio ambiente e aos recursos naturais não são contempladas no cerne da discussão dos economistas neoclássicos. Segundo Amazonas (1998), o sistema econômico é visto com um sistema isolado que não troca matéria e energia com o meio externo, relegando o meio ambiente ao papel de receptor de dejetos e resíduos e supridor das necessidades de consumo e produção.

Outra concepção é a de que a escola pressupõe a inexistência de impactos gerados pelas atividades de produção e consumo, chamados de poluição. Se não há poluição, o meio ambiente é fonte ilimitada de recursos naturais e fossa inesgotável de resíduos e dejetos. Acrescenta Amazonas (1998) que a própria função de produção² moldada pela teoria neoclássica expressa este fato ao considerar que não há relação entre sistema econômico e meio ambiente.

¹ O antropocentrismo e o sentido pragmático-utilitarista do pensamento cartesiano não podem ser vistos desvinculados do mercantilismo que se afirmava e já se tornava, com o colonialismo, senhor e possuidor de todo o mundo (LEFF, 2001).

² Esta função da produção, vista sob a ótica dos neoclássicos, faz parte de um processo estacionário, onde o tempo apenas estabelece o momento de participação dos fatores produtivos.

Na década de 60, ao reconhecer que o sistema econômico tem influência sobre o meio ambiente, a teoria econômica convencional admitiu que o meio ambiente fornece matéria e energia bruta ao sistema econômico e este devolve ao meio ambiente energia e matéria dissipada, além dos dejetos e resíduos não aproveitados. Esse reconhecimento encontra-se alicerçado nos preceitos da lei da termodinâmica³, onde o meio ambiente fornece energia e matéria de baixa entropia (matéria-prima) ao sistema produtivo e este devolve energia e matéria de alta entropia (dejetos e resíduos).

Para Young (2001), a abordagem neoclássica ganha espaço nos anos 70 e 80, coincidindo com as reivindicações da sociedade e das classes ambientalistas pelo pagamento das externalidades dos impactos ambientais causados pelas empresas. Surge, então, a questão da valoração ambiental, que busca traduzir a relação custo/benefício em termos quantitativos. Cavalcanti (2004) pondera que estimar o valor monetário de recursos naturais esgotados como meio de aferir se o desenvolvimento tem sido sustentável, representa uma iniciativa para, pelo menos, se ter uma idéia econômica das externalidades negativas geradas.

Ao relacionar a valoração do capital natural⁴ como um dos inspiradores da teoria neoclássica, Lima (1999) demonstra que ela está orientada por uma crença na superioridade do mercado como mecanismo de alocação de recursos em geral. Destaca ainda que essa valoração monetária do capital natural da economia normalmente é realizada por meio de preços de mercado, os quais são vistos como os melhores estimadores do grau de escassez relativa dos bens e serviços circulando na economia. O capital natural é constituído pela base de recursos naturais, renováveis e não-renováveis, pela biodiversidade, e a capacidade de absorção de dejetos dos ecossistemas (TURNER *et al.*, 1994).

Os fatores de produção na sua concepção são agregados em coordenadas de fundo e de fluxo, onde as de fundo constituem a base material para o processo (terra ricardiana, capital e força de trabalho), tendo efeito sobre os elementos de fluxo gerando produto (GEORGESCU-ROEGEN, 1971).

³ Para análise da primeira e da segunda lei da termodinâmica, ver Mueller (2007).

⁴ Muito embora o capital natural – ou, com maior frequência, o capital ambiental – seja atualmente a variável-chave dessas elaborações, o conceito em si – bem como a analogia subjacente – não é tão recente assim. Lima (1999) aponta que Irving Fisher (1904), um dos precursores da abordagem neoclássica, utilizou recursos ambientais como lagos e rios para ilustrar os conceitos de estoque e fluxo de capital físico.

No que diz respeito à apropriação de recursos naturais – recursos hídricos, por exemplo -, Souza-Lima (2004) afirma que a economia ambiental neoclássica apóia-se no princípio da escassez. Ao classificar determinados recursos naturais como escassos, a única forma de preservá-los é caracterizando-os como “bens econômicos”. As implicações advindas desse tipo de decisão são protetoras tanto dos interesses individuais quanto coletivos. A transformação dos recursos naturais em “bens econômicos” apaga a imagem de que os mesmos são abundantes, de que não existem donos, e que, em função disso, podem ser desperdiçados. Segundo o autor, esse tratamento que a economia ambiental confere aos recursos naturais tende a pleitear, ao menos na aparência, a dimensão civilizatória de qualquer política pública voltada aos temas sócio-ambientais. A saber, educar as vontades dos usuários para que os mesmos conscientizem-se de que suas ações lesivas ao ambiente serão penalizadas.

Em outras palavras, a economia neoclássica centra-se na alocação eficiente de recursos escassos a fins presentes e futuros alternativos através do sistema de preços de mercado. Não surpreende, portanto, que o arcabouço neoclássico seja visto por seus adeptos como o “naturalmente” mais adequado para o tratamento teórico-conceitual da busca do desenvolvimento sustentável⁵. Os mecanismos de mercado são encarados por esses economistas como os mais apropriados – ainda que nem sempre suficientes – para garantir a sustentabilidade do desenvolvimento face às restrições ambientais, muito embora haja também o reconhecimento de que não é possível tabular a totalidade dos ativos e lhes atribuir um valor monetário correspondente.

2.1.2 - As externalidades

⁵ Para Young (2001), a corrente do desenvolvimento sustentável baseia-se na lógica de combinar as questões de âmbito econômico com as questões sociais e ambientais, a serem incorporados pelo Estado, empresas, ONGs e sociedade. Nobre (1998) *apud* Lima (1999) analisa como a teoria econômica, particularmente a de extração neoclássica, se tornou hegemônica no debate ambiental desde a década de 70, num processo que, segundo o autor, está intimamente ligado aos rumos dos debates e das práticas fundadas na noção de desenvolvimento sustentável.

Segundo Amazonas (1999), o valor de certos bens e serviços ambientais não seria captado pelo mercado, porque estes teriam o caráter de bem público. Com efeito, determinaria as falhas de mercado ou externalidades⁶. Margulis (1990) destaca dois tipos de falhas de mercado que ocasionariam externalidades: a falta de um sistema bem definido de direito de propriedade sobre os recursos naturais e a característica do bem público que por vezes tem o usufruto do meio ambiente.

Sobre a tentativa da teoria neoclássica de buscar indicadores de escassez e sustentabilidade baseados em preços de mercado, Victor (1991) aponta uma possível contradição:

(...) se os mercados de recursos naturais funcionassem mais ou menos de acordo com os preceitos da teoria neoclássica, então esses recursos estariam sendo alocados de maneira eficiente ao longo do tempo. Nessas circunstâncias, os indicadores de preços, custos e lucros dos recursos seriam corretos, mas de reduzida importância prática, uma vez que, por hipótese, nenhuma intervenção de política pública seria necessária quando o mercado estivesse funcionando adequadamente. Caso os mercados de recursos não estivessem funcionando de acordo com o modelo neoclássico, entretanto, por causa seja de imperfeições de mercado ou de os efeitos ambientais não estarem refletidos nos preços, então a necessidade de indicadores se tornaria importante. Nessas circunstâncias, infelizmente, os indicadores oferecidos pela teoria neoclássica não serviriam, dado que as hipóteses necessárias à sua significância normativa não estariam prevalecendo. (VICTOR, 1991, pp. 52-68).

Mueller (2007), ao fazer referência ao pensamento neoclássico, observa:

O que vale, em suma, é o bem estar dos indivíduos e não a sanidade do meio ambiente; esta só interessa se, ao ser afetada pelo funcionamento do sistema econômico, provocar desconforto, prejuízo aos agentes econômicos. Mas estes podem ser facilmente amenizados por medidas de internalização das externalidades (MUELLER, 2003, p. 51).

⁶ Motta (1997) aponta que as externalidades ocorrem “quando o consumo ou a produção de um bem gera efeitos adversos (ou benefícios) a outros consumidores e/ou firmas, e estes não são compensados efetivamente no mercado via sistema de preços.

Para internalizar as externalidades, os economistas neoclássicos sugerem justamente a adoção de mecanismos de mercado, ou seja, instrumentos que funcionam como incentivos econômicos que simulam um “preço” da degradação ambiental que os poluidores devem incorporar aos seus custos privados.

O ato de valorar economicamente a externalidade tem como precursor Pigou (MUELLER, 2007), por meio da inserção de uma taxa sobre a unidade poluente. O autor trata das externalidades ou deseconomias externas dentro de uma concepção social-privada. Para ele, toda atividade econômica tem seu preço e a soma dos custos impostos à sociedade é nomeada de custo social. Parte do custo social é arcada pela iniciativa privada via pagamento de salários, compra de insumos e aluguéis sobre a terra, constituindo o custo privado. A outra parte é transferida à sociedade.

Os custos externos se constituem dos custos não captados pelo mercado mais impostos sobre outros agentes sem a devida compensação. Para Pigou esses custos externos poderiam ser aferidos de forma pecuniária, no momento em que o emissor das externalidades internalizasse em seus custos o dano provocado. No instante em que ocorre a internalização das externalidades pelo emissor, o efeito externo será somado ao custo social⁷, ficando este maior ou menor que o custo privado (FIG. 1).

Para ilustrar essa idéia, a Fig. 1 revela que existe uma não compensação da externalidade pelo agente econômico, representada ao nível P, onde o custo marginal privado (CMgP) é menor que o custo marginal social (CMgS) da produção. Isto significa, em outras palavras, que os impactos sociais (bem-estar) não são capturados pelo agente poluidor que, invariavelmente, busca tão-somente maximizar o lucro de sua atividade produtiva.

⁷ Lopes & Matos (2002) trazem um exemplo simples para esclarecer a discussão sobre custo social: “o ar sendo um bem coletivo, a poluição atmosférica de uma determinada indústria – externalidade negativa – não incidirá diretamente sobre a sua estrutura de custos, mas sobre a qualidade de vida da população circunvizinha que poderá sofrer de problemas respiratórios e ser submetida, no mínimo, a odores fortes e indesejáveis geradas pela poluição atmosférica das grandes indústrias nos arredores das grandes metrópoles”.

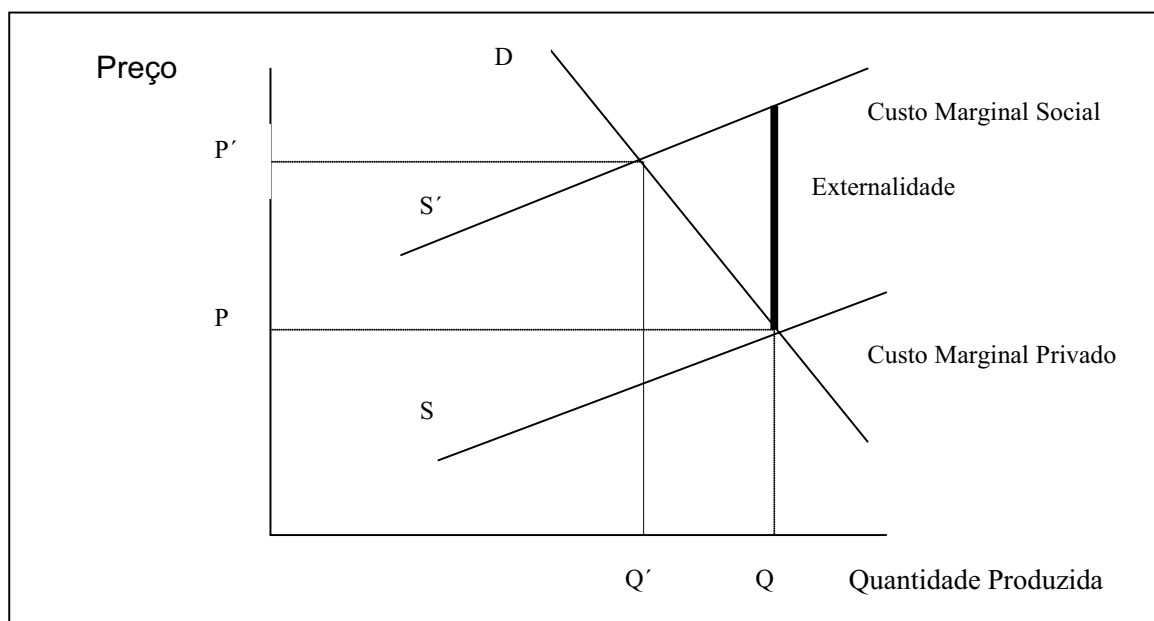


Figura 1 - O afastamento entre custo social e custo privado: a externalidade rigorosa
 Fonte: Mueller (2007)

Por outro lado, quando ocorre a internalização da externalidade, o deslocamento da curva da oferta (S) para cima (S') evidencia uma compensação da poluição gerada, o que pode ter acontecido em função da adoção de uma **tecnologia**⁸ que maximizasse o bem-estar social e minimizasse o dano ambiental. O deslocamento propõe que o CMgP, após a internalização, estabeleça um novo nível de preço de equilíbrio P' (maior que o anterior) e uma quantidade Q' menor.

Na concepção pigouviana, o mecanismo de incentivo para a internalização das deseconomias (poluição), seria a materialização das taxas. Para Pigou, são três os fatores para essa ocorrência: (1) a taxa conduziria a economia ao ótimo de

⁸Segundo Portney (1990, p. 13-14), em sua análise sobre os critérios para a conformação de uma política ambiental, a adoção do **fator tecnológico** para redução de poluição seria uma prática dos agentes produtivos que contribuiria para o processo de internalização das externalidades. No entanto, a teoria neoclássica defende que esse critério padece do defeito de ignorar o **custo** das medidas de redução de poluição. Embora a teoria concorde que, a um custo adicional seja sempre possível reduzir poluição, ela afirma que o combate à poluição poderia se tornar tão dispendioso que tornaria impossível produzir ou consumir. Para Mueller (2007), as tecnologias de abate à poluição (ao invés de reduzir a produção) têm custos que tendem a aumentar mais que proporcionalmente à ampliação na contenção da poluição.

Pareto⁹; (2) o valor dessa taxa deveria corresponder exatamente ao custo marginal social, que seria a soma do custo marginal privado com a externalidade (ou a própria taxa) e; (3) a taxa conduziria ao nível ótimo de poluição¹⁰. Seu valor deve ser igual aos custos externos marginais no ponto em que estes se igualam ao nível ótimo de poluição (FIG. 2).

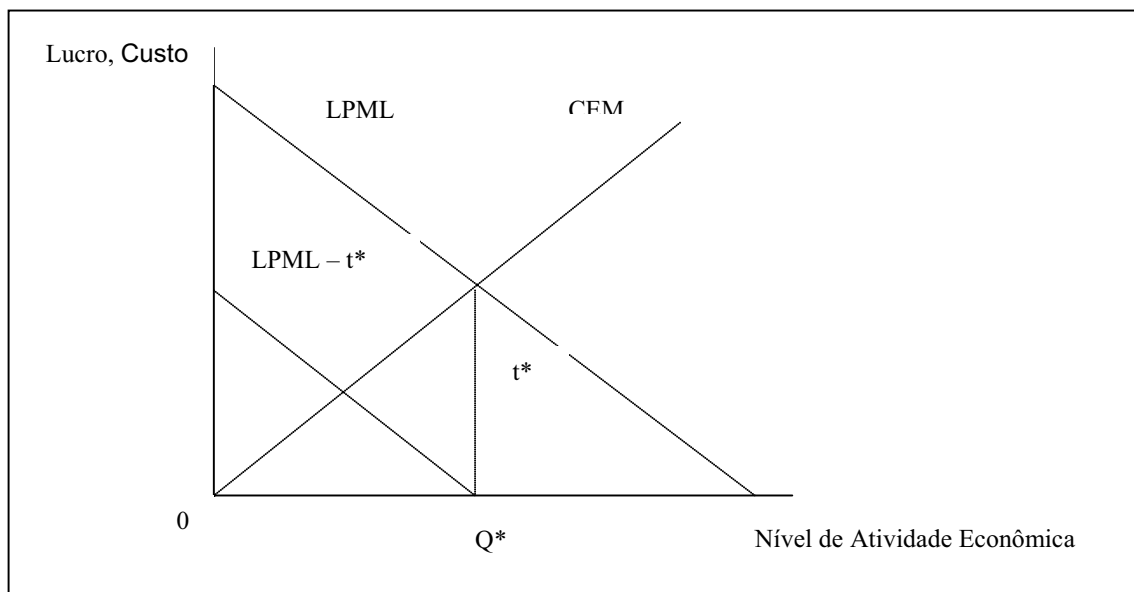


Figura 2 - Taxa de Poluição Ótima

Fonte: Pearce e Turner (1991) apud Almeida (1998)

Além da taxa pigouviana, há também as propostas de Coase (1960) e de Dalles (1968) para a compensação entre agentes (emissor e vítima). A primeira compreende uma relação bilateral, que recebe o tratamento no Teorema de Coase¹¹. Essa abordagem explica que a internalização poderia ser solucionada por intermédio de acordos entre as partes envolvidas, em que a vítima da poluição pudesse ter direito de ressarcimento por danos causados. Todavia, essa

⁹ Trata-se de um critério para determinar se uma dada alteração na sociedade é ou não desejável, em termos de ampliação de bem estar dos indivíduos em sociedade. Uma mudança dessas é desejável segundo o critério de Pareto se a mesma provocar um aumento na satisfação de pelo menos um indivíduo na sociedade, sem piorar a situação de nenhum outro indivíduo.

¹⁰ Para Margulis *apud* Mendonça (2002), o nível ótimo de poluição não é zero. Isso somente seria possível quando os custos de controle de poluição são infinitos.

¹¹ Ler Mankiw (2006).

negociação precede a existência dos direitos de propriedade entre os agentes, ou seja, se o direito de propriedade for de A este será indenizado por B e vice-versa.

A segunda, Dales (1968) esbarra na obscuridade dos direitos de propriedade entre os agentes. Segundo o autor, os direitos de propriedade devem ser exclusivos e transferíveis para que sejam transacionados no mercado, pois constituem bens econômicos. Desta forma, as externalidades se associam a uma ausência de direitos de propriedade sobre os bens e serviços ambientais. Na medida em que ocorre a formulação dos direitos de propriedade, pode-se utilizar o teorema de Coase e outras instituições adequadas para negociação.

Em todas as situações de externalidades negativas, a solução conciliatória na visão dos neoclássicos, seria o mercado, por meio do Princípio do Poluidor Pagador¹², onde a poluição passaria a ter um preço. Esse princípio determina que o poluidor deve pagar pelo dano causado por suas atividades sobre outros agentes.

Nesses termos, a “internalização das externalidades” pressupõe que uma das únicas formas de evitar conflitos econômicos com desdobramentos nos sistemas político e social é não permitir que existam recursos no ambiente sem proprietários privados. Na análise de Souza-Lima (2004), esse raciocínio

conduz à afirmação de que a ‘internalização das externalidades’ atua como freio aos possíveis abusos de determinadas pessoas ou grupos sobre outras (os); atua como possibilidade objetiva de educação dos desejos, das paixões e das vontades íntimas. Em outra frase, a “internalização das externalidades” impõe a todo indivíduo ou grupo a percepção de que não pode fazer o que bem entender por uma única e simples razão: tudo que está em volta tem dono e, sobretudo, preço (SOUZA-LIMA, 2004, p. 121).

Para Mueller (2007), o reconhecimento das externalidades está embasado pelo Princípio do Balanço de Materiais, que permite tratar ao mesmo tempo da

¹² A OCDE estabeleceu que o poluidor deve pagar pelo dano causado por suas atividades sobre outros agentes. O valor será determinado pela autoridade reguladora e os instrumentos utilizados serão: padrões, taxas e certificados de direito a poluir. Esse princípio foi notado de Princípio do Poluidor Pagador.

exploração dos recursos valiosos necessários para os processos de produção e de consumo e dos resíduos gerados, sendo sublinhado em quatro posições: (1) há um processo unidirecional em relação à energia e é irreversível; no caso da matéria existe a possibilidade de reversibilidade parcial, contudo a um custo; (2) em se tratando de um mundo limitado, a unidirecionalidade e a irreversibilidade podem gerar escassez de certos recursos; (3) os fluxos de resíduos provenientes do sistema econômico podem reduzir a capacidade assimilativa do ecossistema elevando o dano ambiental e (4) o reconhecimento da provisão de amenidades por parte do meio ambiente. A teoria neoclássica divide este aspecto em dois estudos: a Teoria da Poluição e a Teoria dos Recursos Naturais.

Na abordagem da Teoria da Poluição, a externalidade é considerada enquanto fator de produção. Tomando como exemplo a fumaça (poluição) emitida por uma empresa, sabe-se que, quanto mais fumaça, maior será a produção, não obstante, menor será o bem estar social. Fica evidente que para o empresário emitir fumaça nada custa, porém, para a coletividade existe um preço a ser pago. De outra forma, o custo social tende a ser maior que o custo privado, na medida em que o empresário não internaliza em sua tomada de decisão a poluição (fumaça). Em suma, a poluição é uma externalidade negativa, pois não é transacionada em mercados e por este fato, os poluidores nada pagam, incorrendo em custo social.

A Teoria dos Recursos Naturais trata da análise dos processos de extração dos recursos naturais pelo sistema econômico, procurando compreender especialmente o padrão ótimo de recursos naturais e a taxa de depleção de um recurso não renovável (MUELLER, 2007). Segundo o autor, a teoria é dividida em recursos naturais **renováveis** e **não renováveis**, constituindo ramos distintos de análise. O primeiro desses ramos é o que trata de recursos exauríveis, ou não renováveis – recursos que se caracterizam por ter dotação finita, de forma que um maior uso no presente significa uma menor disponibilidade no futuro. O segundo é o que se refere aos recursos renováveis, que possui uma reposição, pelo menos, parcial ao longo do tempo. Dentro dos renováveis, existem os sujeitos à degradação, tendo como exemplo o solo, que sofre erosão durante o processo

agrícola e que pode se recuperar diante de uma técnica agrícola mais sustentável, conforme apresentado em capítulos subseqüentes.

2.2 - ESCOLA EVOLUCIONISTA

2.2.1 – Das limitações do *mainstream* econômico

A economia evolucionista tem se firmado nos últimos anos como uma nova abordagem dos fenômenos econômicos, procurando oferecer respostas tanto aos problemas colocados por pesquisas empíricas sobre a transformação estrutural de sistemas econômicos, quanto às insuficiências do arcabouço teórico convencional. Muitos teóricos acreditam que a própria instabilidade econômica mundial e a crise conjuntural atestam a incapacidade do *mainstream* neoclássico de enfrentar e resolver a desestruturação sócio-econômica, política e ambiental causada pelo conservacionismo dominante.

Cerqueira (2000) enfatiza que essa possível instabilidade da escola hegemônica, tem levado à percepção de que o otimismo que havia prevalecido nas primeiras décadas do pós-guerra acerca da capacidade da teoria econômica de lidar com os problemas do crescimento e da distribuição de renda, tinha se mostrado, a partir dos anos setenta, totalmente infundada. Na visão do autor, há, no mínimo, a necessidade de revisão do modelo predominante. Outra preocupação é em relação às teorias do equilíbrio geral, que esbarravam em dificuldades metodológicas que deram origem a um estado de apreensão entre seus principais expoentes. O desenvolvimento da teoria dos jogos e das expectativas racionais suscitou dificuldades com a compreensão de idéias básicas e que pareciam bem estabelecidas, como o conceito da *racionalidade*¹³.

Para Bianchi *apud* Cerqueira (2000), o quadro atual poderia ser descrito de modo adequado a partir da noção de “estado de alerta” (*awareness*), situação em

¹³ Dúvidas desse tipo aparecem com freqüência crescente nos trabalhos de alguns dos mais conceituados economistas teóricos, como Arrow, Hahn, Sen, Stiglitz e outros (HODGSON, 1993: 3-6).

que os cientistas passam a se dar conta de possíveis anomalias em uma teoria. O autor aponta que esse clima de inquietude, embora necessário para a substituição do paradigma em vigor, não seria condição *sine qua non* para operar a mudança. Ao contrário, a primeira reação diante de situações adversas, segundo o autor, costuma consistir num ataque às heresias e na tentativa do *establishment* científico de revigorar a crença nos fundamentos da teoria.

No entanto, todos esses argumentos parecem não serem suficientes para provar que o *mainstream* econômico beira ao caos – conforme alguns querem exagerar, nem tão pouco apresenta elementos capazes de solucionar, pelo menos a curto prazo, as insuficiências relatadas do atual modelo. É notório, portanto, analisar as demais abordagens e vertentes, como a evolucionista, por exemplo, e extrair o máximo de fundamentos para não assinalar conclusões precipitadas.

2.2.2 – Princípios evolucionistas

Segundo Saviotti e Metcalfe (1991), são quatro as principais tradições teóricas que contribuíram para o ressurgimento da abordagem evolucionária em economia e que estão associadas a ela. A primeira consiste num pequeno grupo de economistas que, mantendo-se à margem da vertente dominante, adotaram uma perspectiva explicitamente evolucionista em seus escritos. Os principais trabalhos são de Veblen, Commons, Mitchell e Schumpeter¹⁴. Para este último, há uma clara tentativa de pensar o desenvolvimento econômico como um processo de mudanças qualitativas, rejeitando uma visão mecanicista da sociedade. Assim, o desenvolvimento econômico decorreria da introdução de **inovações tecnológicas** pelos empresários, ou seja, novas formas de *combinar* os meios de produção disponíveis. Estas novas combinações são concebidas de modo amplo, podendo tratar-se tanto da criação de novos produtos quanto de novos métodos

¹⁴ Joseph Alois Schumpeter (1883-1950), economista e sociólogo austríaco radicado nos EUA, propôs uma teoria para explicar a existência de ciclos econômicos apoiada no papel desempenhado pela introdução de inovações técnicas pelos empresários. Suas principais obras são a *Teoria do desenvolvimento econômico* (1911) e *Capitalismo, socialismo e democracia* (1942) (CERQUEIRA, 2000).

de produção, da abertura de um novo mercado, da conquista de uma nova fonte de matéria-prima, ou ainda da criação de uma nova forma de organização de uma indústria – por exemplo, a criação (ou a quebra) de um monopólio. Nesse sentido, o desenvolvimento é pensado como um processo de *destruição criadora*:

O capitalismo, então, é, pela própria natureza, uma forma ou método de mudança econômica, e não apenas nunca está, mas nunca pode estar estacionário. (...) A abertura de novos mercados (...) e o desenvolvimento organizacional (...) ilustram o mesmo processo de mutação industrial – se me permitem o termo do uso biológico – que incessantemente revoluciona a estrutura econômica a partir de dentro, incessantemente destruindo a velha, incessantemente criando uma nova. Esse processo de destruição criadora é o fato essencial acerca do capitalismo. (SCHUMPETER, 1984, pp. 112-3)

Dessa maneira, trata-se de pensar a criação de novas estruturas econômicas num sistema que opera afastado do equilíbrio e está sempre sujeito à rupturas e discontinuidades (CERQUEIRA, 2000). Faz-se mister uma analogia desses aspectos com os da primeira e a segunda características-chave dos sistemas organizados de Capra (1998). A primeira linha de raciocínio encontra consonância no *pensamento sistêmico*, cuja percepção é a de que as propriedades sistêmicas não podem ser reduzidas às suas partes constitutivas: “*são propriedades do todo, que as partes não possuem e que emergem das ‘relações de organização’ entre as partes*”. Em outros termos, o pensamento sistêmico é contextual, pois não se limita aos procedimentos analíticos (reducionismo) e só pode ser compreendido dentro de um todo maior. A outra característica dessa nova abordagem é o *pensamento em rede*: se o universo é concebido como uma teia de acontecimentos inter-relacionados, nossas teorias também devem se articular numa rede de conceitos e modelos, renunciando à busca de fundamentos últimos (CAPRA, 1998: 46).

A segunda fonte de inspiração dos evolucionistas é a tradição de pesquisa em biologia que, partindo da obra de Darwin, desenvolveu um vasto arsenal de conceitos e esquemas teóricos para lidar com problemas associados às mudanças

qualitativas, idéias que a economia evolucionista toma como inspiração para se contrapor às teorias convencionais. Essas idéias repousam na constatação de que os fenômenos econômicos têm mais em comum com a forma de organização dos seres vivos do que com um mundo composto de partículas que obedecem leis mecânicas (CERQUEIRA, 2000).

Para outros autores,

não se está sugerindo aqui que o emprego de um pensamento mecanicista em economia tenha sido inteiramente desprovido de valor. Apesar disso, as limitações são graves. Em resumo, a metáfora mecanicista exclui o conhecimento, a mudança qualitativa e a irreversibilidade no tempo. Ela prende a economia num esquema de equilíbrio onde não há erros sistemáticos nem desenvolvimentos cumulativos. (...) A força da metáfora alternativa, biológica, é que se pode encontrar um lugar para essas características importantes da vida econômica (HOGDSON, 1997, pp.142-3).

Vários conceitos desenvolvidos pela ecologia têm sido aplicados à economia. No entanto, deve-se ter cautela quanto aos riscos e dificuldades envolvidos nesse comércio de conceitos: desde as interpretações políticas derivadas de uma leitura equivocada das teorias evolucionistas (como o darwinismo social e a idéia de “sobrevivência do mais apto”) até a existência de métodos reducionistas no interior da própria biologia (HOGDSON, 1997. pp. 197-213).

Uma terceira influência marcante no pensamento econômico evolucionista provém dos desenvolvimentos na física e na química, em especial a termodinâmica de não-equilíbrio (*non-equilibrium thermodynamiss*) e, associado a ela, o surgimento da teoria dos sistemas complexos¹⁵. Savioti e Metcalfe (1991) diferenciam, a partir daí, os sistemas abertos e fechados, sendo que os primeiros caracterizam-se por efetuar uma troca de matéria, energia e informações com seu ambiente, ao passo que o segundo troca apenas energia. Boulding (1966)

¹⁵ Ler “As leis do caos”, de Ilya Prigogine (2002), físico-químico russo (25/1/1917-), nascido em Moscou e naturalizado belga em 1949. Prêmio Nobel de Química em 1977 por suas contribuições à termodinâmica. É conhecido por seus trabalhos para o desenvolvimento da termodinâmica e de métodos de compreensão de processos químico-físicos irreversíveis.

apresenta uma particular e patente definição de sistemas abertos e fechados a partir de *inputs* e *outputs*. Segundo o autor, o sistema aberto implica no fato de que um certo tipo de estrutura é mantida em meio a um processamento de *inputs* (entrada de materiais, energia, informação) que se convertem em *outputs* (saída, também, de materiais, energia e informação). Em um sistema fechado, os *outputs*, de todas as partes do sistema estão ligados aos *inputs* de outras partes. Para exemplificar, Boulding (1966) apresenta a economia mundial como sendo um sistema aberto, em relação a estas três classes: matéria, energia e informação.

Podemos pensar na economia mundial ou “econosfera” como um subconjunto do conjunto global, que é o conjunto de todos os objetos de uma possível discussão em nosso mundo. Nós então pensamos sobre o estado da “econosfera” em qualquer momento como sendo o estoque total de capital, isto é, o conjunto de todos os objetos, pessoas, organizações, etc., que são interessantes do ponto de vista do sistema de trocas. Este estoque de capital é claramente um sistema aberto, no sentido em que este possui *inputs* e *outputs*, sendo os *inputs* a produção que adiciona ao estoque de capital e os *outputs* o consumo que subtrai (BOULDING, 1966, p. 27).

Finalmente a quarta vertente que alimenta o desenvolvimento da economia evolucionária é a tradição das pesquisas sobre o comportamento das firmas e organizações. O livro de Nelson e Winter *apud* Cerqueira (2000) sintetizam as contribuições dessa tradição, que tem entre seus expoentes Simon¹⁶ e Coase¹⁷. De acordo com Metcalfe e Saviotti (1991), os aspectos desses trabalhos que têm mais relevância para o desenvolvimento da economia evolucionista são: 1) a ênfase na natureza imperfeita ou limitada do conhecimento, em oposição ao

¹⁶ Herbert Simon nasceu em 1916 nos EUA. É um exemplo de polímata. Seus trabalhos de distribuem entre áreas tão variadas quanto a matemática, a psicologia, a ciência política, a computação, a inteligência artificial, a filosofia e a economia. Nesta última, sua maior contribuição se fez a partir de pesquisas sobre os processos de tomada de decisão nas organizações, propondo o conceito de *bounded rationality* para explicar o comportamento dos agentes econômicos. Foi agraciado com o Prêmio Nobel de Economia em 1978.

¹⁷ Ronald Coase nasceu em 1910 na Inglaterra, apesar de ser um ícone neoclássico, também foi um crítico do pensamento do modo convencional de tratar problemas econômicos. Ganhador do Prêmio Nobel de Economia em 1991, seus trabalhos mais importantes procuram determinar a natureza das firmas, as razões de sua existência, desenvolvendo aquilo que mais tarde viria a ser o conceito de *custos de transação*, explicado *ex ante*.

pressuposto das teorias econômicas convencionais de que os agentes dispõem de um conhecimento perfeito ou de que não existem custos para sua obtenção; 2) a idéia de que as firmas se comportam não de maneira a maximizar seu lucro (como quer a economia convencional), mas a satisfazer ou cumprir seus objetivos e metas; 3) a existência de conflitos no interior das organizações; e 4) a preocupação com a compreensão do ambiente externo em que atuam as organizações.

Vale ressaltar os aspectos dos dois primeiros pontos acima, cujos argumentos relatam que a sobrevivência de uma empresa está ligada justamente à sua habilidade de aprender a lidar com suas rotinas de decisão para alcançarem suas metas e objetivos. As informações, nesse caso, não são tão importantes. O que leva a organização à competitividade é o conhecimento que cria. Desta forma, os conceitos da economia convencional de que as firmas estão em um contexto de plena informação, fragiliza-se, pois é justamente o fato de estarem em um ambiente de incertezas que os erros sistemáticos acontecem. Assim, para que haja uma espécie de proteção quanto às incertezas das informações necessárias para a tomada de decisão e as próprias limitações da capacidade do empresário de interpretar as informações disponíveis, criam-se rotinas e regras estáveis para orientar suas ações.

Outro ponto que pode ser extraído daí, dado o reconhecimento de que as informações disponíveis às empresas são imperfeitas e limitadas, leva a concluir pela existência da irreversibilidade e *path dependence*¹⁸ na trajetória tecnológica das firmas. Assim, mudanças nos preços dos fatores de produção podem induzir a uma mudança das técnicas empregadas (de modo a poupar o emprego dos fatores mais caros). Se o progresso técnico baseia-se em uma aprendizagem do tipo *learning-by-doing*,¹⁹ as melhorias subseqüentes promovidas pela firma no emprego da nova técnica podem acabar tornando-o superior a qualquer outra

¹⁸ *Path dependence* é entendido como o fato de os valores a longo período do sistema serem uma função das ocorrências de curto prazo.

¹⁹ Arrow (1962), explica *learning by doing* como um modelo que propõe que não existem retornos decrescentes do capital devido as externalidades associada à sua acumulação, de modo que a produtividade de uma firma individual cresce à medida que se agrega capital.

técnica existente antes da mudança, de tal modo que mesmo que os preços dos fatores de produção voltassem aos patamares anteriores, não haveria sentido em voltar ao emprego da técnica original (CERQUEIRA, 2000).

Em síntese, a principal influência dessas teorias sobre a economia evolucionista é enfatizar a natureza limitada do conhecimento disponível para os agentes econômicos, que dá origem, por exemplo, às assimetrias persistentes entre as firmas, em função das diferenças de trajetória tecnológica (irreversíveis) seguidas por cada uma delas, que condicionam sua performance.

2.2.3 – Aspectos inovadores da economia evolucionista

Ao recusar o mecanicismo e o reducionismo peculiar das teorias convencionais, em que se explicam todos os problemas com base nas escolhas dos indivíduos (partículas elementares da teoria econômica), os evolucionistas buscam uma abordagem ao mesmo tempo sistêmica, holística e evolucionária²⁰, através da escolha das *instituições* como unidade de análise. O conceito de instituições, nesse caso, é bastante amplo, podendo envolver desde convenções técnicas, regras legais, até padrões de consumo, etc.

De acordo com Cerqueira (2000), o que caracteriza estas diferentes instituições “é que elas constituem padrões de comportamento, hábitos de pensamento cuja natureza é relativamente durável ou rotineira, estando associados à maneira como as pessoas interagem em grupos”. Hodgson (1993) complementa que essas instituições possibilitam, apesar das evidências das invariâncias relativas, que sejam adotados pensamentos e ações regulares, uma vez que elas impõem forma e consistência às ações humanas.

²⁰ Para Freeman (1988, p.4), a concepção evolucionária é “*holística*, tanto no sentido de que a totalidade apresenta um comportamento que não pode ser reduzido meramente pela agregação de suas partes constitutivas como no sentido de que as próprias partes não podem ser individualmente entendidas separadamente das relações que mantém uma com as outras e que constituem a totalidade; *sistêmica e evolucionária*, no sentido de que o sistema sócio-econômico sob investigação é concebido como estando sempre em um estado de fluxo e mudança qualitativa, na medida em que seus elementos constitutivos alteram seu comportamento em relação aos demais e ao ambiente extra-econômico”.

São dois os mecanismos, segundo Saviotti e Mecalfe (1991), que explicam as mudanças ambientais nas quais se inserem as instituições: “a *geração de variedade institucional e a seleção dessas variações*”. No primeiro aspecto, a geração de variedade por parte das firmas é intencional, elas estão sempre procurando se diferenciar inovando seus produtos e processos de produção. Seu sucesso a longo prazo depende muito de sua capacidade de inovar.

Quanto ao mecanismo de seleção (análogo ao da seleção natural da biologia), ele se aproxima em economia ao processo de decomposição, no qual as firmas que conseguem oferecer produtos mais desejáveis ao consumidor, são mais bem sucedidas e não apenas sobrevivem com também crescem a taxas mais rápidas que suas concorrentes. Isso mostra que as mudanças ambientais refletem em mudanças empresariais inovadoras que possam ser respondidas com habilidade e criatividade pelos seus agentes. Uma outra característica dessa mudança é que cada firma se adaptará de modo diferenciado a ela, dependendo das suas rotinas e práticas de produção.

2.2.4 Da teoria do progresso técnico: pressupostos da economia ambiental e ecológica

Em linhas gerais, apesar do enfoque neoclássico apresentar modelos econômicos consistentes e lógicos (não se observando contradições internas nos mesmos), à questão da mudança tecnológica não foi dada muita importância. Na realidade, para esse enfoque, o progresso técnico tem sido, amiúde, considerado como exógeno ao modelo.

Não é difícil encontrar na literatura pertinente observações críticas quanto ao tratamento dado ao enfoque que diz respeito à mudança tecnológica. Para Cruz (1988),

(...) a abordagem neoclássica não trata com maior profundidade a questão da mudança técnica. Basicamente considera que há um leque de técnicas (*blue prints*) dado e conhecido, portanto, com custo de acesso e utilização nulos, que é resumido numa função de produção (CRUZ, 1998, p.33).

Segundo Mueller (2007), para essa corrente de pensamento, o **progresso técnico** e a substitutabilidade entre recursos produzidos (bens de capital) e recursos naturais é possível, associada a instrumentos de política inspirados em mecanismos de mercado, que são garantias da sustentabilidade para a economia mundial. Aliás, a visão otimista quanto às limitações de recursos naturais exauríveis e a conformidade com níveis elevados de substitutabilidade têm como precursor Robert Solow, que na sua aula magna de 1973 à *American Economic Association*, argumenta:

A gravidade do problema da exaustão de recursos necessariamente depende, de forma importante, de dois aspectos da tecnologia: primeiro, da possibilidade do progresso técnico, especialmente o progresso poupador de recursos naturais; e segundo, da facilidade com que outros fatores de produção, especialmente o trabalho e o capital reproduzível substituem os recursos naturais de produção (SOLOW, 1974, pp. 10-11)

Na mesma linha de raciocínio, quanto ao progresso técnico, afirma:

Se o futuro for semelhante ao passado, por muito tempo ainda haverá consideráveis reduções nos requerimentos de recursos naturais por unidade de produto. É verdade que, como alegam os pessimistas, esta é uma mera hipótese, que não sabemos se se confirmará; mas supor o contrário também é uma mera hipótese, e bem menos plausível (SOLOW, 1974, pp. 10-11).

Quanto ao grau de substituição entre os fatores, o autor é enfático e considera que, se

for fácil substituir os recursos naturais por outros fatores, em princípio, não haverá 'problema'. O mundo poderá seguir em frente sem recursos naturais, e a exaustão será apenas um evento, e não uma catástrofe. Por outro lado, se o produto real por unidade do recurso efetivamente apresenta um limite superior – ou seja, se não for possível ultrapassar um máximo de produtividade e, por sua vez, se este não se encontrar muito distante do nível atual – então a catástrofe será inevitável. (...) Felizmente, porém, a pouca evidência disponível indica que é elevada a

substitutabilidade entre recursos exauríveis e recursos renováveis ou reproduzíveis (SOLOW, 1974, pp. 10-11).

Solow (1974) apud Mueller (2007) traz também à baila os conceitos de **sustentabilidade fraca** e **sustentabilidade forte** para o incremento dessa discussão. A sustentabilidade fraca requer que o estoque total de capital permaneça constante ao longo do tempo. Por pressupor que a elasticidade de substituição entre capital natural e capital manufaturado é igual ou maior que a unidade, esse conceito é plenamente compatível com uma eventual redução do estoque do primeiro, bastando, para tanto, que o estoque do segundo cresça na devida proporção compensatória. O conceito de sustentabilidade forte, por sua vez, coloca como condição necessária que o estoque de capital natural deve ser mantido constante, dada a impossibilidade ou dificuldade da substituição do capital natural por qualquer outra forma de capital manufaturado. Há também uma posição intermediária, que está baseada no conceito de “capital natural crítico”, para o qual a substitutabilidade entre capital natural e capital manufaturado é apenas parcial. Dada a existência de determinados estoques de “capital natural crítico” para os quais não existem substitutos, a condição necessária para sustentabilidade, portanto, é que esses estoques permaneçam constantes ao longo do tempo.

Mesmo que os esforços para gerar índices monetizados do capital natural e o capital manufaturado sejam bem sucedidos, ainda permanece aberta a questão do **grau de substituição** entre eles. Valorar ambas as categorias de capital usando um numerário comum equivale a simplesmente assumir – ao invés de demonstrar – que eles são substitutos próximos. Na verdade, a sustentabilidade fraca, ao assumir a substituição do capital manufaturado pelo capital natural, desvia a atenção da questão certamente mais crítica de sua não substituição: **ela pressupõe extensivas possibilidades de substituição através da mudança tecnológica** (LIMA, 1999).

O conceito de sustentabilidade fraca é uma aplicação direta da regra de poupança-investimento oriunda da teoria neoclássica do crescimento. Fica

evidente que a economia ambiental se apropria da base da teoria neoclássica da economia de mercado para alicerçar sua proposta de sustentabilidade ambiental. Mueller (2007) ratifica o exposto quando declara que a economia ambiental preocupa-se, primeiramente, com os problemas ambientais de economias de mercado, principalmente a dos países industrializados. E faz isto empregando basicamente a epistemologia mecanicista do *mainstream* neoclássico.

A economia ambiental considera o meio ambiente essencialmente neutro e passivo e volta suas atenções aos efeitos de impactos negativos do sistema econômico em termos de bem-estar dos indivíduos em sociedade. Considera que esses impactos podem causar desconforto e danos, mas seus modelos se assentam na hipótese implícita de que tais impactos podem ser revertidos sem grandes dificuldades como resultado da adoção de medidas e políticas que internalizem as externalidades que causaram (MUELLER, 2007).

Como vários aspectos da inter-relação entre economia e meio ambiente ocorrem fora do âmbito do funcionamento de mercados, a teoria das externalidades, por exemplo, desenvolvida por Pigou, deixou de se referir apenas a situações excepcionais e assumiu papel central na economia neoclássica.

Assim, passou-se a considerar a maioria dos excessos ambientais em economias de mercado como resultantes do fato de que aspectos do meio ambiente – as externalidades ambientais – não geram custos monetários aos agentes econômicos que ocasionam esses excessos. E, como corolário, tornou-se essencial a procura de formas de internalizar esses custos; se isso for feito, se estará gerando situações de melhoria social, julgada pelo critério de Pareto (MUELLER, 2003, p. 54).

Em outros termos, a rigor, a “internalização das externalidades” pressupõe que uma das formas de evitar conflitos econômicos com desdobramentos nos sistemas político e social é não permitir que existam recursos no ambiente sem proprietários privados. Para Souza-Lima (2004), esse raciocínio conduz à afirmação de que a “internalização das externalidades” atua como freio aos possíveis abusos de determinadas pessoas ou grupos sobre outras (os). E complementa: “a *‘internalização das externalidades’* impõe a todo indivíduo ou

grupo a percepção de que não pode fazer o que bem entender por uma única e simples razão: tudo que está em volta tem dono e, sobretudo, preço". Fica evidente, que a economia ambiental é norteadas por esses conceitos e está fundamentada nas versões de Pigou. Toda explicação produzida aqui apreende a economia como estratégia alocadora de recursos escassos, sendo o principal mecanismo alocador a "mão invisível" de Keynes no mercado.

Leff (2001) depõe que os preços de mercado são sinais falsos da escassez de recursos e do potencial da natureza – ponto de vista aliás ratificado pelos neoclássicos ambientais; não podem servir de indicadores para uma determinação racional dos fatores produtivos nem para internalizar os custos das externalidades ambientais. Caso os mercados de recursos não estivessem funcionando de acordo com o modelo neoclássico, entretanto, por causa seja de imperfeições do mercado ou de os efeitos ambientais não estariam refletidos nos preços, então a necessidade de indicadores se tornaria importante. Nessas circunstâncias, anota Lima (1999), infelizmente, os indicadores oferecidos pela teoria neoclássica não serviriam, dado que as hipóteses necessárias à sua significância normativa (intervenção de política pública, por exemplo) não estariam prevalecendo. Para May e Motta (1994), no entanto, isso poderia ser resolvido com a aplicação das técnicas de valoração ambiental.

Um outro problema sério, destacado por Lima (1999), sobre a valoração monetária – via preços de mercado – do capital natural é que esses preços não refletem adequadamente as diversas externalidades ambientais, e complementa:

e isso com o agravante que devido ao caráter profundamente interligado da estrutura de preços de mercado, todo o sistema de preços acaba tendo sua funcionalidade alocativa comprometida; de fato, é possível demonstrar formalmente que essa valoração inadequada do capital natural afeta todos os preços de mercado, e não apenas os preços das mercadorias cuja produção e consumo dependem diretamente do capital natural (LIMA, 1999, pp. 4-5).

Por outro lado, quanto mais sérias forem a degradação e a depleção do capital natural via processos extra-mercado, mais inadequados serão então os

preços de mercado para a valoração do capital natural e manufaturado. Sendo assim, o próprio problema que a valoração do capital natural supostamente resolve, acaba por minar a validade de se usar preços de mercado para alcançar uma solução; por não necessariamente captarem adequadamente os interesses das gerações futuras (cerne do desenvolvimento sustentável), por exemplo, esses preços acabam sendo de reduzida relevância normativa para a valoração do estoque de capital natural.

Não obstante essas limitações da valoração monetária, Pearce & Turner (1990), identificam três abordagens possíveis da questão da aferição da constância do estoque de capital natural e da correspondente determinação de um indicador adequado de sustentabilidade, quais sejam, a do estoque físico constante, a da constância do valor presente dos estoques e dos fluxos de renda constantes. Segundo os autores, eles acabam então optando por medidas monetárias por acreditarem que a constância do estoque físico natural, embora bastante conveniente em se tratando dos recursos renováveis, seria pouco relevante para os não-renováveis, para os quais qualquer taxa positiva de uso reduz o estoque existente.

Nessa linha crítica, Victor (1991) observa que os preços de mercado dos recursos naturais refletem condições de margem, de maneira que sua utilização na valoração de estoques inteiros tende a gerar resultados perversos. Para exemplificar, o autor ressalta que é plenamente possível que o preço de um ativo ambiental cresça ao longo do tempo à mesma taxa – ou mesmo a uma taxa mais elevada – que a taxa de redução no estoque físico do recurso, o que vai resultar na constância – ou mesmo na elevação – do valor monetário do estoque desse ativo ambiental²¹.

Fica evidente, portanto, que valores monetários podem criar a ilusão de estoques constantes quando os estoques físicos estão efetivamente diminuindo.

²¹ Martinez-Alier (1995), sobre a existência de uma incomensurabilidade dos ativos ambientais, traz um exemplo primoroso: “1 kw de energia obtida através de fontes hidroelétricas não é comensurável em termos monetários, uma vez internalizadas as externalidades, com 1 kw de energia nuclear, dado não sabermos que valores monetários atribuir a essas externalidades... Um pobre, por exemplo, tenderá a cobrar menos, em termos monetários, que um rico para incorrer em certos riscos ambientais”.

.Wackernagel & Rees (1997) asseveram que os preços de mercado nada dizem sobre estoques e processo que estão à margem do mercado (a camada de ozônio, por exemplo) mas que são ecologicamente essenciais, nem sobre certas funções ecossistêmicas cujo valor para a humanidade não é revelado até que estejam sob ameaça ou mesmo desapareçam.

Enfim, essa valoração monetária dependerá crucialmente do horizonte temporal em questão e da correspondente taxa de desconto, das incertezas quanto ao **progresso técnico** futuro e na distribuição de renda. Ainda pode-se acrescentar a esses, à luz das contingências futuras incertas e irreversíveis, a questão dos direitos de propriedade.

Possivelmente, as principais diferenças entre a economia ambiental e as ciências convencionais estejam em suas hipóteses implícitas, acerca do progresso técnico. Para May e Motta (1994), a economia convencional é muito otimista com relação à capacidade da tecnologia para afastar, no final todas as limitações, em termos de recursos, ao crescimento econômico contínuo.

A ecologia convencional não tem muito a dizer diretamente sobre tecnologia, entretanto, até o ponto em que tem uma opinião, esta seria pessimista a respeito da capacidade da tecnologia para remover as limitações em termos de recursos, uma vez que estes são limitados em todos os ecossistemas naturais, além de não incluir os seres humanos em sua abordagem. (MAY e MOTTA, 1994, 117).

CAPÍTULO III

AS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E GERENCIAIS E OS DESAFIOS DA SUSTENTABILIDADE

3.1 – Gestão empresarial e competitividade

Alencastro (1997) argumenta que as empresas de uma forma geral, estão começando a reconhecer que o desejo de acumulação infinita e de consumo sem limites exige uma desenfreada exploração dos recursos naturais, que são escassos. Na concepção do autor, os altos custos ecológicos, pela ameaça que representam à população e ao planeta, estão colocando as empresas devastadoras numa posição muito delicada. Acrescenta que:

Os interesses desse tipo de empresa entram em conflito frontal com os interesses da coletividade e uma das questões éticas mais 'quentes' dos dias de hoje é o controle social sobre a agressão ao meio ambiente e as empresas que estão sensíveis a esta realidade têm sua sobrevivência reforçada, pois existirá uma procura crescente por aquelas, não apenas para a produção e lucro, mas que também estejam preocupadas com a solução de problemas mais amplos como preservação ambiental e bem estar social (ALENCASTRO, 1997, p.25).

Ainda em Alencastro (1997, p. 26), referindo-se a um dos maiores pensadores econômicos contemporâneos, *John Kenneth Galbraith*, relata que: “*o sistema econômico só funciona eficazmente dentro de regras de conduta firmes. A primeira é a honestidade comum – a verdade deve ser transmitida como informação essencial aos investidores, ao público em geral e aos consumidores*”. E indagado sobre que empresa teria condições de sobreviver e prosperar num clima de falência econômica, social e ambiental, responde:

A sociedade justa tem três exigências econômicas estreitamente relacionadas, cada qual com força independente: a necessidade de suprir os bens de consumo e serviços requeridos; a necessidade de assegurar que essa produção e seu uso e consumo não exerçam um efeito adverso sobre o bem-estar do público em geral; e a necessidade de assegurar que não afetem adversamente as vidas e o bem-estar das gerações futuras. As duas últimas exigências estão em conflito com a primeira, conflito esse fortemente manifesto na economia e na política diárias. A referência comum é o efeito sobre o meio ambiente (GALBRAITH, 1996 apud ALENCASTRO, 1997, p. 26).

Na concepção de May, Lustosa e Vinha (2003), a intensificação do processo de globalização financeira e produtiva da economia mundial, a partir da década de 1980, trouxe alterações nos mercados internacionais, aguçando a concorrência mundial e alterando os padrões de concorrência industrial. Surgiram, conseqüentemente, normas gerais de padronização, de processo, de qualidade e de gestão ambiental. Nesse contexto, as empresas são forçadas a adaptarem-se às exigências dos mercados mais globalizados.

May, Lustosa e Vinha (2003) sustentam que antes do processo de globalização²², o comportamento ambiental das empresas era reativo, ou seja, as atitudes ecologicamente corretas só eram tomadas de forma compulsória – na maioria das vezes forçadas pela legislação ambiental. As alterações ocorridas nos

²² Para Viola (1996) existem múltiplas dimensões que advêm a partir do processo de globalização que interferem no processo de conscientização ecológico-ambiental para as diversas instituições, desde a econômico-produtiva, passando pela comunicacional-cultural, até a política. E essas dimensões, interagem entre si e a produtividade econômica cresce fabulosamente como produto da combinação de revoluções tecnológicas (microeletrônica, robótica, novos materiais, biotecnologia, reciclagem e controle de poluição) e gerenciais (gestão da qualidade, meio ambiente, segurança e saúde do trabalho, biosegurança, planejamento estratégico e tecnologia sustentável).

mercados internacionais fizeram com que algumas empresas passassem a adotar um comportamento ambiental pró-ativo, ou seja, passaram a adotar práticas menos agressivas ao meio ambiente, algumas antecipando-se às regulamentações ambientais por meio de implantação da gestão ambiental no âmbito da gestão empresarial. Essa nova postura levou ao aprimoramento das relações com as comunidades vizinhas, com a opinião pública e com o movimento ambientalista.

Já Callenbach *et al* (1993), acrescentam outros ingredientes nessa posição mais contundente ocorrida a partir da década de 1980. Eles mostram que, difundiu-se rapidamente em muitos países europeus, a consciência de que os danos “cotidianos” ao ambiente poderiam ser substancialmente reduzidos por meio de práticas de negócios ecologicamente corretas. Os autores estabelecem um parâmetro com as ações da Alemanha Ocidental, que testemunhou uma explosão de produtos e serviços com essas características, alicerçadas nas seguintes vertentes:

O rápido aumento da conscientização ambiental entre a população em geral, o que teve um efeito significativo sobre as preferências do consumidor, juntamente com a ascensão de um vigoroso movimento ecológico; o surgimento do protesto tecnológico, dirigido principalmente contra a energia nuclear e outras megatecnologias, como nova forma de protesto política; a ascensão do partido verde e o seu êxito em introduzir temas ecológicos críticos no diálogo político e no processo legislativo (CALLENBACH *et al.* , 1993, p. 25).

De acordo com os autores, a convergência dessas três vertentes criou um clima de negócios em que as percepções da dimensão ambiental das práticas empresariais mudaram significativamente em muitas firmas alemãs. A partir desse momento, os gastos com proteção ambiental começaram a ser vistos pelas empresas líderes não primordialmente como despesas, mas sim como investimentos no futuro e, paradoxalmente, como vantagem competitiva. A atitude passou de defensiva e reativa para ativa e criativa. Lutz *apud* Callenbach *et al.*

(1993) completa que “administrar com consciência ecológica” passou a ser o lema dos empresários voltados para o futuro.

Obviamente esse avanço não ficou restrito à Alemanha e à Europa. Nos Estados Unidos, que passaram a década de 1980 em conflitos com as ações governamentais de quebra de financiamentos em programas ambientais e amenização de aplicações de punições contra indústrias poluidoras, ao mesmo tempo, avançaram com os movimentos ambientalistas e com a adesão cada vez mais forte de empresas para um sistema de gestão ambiental coerente com os rumos do desenvolvimento sustentável²³.

3.2 As inovações tecnológicas no contexto das decisões empresarias

Reconhece-se cada vez mais que a produção, a tecnologia e o manejo que utilizam recursos de maneira ineficiente criam resíduos que não são reutilizados, despejam dejetos que causam impactos adversos à saúde humana e ao meio ambiente e fabricam produtos que, quando usados, provocam mais impactos e são difíceis de reciclar, precisam ser substituídos por tecnologias, sistemas de engenharia e práticas de manejo boas e **conhecimentos técnico-científicos** que reduzam ao mínimo os resíduos ao longo do ciclo de vida do produto. Como resultados, haverá uma melhora da competitividade geral da empresa (AGENDA 21, capítulo 30, grifo meu).

3.2.1 Referências históricas

A história da industrialização mundial evidencia o papel preponderante do desenvolvimento tecnológico no processo de mudanças radicais que ocorreram nas sociedades humanas. O subsequente desenvolvimento econômico e tecnológico, baseado no uso intensivo de matérias-primas e energia, aumentou a velocidade de utilização de recursos naturais. Outro fator, além do intenso uso dos

²³ O conceito desenvolvimento econômico foi integrado à questão ambiental a partir da divulgação do Relatório de Burtland, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU em 1987, que definiu desenvolvimento sustentável como “aquele que atende as necessidades dos presentes sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades” (Mueller, 2007). Young (2001) entende que o desenvolvimento sustentável deve levar em consideração o alcance de melhorias ambientais, de viabilidade econômica e de responsabilidade social.

recursos naturais, foi o resultado acumulado de rejeitos dos processos produtivos lançados no meio ambiente, extrapolando os limites da capacidade de absorção e gerando poluição. E, como muito dessa poluição não se restringe aos espaços locais de produção, surgem problemas ambientais planetários (aquecimento global). May, Lustosa e Vinha (2003) destacam que esses efeitos negativos sobre o meio ambiente são resultados de decisões e ações passadas, sugerindo uma interdependência temporal, revelando um processo de mudanças contínuas e evidenciando incertezas em relação ao conhecimento dos impactos resultantes do crescimento econômico.

Os autores argumentam que a tecnologia, por si só, mesmo utilizando intensivamente recursos naturais e desenvolvendo os rejeitos das atividades produtivas para o meio ambiente, não geraria impactos ambientais significativos se não fosse o efeito escala. O aumento contínuo da produção requer uma maior quantidade de recursos naturais e joga mais rejeitos no meio ambiente. Esse aumento está associado ao crescimento da população, logo o aumento da demanda, e também ao sistema de produção capitalista - a outra cara-metade da Revolução Industrial (MAY, LUSTOSA E VINHA, 2003).

Acerca do capitalismo, sabe-se que seu crescimento depende de novos mercados e, portanto, da criação de novas necessidades para os consumidores. Isso explica o porque da necessidade da população aumentar juntamente com a escala de produção industrial, com a demanda por recursos naturais e com os rejeitos dos processos produtivos. Romeiro (2001) apud May, Lustosa e Vinha (2003) faz um exame comparativo importante e conveniente, entre o feudalismo e o capitalismo, para a compreensão da lógica das relações humanas e naturais da sociedade pós-industrial e dos aspectos influentes da inovação tecnológica nesse contexto. Para ele, a grande dificuldade para a adoção de uma atitude precavida de buscar estabilizar o nível de consumo de recursos naturais está em que essa estabilização pressupõe uma mudança de atitude que contraria a lógica do processo de acumulação de capital em vigor desde a ascensão do capitalismo.

O que caracteriza essa ascensão é precisamente a abolição das restrições de ordem não-econômica e/ou altruísta peculiar da civilização feudal (de cunho

religioso, estético, moral e social), às quais a racionalidade econômica estava subordinada. No início do capitalismo, o uso de recursos, tanto humanos, como naturais, passa a ter quase nenhum controle social. O autor explica que “*essa liberação de todo tipo de restrição regulatória da atividade econômica teve o efeito positivo de intensificar fortemente o **dinamismo tecnológico** já presente na sociedade feudal*” (ROMEIRO, 2001: 15, grifo meu) (ver quadro 1).

O lado negro do capitalismo, entretanto, foi a exploração do trabalho que se seguiu, dando margem a uma grande reação intelectual e organizacional expressa principalmente pelos movimentos socialistas e sindicais. Em razão desses movimentos, pouco a pouco uma série de restrições à exploração do trabalho foi sendo introduzida, na forma de leis e regulações diversas (limitação de jornada de trabalho, proibição do trabalho infantil, salário mínimo, férias remuneradas etc.). Aliás, esse processo de exploração, é anotado por Gonçalves (1998) como uma conseqüência do intento capitalista de substituição da manufatura (*manu* – mão; *fatura* - fazer) pela maquinofatura pois, segundo o autor, “*se justifica pelo fato de o trabalhador possuir um limite psíquico e biológico que constitui um obstáculo efetivo à demanda do capital por ampliar permanentemente a sua produção*”. E como a máquina não possui esses limites, o conceito da físico-mecânica seria mais apropriado para atingir a almejada produtividade capitalista, através da constante inovação tecnológica, que poderia tornar-se sinônimo de progresso.

Gonçalves (1998) aponta também a questão técnica e a produtividade em relação à natureza como sendo fator importante para o entendimento de que o capital não pode ficar na dependência da natureza, mas requer, ao contrário, a subordinação a si dessas temporalidades. E adverte:

Como vemos, não é simplesmente por uma razão técnica que a nossa sociedade se desenvolve tecnologicamente, mesmo porque nenhuma técnica tem em si mesma razão. O motor das mudanças e do desenvolvimento tecnológico, demonstra amplamente a história, tem sido fundamentalmente de ordem política, na medida em que se trata da tentativa de obtenção de uma maior controle sobre os trabalhadores e sobre a natureza (GONÇALVES, 1998, p. 122).

Quadro 1: Tecnologia e civilização ocidental

O crescimento tecnológico do Ocidente – embora tenha se amplificado imensamente com a ascensão do sistema capitalista baseado na propriedade privada dos meios de produção – decorre de certos valores e instituições peculiares à civilização ocidental, presentes também desde o início do feudalismo.

De um lado encontra-se sua visão antropocêntrica sobre o sentido da presença humana na Terra derivada da cosmologia judaico-cristã, na qual os seres humanos foram criados por Deus à sua imagem e semelhança aos quais toda a Terra e seus recursos estão submetidos. Como assinalavam vários historiadores, essa visão representou uma extraordinária mudança de mentalidade na história da humanidade e contribuiu para uma atitude fortemente pró-ativa no sentido de manipular e transformar a natureza, inventando métodos e procedimentos.

De outro lado situa-se a fragmentação territorial e, dentro das regiões, a divisão de poder entre o centro (a Coroa) e o senhor feudal, implicando a existência de múltiplos centros de decisão. Esse fato representou um estímulo à inovação na medida em que tornou possível para os agentes inovadores barganhar suas idéias com dirigentes em competição mútua.

Essas especificidades da civilização ocidental explicam o fato de que já durante o feudalismo havia uma estrutura singular de incentivos para realizar o potencial de ganhos do progresso técnico quando comparada com as civilizações contemporâneas, que não apenas estimulava a criatividade tecnológica (invenções) como também o tipo de criatividade que tinha expressão econômica (inovações), reduzindo o desgaste do trabalho e elevando o bem-estar material da população em geral.

Na Antigüidade Clássica, as estruturas institucionais e organizacionais foram suficientes para promover as condições para a expansão comercial. Mas o crescimento econômico resultante foi relativamente limitado e beneficiou apenas uma pequena elite. As evidências provam que aquela civilização possuía potencial intelectual para criar aparelhos e instrumentos complicados, mas apenas uma fração desse potencial se traduziu em progresso econômico. A civilização islâmica, por sua vez, absorveu e aplicou as realizações culturais de outras civilizações, mas não foi capaz de desenvolvê-las, transformando-as em fonte de dinamismo tecnológico com expressão econômica. Ou, ainda, a civilização chinesa, na qual a sofisticação intelectual e a estrutura institucional foram eficientes em prover os incentivos para uma expansão econômica regular através do crescimento populacional, mas que também beneficiou apenas uma pequena minoria. Sua grande inventividade também não teve nenhuma expressão econômica.

Fonte: Romeiro (2001) apud May (2003).

Fica evidente que o sentimento de que o sistema capitalista é eficiente mas não produz justiça, ganha força com essas contradições. E o paradoxo apresentado não se limita às questões sociais, como visto. Os problemas ambientais do planeta também merecem destaque pelo fato de não serem ainda prioridade do sistema vigente e, na verdade, de nenhum outro. Os protestos mundiais contra a globalização cada vez mais intensos e as enormes pressões exercidas por organismos de todas as partes, principalmente a influência crescente do chamado terceiro setor, tem despertado minimamente algumas preocupações dos chefes de Estado, inclusive sobre o papel da ciência e da tecnologia na redução dos impactos ambientais e no acesso mais igualitário às informações.

3.2.2 - Inovações Tecnológicas: conceitos e definições

De acordo com a definição conceitual do Manual de Oslo (OSLO MANUAL, 1991, p. 12), *“a inovação tecnológica é a introdução de produtos ou processos tecnologicamente novos ou de melhorias significativas em produtos existentes no mercado”*. O processo de inovação abarca todos os passos científicos, tecnológicos, organizacionais, financeiros e comerciais que, efetiva ou potencialmente, levam à introdução de produtos ou processos tecnologicamente novos ou substancialmente melhorados.

Nesse sentido, entende-se que a capacidade de gerar, introduzir e difundir inovações depende não apenas das características e especificidades da organização que se considera - sua dinâmica setorial e disciplinar, seu mandato, seus mecanismos de gestão da inovação, sua inserção nos sistemas de ciência, tecnologia e inovação, sua história, etc.-, como também elementos que compõem o contexto institucional no qual essas organizações estão imersas. Para Bin *et al.* (2004), esse contexto refere-se a vários aspectos: nível de qualificação de recursos humanos, leis e normas que estimulam a inovação do conhecimento

científico e tecnológico acumulado e disponível, atuação do conjunto de organizações, demandas de mercado, entre outros.

Apesar das tentativas, o termo inovação tecnológica sofre da mesma carência de definição de outros conceitos importantes, pelo caráter polissêmico e consensual que o envolve. O tema parece estar intimamente ligado a preocupações de ordem econômica, como competitividade, pressões da demanda e investimentos – pelo menos para os adeptos das teorias convencionais -, e tem merecido um imenso debate acerca da inclusão de outras variáveis, como as socioculturais e ambientais, em seus estudos e avaliações.

Andrade (2004) alerta, no entanto, que algumas áreas têm enfrentado muita dificuldade em incorporar essa questão, pelo fato da dimensão do chamado “risco social” e da crítica às incertezas da modernidade, impedirem que a lógica da inovação interfira nos rumos da sustentabilidade. A geração dessa incerteza é, segundo o autor, fortemente marcada pelo temor do avanço tecnológico.

É possível apontar duas grandes tendências que se propuseram a compreender a questão no mundo contemporâneo: as correntes econômicas derivadas do pensamento schumpeteriano, e a sociologia construtivista das técnicas, desenvolvida principalmente por Bruno Latour e que criou espaço para a incorporação da temática nas Ciências Sociais (Andrade, 2004). Na concepção do autor, foi a disciplina econômica a que mais contribuiu com a agenda da inovação a partir das considerações de Schumpeter, inflamando o debate sobre transformações tecnológicas e desenvolvimento econômico.

A proposta de Schumpeter aponta que os investimentos nas novas combinações de produtos e processos produtivos de uma empresa repercutem diretamente em seu desempenho financeiro, de modo que o moderno empresário capitalista deve desempenhar ao mesmo tempo um papel de liderança econômica e tecnológica. O comportamento empreendedor, com a introdução e ampliação de inovações tecnológicas e organizacionais nas empresas, constitui um fator essencial para as transformações na esfera econômica e seu desenvolvimento no longo prazo.

Na versão mais atual do termo inovação, há a contribuição relevante do neo-schumpeteriano Christopher Freeman que, desde os anos 60, defende que a discussão sobre inovação surge e se desenvolve com um claro perfil econômico e corporativo, sendo vista como condição para que empresas e governos tenham um bom desempenho na economia internacional frente às oscilações de mercado e ameaças da concorrência. É de Freeman também a tese de que, com a globalização da economia, mais fortemente a partir dos anos 80, os economistas passam a mudar o enfoque dessa análise, observando a formação e desenvolvimento de redes, envolvendo empresas, agências estatais e centros de pesquisa, entre outros agentes econômicos importantes para a geração de inovação.

A partir daí tem-se uma visão mais genérica e abrangente da teia que envolve o processo inovativo, em que a inovação das firmas com e no sistema passa a adquirir significado estratégico. Vale dizer que as questões gerenciais e de inovação tecnológica são fundamentais para o estabelecimento de decisões empresariais do ponto de vista mais sustentável. Para Cassioto e Lastres (2000), isso evidencia que a estrutura organizacional assentada nos fluxos de informação passa a ser mais essencial que os próprios produtos desenvolvidos a partir das atividades tecnológicas, estabelecendo-se um novo conceito, o de sistemas nacionais de inovação. Acrescentam os autores que:

As interações entre os agentes econômicos, as instituições de pesquisa e organizações governamentais estipulam ações recíprocas que geram a capacidade de desenvolvimento de condições de inovação. Políticas locais e setorializadas passam a ser imprescindíveis para a compreensão do potencial inovativo de uma nação e região, independentemente da atividade específica de cada setor e das oscilações da demanda (CASSIOLATO E LASTRES, 2000, p.68).

Essas interações, que antes eram consideradas ligadas às decisões administrativas, passam a ganhar um escopo de inovação, na medida em que desenham uma nova estrutura competitiva capaz de diferenciar as organizações no cenário econômico.

A inovação, diferentemente da lógica da invenção, não se baseia na busca de novas propriedades técnicas ou novos produtos. Sua ênfase recai sobre a compatibilização entre o avanço tecnológico e as instituições sociais existentes, e não sobre o desenvolvimento de novas tecnologias. Para tal, Corazza (2001) explica que o processo de inovação tecnológica assume diferentes posturas na busca do melhor arranjo entre o tecnológico e as esferas sociais, quais sejam: (i) perspectivas substitutivas de inovação, em que um processo ou disposto tecnológico é superado em favor de outro; (ii) incrementos adicionais a tecnologias existentes no interior de padrões tecnológicos estabelecidos (*lock-in*); (iii) imposição de processos tecnológicos considerados como de finais de circuito (*end-of-pipe*), em que a cadeia de inovação se esgota; e (iv) adoção de alternativas de inovação a partir de caminhos originais (*breakthroughs*).

A partir dessas posturas, pode-se afirmar, nos três primeiros casos, há uma perspectiva linear e conservadora de inovação, que inclui a lógica substitutiva e o incrementalismo. A explicação é que a simples substituição de uma fonte de energia por outra ou a adição contínua de componentes e produtos tecnológicos não garantem por si um aprimoramento social e tecnológico. Para que a inovação possa realmente constituir um fator de renovação social, faz-se necessário superar essas tendências ou paradigmas em que, se por um lado os riscos são controlados, por outro os resultados sociais não apresentam avanços substantivos.

Dosi (1984) denomina esse rompimento de paradigma tecnológico²⁴, dentro do qual o padrão de solução de problemas técnico-econômicos selecionados deve transcender os modelos vigentes. O autor ainda trata da direção do avanço tecnológico dentro de cada paradigma ou o padrão de referência para as atividades voltadas à busca de solução de problemas, que é definida a partir do conceito de trajetória tecnológica. Cabe ressaltar que, apesar de terem suas atividades inovativas influenciadas pelas trajetórias tecnológicas, as organizações também são capazes de alterar – em diferentes graus - essas trajetórias, o que

²⁴ A definição de paradigma tecnológico por Dosi (1984) se deriva da definição de paradigma científica por Kuhn(1975).

configura um processo de evolução conjunta entre trajetórias das organizações, trajetórias tecnológicas e contexto institucional.

O papel da inovação no desenvolvimento econômico e social e em especial da sua vertente tecnológica é amplamente aceita, mas a possibilidade da inovação poder constituir-se como elo entre ambiente e desenvolvimento econômico ainda não é um conceito universalmente assimilado. A compreensão da relação entre meio ambiente e o processo de inovação tecnológica é importante para a definição de políticas públicas, assim como para informar decisões de agentes privados.

A resposta para a manutenção dos níveis de qualidade de vida das populações sem que se provoque o desequilíbrio ambiental do planeta, é a integração do desenvolvimento sustentável na inovação, tecnologia, organizações e sociedade, que constituem no seu conjunto o motor do crescimento econômico (BIN, 2004).

Nesta medida, compreender a relação entre meio ambiente e inovação pode contribuir para o planejamento e implementação do desenvolvimento sustentável. Assim, para ampliar a definição de inovação tecnológica relacionada ao meio ambiente, May , Lustosa e Vinha (2003) entendem que:

as tecnologias ambientais podem ser definidas como o conjunto de conhecimentos, técnicas, métodos, processos, experiências e equipamentos que utilizam os recursos naturais de forma sustentável e que permitem a disposição adequada dos rejeitos industriais, de forma a não degradar o meio ambiente – também chamadas de tecnologias ambientalmente saudáveis. Elas são obtidas por meio de inovações ambientais, ou seja, da introdução de novos procedimentos técnicos e organizacionais, no âmbito da produção industrial, que levam à maior proteção do meio ambiente (MAY , LUSTOSA E VINHA , 2003, p. 160).

Essa abordagem permite contemplar as organizações agropecuárias, por exemplo, que mantêm estreita relação com o meio ambiente. Valeria um esforço para introduzir técnicas mais inovadoras na exploração de cultivos ou na criação de animais e realizar planejamento de longo prazo para garantir o negócio do

ponto de vista econômico, tendo em vista sempre os impactos que a produção pode gerar ao meio ambiente.

3.3 – Oportunidades e restrições ambientais no processo de inovação

Recentemente, se intensificou o debate mundial sobre as relações entre meio ambiente e o desenvolvimento científico e tecnológico, em decorrência do alerta sobre o estado de degradação ambiental do planeta e de suas conseqüências negativas para a sobrevivência humana. Acresce-se a isto, o fato da percepção sobre os impactos ambientais associados às atividades agrícolas e industriais.

Para Bin (2004), essa crescente preocupação confunde-se com a maior ênfase dada aos aspectos da tecnologia. Segundo o autor, a partir do momento em que se reforça a preocupação sobre o peso e a influência que os imperativos de conservação e a recuperação ambiental devem ter sobre a evolução das trajetórias tecnológicas, inicia-se a abertura de espaços para a internalização desses mesmos imperativos nos processos de inovação. Observa-se que é justamente nesse sentido que se afirma o potencial indutor da variável ambiental nas transformações das trajetórias organizacionais e tecnológicas.

Tomando a perspectiva econômica neo-schumpeteriana – teoria evolucionista – como ponto de partida, pode-se entender que a variável ambiental é endógena às estratégias inovativas das organizações na medida em que tem o potencial para a geração de assimetrias que culminam em vantagens competitivas. Assim, inovações desenvolvidas em consonância com imperativos de conservação e recuperação ambiental, contribuem para a configuração de um novo padrão de competitividade para produtos, processos e serviços que têm como atributo a qualidade ambiental. Romeiro e Salles-Filho (1997) reforçam que passa a ser determinante para a competitividade das organizações, não apenas sua capacidade de gerar, introduzir e difundir inovações, quanto sua capacidade de fazer com que essas inovações tenham implicações ambientais positivas.

Um outro ponto de debate sobre inovações é a influência dos mecanismos legais e regulatórios na internalização da variável ambiental no processo de inovação, assim como o elemento de conscientização (embora sem contornos claros) dos atores sociais envolvidos na geração inovações. Este último estaria associado ao interesse pessoal sobre a ordem ambiental – em termos de qualidade do ecossistema global -, que encontra fundamento na garantia da meta empresarial em que esses atores se inserem.

Daí que a questão ambiental é sinalizada no contexto institucional a partir do formato de oportunidade (ligado naturalmente à ações pró-ativas) e de restrição ao desenvolvimento tecnológico (ações reativas), reorientando e forçando as organizações a atuarem de formas distintas no que concerne ao seu processo inovativo. Vale distinguir a forma com que as diferentes pressões se manifestam nas organizações, como também às competências que elas têm para responder a essas pressões e para influenciar o contexto no qual atua.

Um exemplo de pressão de ordem econômica que se manifesta, não apenas no aproveitamento de demandas ambientais como oportunidades tecnológicas, mas também pela restrição da variável ambiental na evolução das trajetórias tecnológicas, acontece na **agricultura**, decorrente, em parte, do comprometimento de longo prazo com a capacidade produtiva dos agroecossistemas em função de um modelo tecnológico agrícola intensivo em insumos químicos e mecanização (ROMEIRO, 1998).

Por outro lado, o setor industrial, segundo Lustosa *apud* May, Lustosa e Vinha (2003), “*é um dos que mais provoca danos ao meio ambiente*”, seja por seus processos produtivos ou pela fabricação de produtos poluentes e/ou que tenham problemas de disposição final após sua utilização. As tecnologias adotadas na atividade industrial levaram a sérios problemas de degradação ambiental mas, de outra forma, contribuíram para uma maior eficiência no uso de recursos naturais e a substituição de insumos no processo produtivo²⁵. Assim, o

²⁵ Um exemplo marcante foi o melhor aproveitamento energético dos derivados de petróleo e a sua substituição parcial por outras fontes energéticas após o primeiro choque do petróleo em 1973 (MAY, LUSTOSA E VINHA, 2003)

desenvolvimento tecnológico pode ser visto como um gerador de padrão menos agressivo, porém não resolve totalmente o problema.

A superação de ambigüidade histórica das bases científicas e tecnológicas que, de um lado são acusadas de responsável por impactos negativos e, de outro, são consideradas promotoras de um novo padrão de minimização e prevenção desses impactos, pode contribuir para a garantia de sobrevivência do ecossistema global. Para Castells (1999),

a nova base científica deve ser capaz de lidar com diferentes desafios, quais sejam: (i) a *cumulatividade* associada à degradação ambiental dado que problemas por ora imperceptíveis podem se desenvolver a ponto de se tornarem maiores, alcançando os limites do ecossistema (e excedendo sua capacidade de suporte); (ii) a *irreversibilidade* associada à degradação ambiental, pois em muitos casos não há como reverter um determinado quadro de degradação já consolidado; (iii) a *complexidade* inerente aos sistemas naturais, marcados pelas inter-relações entre os componentes do ecossistema, e que denotam dificuldades para caracterização dos problemas ambientais e dos riscos associados a eles; (iv) o *caráter global* dos problemas ambientais, que não é restrito à fronteiras geográficas e populações isoladas; (v) a *multidisciplinaridade* (ou ainda a transdisciplinaridade) exigida para lidar com problemas e riscos ambientais, pois trata-se de um conhecimento que envolve diferentes áreas do conhecimento (CASTELLS, 1999, p.155).

May, Lustosa e Vinha (2003) asseveram que o desenvolvimento tecnológico é um dos vetores fundamentais que possibilita o crescimento econômico e é, em grande parte, guiado pelo interesse privado em obter benefício econômico a curto prazo. Para eles, ambos os processos (crescimento econômico e desenvolvimento tecnológico) *“são descontínuos, não-lineares e evoluem no tempo, caracterizados por apresentar interdependência temporal, onde tanto a história quanto seus eventos e desdobramentos recentes são importantes”*.

Um problema central é, portanto, como induzir mudanças tecnológicas na direção de tecnologias mais limpas a fim de se obter sustentabilidade ambiental – ou seja, que os recursos naturais sirvam para as gerações atual e futura, e que os níveis de poluição sejam reduzidos mesmo com o aumento da produção (ver quadro 2). Assim, o alcance do desenvolvimento sustentável depende de que a mudança do padrão tecnológico atual caminhe na direção de padrões que

degradem menos o meio ambiente, como condição necessária para que o crescimento econômico possa ser contínuo e com uma distribuição mais igualitária dos benefícios desse crescimento.

Quadro 2 – Dinâmica tecnológica e impactos ambientais

Numa perspectiva histórica, percebe-se que o aparecimento de problemas ambientais pode levar a soluções por meio de adoção de novas tecnologias ou mudanças em tecnologias já existentes. Entretanto, as soluções do passado podem tornar-se problema no futuro. Um exemplo, citado por Kemp e Soete (1990), é bastante ilustrativo. No final do século XIX, o uso de cavalos como meio de transporte trouxe grandes problemas ambientais para a cidade de Londres. Dado que cada cavalo produz em média 15 kg de estrume por dia, o uso intensivo desse meio de transporte causou diversos transtornos à cidade, fazendo com que houvesse cerca de seis mil varredores de ruas para limpar a passagem para pedestres. Apesar de já estarem disponíveis outros meios de transporte, eles não eram adotados em função de regulamentações que limitavam a velocidade em oito milhas por hora, pela pequena escala de produção e pela falta de infra-estrutura de suporte (postos de gasolina, estacionamentos etc.). Na época, entretanto, constatou-se que os carros emitiam 200 vezes menos resíduos que os cavalos, quando as emissões eram medidas em gramas por milha.

Um século mais tarde, o problema ambiental do passado não mais existia, dada a substituição de cavalos por meios de transporte com motores que utilizavam derivados do petróleo como combustível. Mas surgiram outros problemas – resultado da utilização generalizada desses combustíveis -, como as emissões de diversos poluentes atmosféricos, inclusive o dióxido de carbono (CO₂) um dos principais gases responsáveis pelo aquecimento global – o efeito estufa. Atualmente, existem tecnologias alternativas para a transformação de energia química em mecânica para o transporte, mas o problema do passado se repete: escala de produção reduzida, ausência de aparato institucional e ausência de infra-estrutura de suporte.

Fonte: Romeiro (2001) apud May, Lustosa e Vinha (2003).

Acerca do desenvolvimento de um novo padrão tecnológico capaz da conservação e recuperação ambiental, duas classificações são extremamente importantes, ligadas aos grupos de tecnologias: limpas e de final de circuito (*end-of-pipe*). *“Tecnologia limpa é aquela que resulta em novos produtos ou processos que previnem impactos ambientais, enquanto tecnologia de final de circuito é aquela que serve para remediar os impactos ambientais existentes”* (MAY, LUSTOSA E VINHA, 2003, p. 41). De acordo com os autores, as tecnologias

limpas envolvem produtos limpos, que apresentam baixos níveis de impacto ambiental ao longo de seu ciclo de vida e processos limpos, que consomem menos recursos e emitem menos poluentes e resíduos. Já as tecnologias de final de circuito, segundo os autores são adicionadas a um sistema de produção já existente para minimizar a emissão de poluentes e resíduos.

3.4 – Crítica ambiental à tecnologia moderna

Durante os anos de 60 e 70, um conjunto de intelectuais de diferentes correntes teóricas basearam suas colocações sobre a crise ambiental em uma crítica contundente ao desenvolvimento técnico, direcionando-as ao capitalismo industrial e a sua incapacidade de compatibilizar tecnologia e meio ambiente no processo de desenvolvimento.

De acordo com Spaargaren *apud* Andrade (2004), esses autores defendiam que a causa dos problemas sócio-ambientais da contemporaneidade repousa nas condições e relações de produção capitalistas, que não internalizam os custos ambientais em sua contabilidade, crítica essa observada também da economia ambiental neoclássica. Os efeitos desastrosos sobre o meio ambiente seriam originados da atividade industrial e tecnológica, que não absorve esses custos ambientais de produção em termos de poluição, desmatamento etc. e, por outro lado, os sistemas em vigência não conseguiriam ampliar sua rentabilidade na medida em que é forçado a repor constantemente o capital natural dispendido na atividade produtiva.

Esses teóricos sustentam de diferentes maneiras que os efeitos da tecnologia geram saturação ecossistêmica, principalmente na forma de poluição atmosférica, hídrica ou resíduos sólidos. As tecnologias modernas, baseadas no uso intensivo de recursos energéticos e emissão de poluentes, representariam o grande fator desestabilizador do meio ambiente²⁶.

²⁶ Um exemplo típico dessa posição, anotado por Andrade (2004), aparece nos trabalhos do biólogo americano Barry Commoner, que no início dos anos 70 lançou o livro *The Closing Circle*

É importante apontar que esses teóricos do ambientalismo só são capazes de enxergar o fenômeno técnico a partir dos efeitos ou resultados visíveis em termos de poluição, desmatamento, impactos etc., o que não significa que estejam atentos à realidade técnica em sua contingência e organização internas. Ou seja, reduzem o impacto técnico a seus efeitos quantificáveis²⁷.

Assim, ao se reduzir a importância dos fenômenos técnicos aos seus efeitos perceptíveis e quantificáveis, perdem-se de vista as múltiplas relações sócio-técnicas e ambientais presentes, os sistemas produtivos modernos e as diversas trajetórias tecnológicas possíveis. Sobressai, portanto, que essa limitação e supressão de processos e componentes tecnológicos, ocupam uma postura defensiva e retrógrada, caracterizando uma visão fragmentada e pontual da atividade tecnológica. Conforme comenta Gille *apud* Andrade (2004):

o problema de trabalhos como o relatório 'Limites do Crescimento' consiste exatamente em uma visão dispersa das formas tecnológicas, que passam a não constituírem um sistema articulado. Para o autor, detectar desequilíbrios específicos e pontuais da tecnologia, e negá-los um aspecto sistêmico e reticular, representa a incapacidade de captar o fenômeno técnico em sua complexidade (GILLE, 1978 *apud* ANDRADE, 2004, p.98).

Por outro lado, a crise ecológica e energética dos anos 70 culminou em vários investimentos em tecnologias limpas ou alternativas econômicas e tecnológicas em diversos países, como resposta à demanda dos ambientalistas. Energia eólica, solar, combustíveis alternativos ou fórmulas para minimizar emissão de poluentes foram desenvolvidas com vistas a minorar níveis de degradação ou desperdício de recursos não renováveis (SACHS, 1986).

Para Freeman (1996), essas tecnologias ambientais, em sua maioria, possuíam caráter claramente substitutivo e convencional em termos tecnológicos.

(1974), apontando que o problema da emissão de poluentes constitui os meios de ameaça às condições de vida, levando em conta principalmente a situação ambiental no contexto norte-americano.

²⁷ Por exemplo, diferentes fábricas podem poluir a atmosfera emitindo gases. Esse seria um efeito indesejável da atividade tecnológica. Mas as fábricas, em sua inserção no espaço urbano, constroem um ambiente de circulação de recursos e materiais que é anterior à própria emissão de resíduos. Ou seja, independentemente da emissão maior ou menor de poluentes, as fábricas representam um contexto técnico, social e ambiental que precisa ser avaliado especificamente. Os efeitos da atividade técnica na forma de poluentes e dejetos representam um dos aspectos de sua implicação ambiental, que não pode ser tomado pelo todo (ANDRADE, 2004).

A crítica às tecnologias ambientais elaboradas pelos estudiosos da inovação vai no sentido de que elas não requerem novos paradigmas tecnológicos ou científicos, mas avançam dentro de direções consagradas do debate ambiental, como consumo de energia e preservação de recursos, e são marcadas por uma perspectiva finalizadora, de final de circuito, conforme visto anteriormente. De outra forma, ao invés de repensar o panorama econômico e tecnológico da sociedade industrial, bastaria substituir uma fonte de energia por outra ou adicionar um dispositivo paliativo em determinadas máquinas.

A concentração dessa discussão em questões específicas e eventuais, reduz a problemática tecnológica a determinadas circunstâncias que não contribuem para a construção de um novo paradigma tecno-econômico ambiental, em que a tecnologia seja considerada em uma visão sistêmica.

Não obstante, a modernidade trouxe uma dicotomia entre produtos tecnológicos de um lado e impactos no ambiente de outro, estabelecendo uma diferenciação que representa um entrave para uma compreensão complexa dessa relação. Seus traços são evidentes quando um determinado poluente, como agrotóxicos e fertilizantes químicos, precisam ser tratados genericamente, mas são aprioristicamente apontados e retirados, uma vez que remetem à absorção específica de um certo grupo de pessoas em determinadas condições.

Vale então defender a tese de que, dentro desse panorama teórico, o avanço e a sofisticação dos debates sobre meio ambiente e processos tecnológicos deve ser incentivado, sempre evitando uma visão substitutiva ou convencional e priorizando as inter-relações possíveis entre esses dois elementos.

Em suma, importa frisar que as inovações tecnológicas que resultem em sustentabilidade ambiental representam um desafio para as instituições privadas e para o governo, pois são capazes de gerar competitividade empresarial, mas nem sempre promovem externalidades positivas ao meio ambiente. Dessa forma, as decisões gerenciais devem incorporar ações com visão de longo prazo em todos os setores, como o da agricultura, por exemplo, que mantém estreita relação com a natureza e desenvolve atividades impactantes do ponto de vista ambiental.

CAPITULO IV

A AGRICULTURA SUSTENTÁVEL E SUA RELAÇÃO COM AS MUDANÇAS TÉCNICAS

4.1 Características da agricultura e inovações tecnológicas

A fim de proporcionar desenvolvimento ao setor agrícola, existem múltiplos caminhos de desenvolvimento tecnológico. Segundo Bittencourt (1992), tecnologias podem ser desenvolvidas de modo a facilitar a substituição de fatores relativamente escassos por fatores abundantes na economia. Desta maneira, numa economia caracterizada por escassez de mão-de-obra, a substituição desta por terra e capital deve se tornar possível, inicialmente através do melhoramento de máquinas e implementos agrícolas. E complementa: *“na agricultura dois tipos de tecnologia correspondem a isso: a mecânica²⁸ e a biológica, não significando que elas sejam desenvolvidas e motivadas somente para economia de mão-de-obra e terra, respectivamente”*.

Durante os últimos cinqüenta anos, a agricultura brasileira e mundial passou de empreendimento baseado no uso intensivo de recursos, para um

²⁸ Dentre as muitas inovações tecnológicas na agricultura, a introdução do trator pode ser considerada a inovação mecânica isoladamente mais importante, pois aumentou a taxa marginal de substituição de mão-de-obra pela potência mecânica, tornando muito mais fácil utilizar potência por trabalhador, além de mais produtivo (BITTENCOURT, 1992).

empreendimento intensivo em tecnologia. Antes de 1900, quase todos os aumentos de produção baseavam-se na expansão da área cultivada. A partir da Segunda Guerra Mundial, estes aumentos foram devidos ao crescimento da produtividade da terra, influenciado, entre outros fatores, por uma série de inovações tecnológicas geradas nos setores público e privado.

O processo de inovação na agricultura recebeu muita atenção dos economistas a partir da década de 1960, sendo referência a obra de Hicks, conhecida como o mais importante artigo na economia sobre mudança técnica na agricultura (POSSAS *et al.*, 1994). Nos anos 70, entretanto, essa teoria recebe algumas críticas importantes, baseadas na evidência social e política de que a distribuição de renda desigual seria um dos seus pontos frágeis. Era o chamado avanço da proletarização rural (KAGEYAMA, 1987). Aliás, a linha dos economistas marxistas defendia que a inovação tecnológica era determinada pela “lógica do capital” e que, portanto, jamais resolveria a fragilidade anotada acima. Como cita David (1968) *apud* Bittencourt (1992), os aumentos espetaculares em área de terra e potência mecânica por trabalhador, na magnitude dos que ocorreram nos Estados Unidos, indicam uma resposta às inovações mecânicas que elevou a taxa de substituição da mão-de-obra em favor da terra e da potência mecânica, o qual tem sido um processo contínuo.

As ferramentas úteis para compreender a análise da dinâmica na agricultura na economia capitalista não se afirmaram. Assim, os preceitos schumpeterianos, da escola evolucionista, se tornaram referências, principalmente acerca dos estudos da economia que tratavam a agricultura como uma empresa fornecedora, aportes da própria discussão feita para as indústrias. A modernização da agricultura, porém, torna o setor da agricultura uma ramificação da indústria e integrado para frente e para trás, ou seja, produtor de matérias-primas e consumidora dos bens intermediários.

A maioria dos mercados agrícolas apresenta um grau muito baixo de concentração e ausência de oligopólios, homogeneidade do produto e um nível elevado de competição do preço, taxas baixas de mudança técnica e uma

capacidade muito limitada de inovação por seus próprios meios, com despesas insignificantes de P & D. As inovações e as mudanças técnicas na agricultura são motivadas quase que inteiramente pelas suas empresas fornecedoras, além de estar fortemente atrelada às políticas públicas governamentais. Assim, fica fácil constatar o fator econômico, atrelado aos interesses do mercado, como propulsor de alterações na tecnologia adotada pelo produtor rural.

Possas *et al.* (1994) indicam três elementos básicos que necessitam de análise econômica das atividades relacionadas à agricultura: (1) a natureza do paradigma tecnológico, as suas tendências e evolução; (2) respostas estratégicas das unidades da agricultura – firmas ou produtores – para introduzir no mercado sinais e oportunidades reais e perspectivas de mudança técnica definida pela trajetória tecnológica em curso; (3) processos de seleção, através de mercados ou outras instituições, envolvendo estratégias de competidores da agroindústria.

Esses aspectos ajudam a moldar a análise das especificidades da agricultura de uma maneira um tanto quanto arbitrária do que é encontrado na literatura, pois são formatos freqüentemente identificados na indústria, mas que, nem por isso, impossibilitam de realizar análises do comportamento desse setor quanto às inovações tecnológicas adotadas.

Possas *et al.* (1994) realçam que as características básicas da agricultura e que as diferenciam de outros setores, permitem sim uma análise da dinâmica tecnológica, e que as dimensões de espaço e tempo devem ser bem observadas nesse contexto. A questão do espaço quando remetida às rotas de transporte e distância dos centros de consumo (como encontrado também em alguns tipos de indústrias), pode ser compensada pelas vantagens das escolhas técnicas do produtor e também de agroecossistemas. E a dimensão tempo quando relacionada aos ciclos biológicos que prevalecem na agricultura e que são responsáveis pelo período longo de produção.

A agricultura se reveste de características muito peculiares. Um desafio adicional, nesse caso, é como avaliar os impactos ambientais de tecnologias agropecuárias produzidas pela natureza agressiva dessas atividades e pela

interdependência e multiplicidade de fatores determinantes. A tecnologia, segundo Irias *et al.* (2004), é apenas um desses fatores responsáveis pelas inovações do setor, conquanto possa ser um dos mais relevantes.

4.2 – Evolução da variável ambiental no processo de inovação na agricultura: influências da Revolução Verde

Um novo consenso parece emergir a partir da teoria neoclássica do desenvolvimento agrícola. Sua ênfase central está na mudança tecnológica como elemento dinâmico no desenvolvimento agrícola. E é justamente a chamada revolução verde a sua principal base para análises, refletida nos países em desenvolvimento durante a década de 60 e 70.

Hayami e Ruttan (1971) propõem um modelo de inovação agrícola que, de certa forma, complementa as limitações apresentadas no modelo de Schultz²⁹, especialmente, nas explicações das condições econômicas e sociais que conduzem as instituições a gerar novas tecnologias e pessoas a absorver e usar eficientemente essas tecnologias. Para os autores, não há nessa proposta um mecanismo pelo qual os recursos são alocados entre educação, pesquisa e outras atividades econômicas alternativas, nos setores público e privado, como não há um esforço para especificar o processo pelo qual a relação entre preços dos fatores e do produto induzem investimento em pesquisa numa determinada direção.

No sentido de fundamentar essas deficiências, Hayami e Ruttan (1971), enfatizam o papel da função de produção e dos mecanismos de mercado que interligam os diferentes setores da economia. A essência dessa proposta é que

²⁹ Theodore Schultz escreveu o livro *Transforming traditional agriculture*, que é considerado o ponto de partida da nova perspectiva de desenvolvimento agrícola com base em inovações tecnológicas (Hayami e Ruttan, 1971)

o setor privado cria novas tecnologias em resposta às mudanças nos preços relativos dos fatores e às mudanças nos preços dos fatores relativos aos produtos, para aliviar os condicionantes do crescimento impostos pelas ofertas inelásticas da terra e do trabalho (HAYAMI E RUTTAN, 1971, p. 59)

Sem dúvida, o ponto central desse modelo é a interação entre fazendeiros, instituições públicas de pesquisa e firmas privadas produtoras de insumos agrícolas, de maneira que as mudanças nos preços de mercado induziriam um processo dialético de desenvolvimento tecnológico envolvendo esses três componentes no sistema econômico. Além disso, essa formulação teórica procura modelar a complementaridade tecnológica que existe entre os setores agrícola e industrial via insumos de capital que o setor industrial oferta ao setor agrícola.

4.2.1 Internalização da variável ambiental

Assim como nos demais setores, também na agricultura, a variável ambiental passou a exercer um peso relativamente importante no processo de inovação a partir da década de 80. Essa transformação foi e ainda é responsável por transformações nas trajetórias tecnológicas do setor, assim como do conjunto de organizações responsáveis pela conformação dessas trajetórias tecnológicas. Segundo Possas *et al.* (1994), esse conjunto se distingue por seis grupos de atores: empresas privadas fornecedoras de insumos e equipamentos para a agricultura, empresas privadas processadoras de produtos agrícolas, instituições públicas de pesquisa e universidades, organizações coletivas não orientadas ao lucro (cooperativas e associações), setor de serviços (por exemplo, assistência técnica) e as unidades produtivas.

A consolidação e a evolução do modelo agrícola produtivista³⁰ e das organizações responsáveis pela trajetória tecnológica estão fortemente ligados ao aumento de sua produção e de sua produtividade. Para Bin (2004) esses fatores foram impulsionados pela pressão demográfica, urbanização, industrialização, expansão do comércio, assim como pelas limitações enfrentadas pelos diferentes processos produtivos adotados historicamente, sejam eles em termos de produtividade, disponibilidade de terra e mão-de-obra e rentabilidade para os agricultores.

Romeiro (1998) destaca que, a partir daí, encaminharam-se estratégias de expansão de fronteiras agrícolas, estabelecimento de monoculturas, utilização de variedades melhoradas, insumos químicos (pesticidas e fertilizantes) e mecanização. Algumas dessas técnicas foram formas de conviver com o desequilíbrio, combatendo os fatores responsáveis pela diminuição da capacidade produtiva dos agroecossistemas e não necessariamente eliminando suas causas.

A dicotomia vivida por esses agentes denuncia um círculo vicioso de utilização de insumos e equipamentos e, ao mesmo tempo, um aumento da degradação ambiental, “necessários” para alcançar a produtividade. Um exemplo disso é o uso de pesticidas para combater o surgimento de pragas e doenças em função da simplificação demasiada do ecossistema original ocasionada pelas práticas de monocultura, ou ainda, do uso de variedades adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas³¹ de forma a permitir a expansão das fronteiras agrícolas com manutenção de produtividade.

Todos os fatores acima, aliados ao crescente envolvimento das atividades agrícolas com a produção de insumos e equipamentos para a agricultura, assim como os setores responsáveis pelo processamento de produtos agrícolas,

³⁰ Teixeira e Lages (1996) resumem que o modelo agrícola produtivista compreende todo progresso engendrado no processo que convencionalmente tem sido chamado de Revolução Verde. Segundo os autores, esse processo significou, por um lado, uma série de inovações tecnológicas, no sentido de melhorar o desempenho da produtividade na agricultura (sementes geneticamente melhoradas, uso intensivo de insumos agroquímicos e desenvolvimento da mecanização e irrigação) e, de outro, a inserção crescente da agricultura ao complexo agroindustrial, quer pela sua integração aos setores industriais produtores de insumos à montante, quer pela sua vinculação ao mercado transformador da produção agrícola à jusante.

³¹ Referentes ao tratado do solo.

contribuíram significativamente para consolidar, ao longo da primeira metade do século XX, o modelo agrícola produtivista, ou ainda, padrão agrícola moderno.

O grande alicerce desse modelo, conforme discutido acima, foi a chamada Revolução Verde³², ocorrida a partir do final da década de 1960, nos países em desenvolvimento. Salles-Filho (1997) resume as características desse modelo em três pontos essenciais: heterogeneidade e complementaridade entre diversos insumos e técnicas; redefinição da inserção da agricultura na economia com integração a segmentos industriais (a jusante e a montante do processo produtivo) e comerciais (interno e externo); e busca pelo aumento de produtividade da terra e do trabalho.

Vale ressaltar que o alcance do padrão agrícola moderno atingiu todos os países, inclusive os países em desenvolvimento, onde as bases da agricultura e das técnicas agrícolas se moldavam conforme as características produtivistas. Isso acarretou um conjunto de mudanças institucionais que passou a fazer parte desse contexto, especialmente no que se refere ao aparato de pesquisa agrícola e extensão rural. Entretanto, não tardou para que a crise ambiental provocada por este modelo se tornasse um problema crônico. Para Teixeira e Lages (1996), o momento oficial de alarme da insustentabilidade³³ do modelo produtivista e de formulação oficial da noção de agricultura sustentável foi a aparição do relatório de Brundtland.

4.3 – Das insuficiências do paradigma produtivista à agricultura sustentável

³² A denominação Revolução Verde tem sua origem nas variedades vegetais altamente produtivas que passaram a ser difundidas em conjunto com demais práticas e insumos, constituindo um grupo de recomendações que ficou conhecido como “pacote tecnológico” (Ehlers, 1999)

³³ Na década de 60, Rachel Carson publica o livro “Primavera Silenciosa”, um clássico mundial da literatura sobre o meio ambiente, que denuncia enfaticamente o uso indiscriminado de agrotóxicos na agricultura. Ler também “O futuro roubado”, de Colborn *et al* (1997), que oferece uma descrição realista, através de uma história científica, da ampla variedade de agentes químicos sintéticos que alteram os sistemas hormonais, além de outras consequências graves à saúde animal do planeta.

Parece existir um consenso entre os especialistas quanto ao paradigma produtivista da revolução verde: ele merece algumas reformulações. Isso pode ser explicado por dois fatores muito correlacionados: os impactos sócio-ambientais, com as conseqüentes mudanças nos pontos de sustentação do paradigma em questão. Considerando-se este quadro surgem algumas perguntas: será isso resolvido por meio de inovações incrementais, mantendo-se a trajetória tecnológica e organizacional? Ou faz-se necessário o aparecimento de uma inovação radical que leve a um novo paradigma tecnológico e organizacional para a agricultura? (COUTO FILHO *et al.* 1997).

No Brasil e em muitos outros países, durante a década de 70, multiplicaram-se a participação de cientistas e de movimentos da sociedade civil, para constituir uma crítica consistente aos impactos gerados pelo modelo produtivista³⁴. O seu desenvolvimento paradoxal impulsionado pelo aumento de produção e produtividade, por um lado, e o aumento da pobreza, da hipertrofia do urbano e da degradação ambiental, por outro, revelam seu caráter insustentável. Porém, essas críticas se limitaram às deficiências do modelo, incapazes que se mostraram de avançar em proposições e alternativas palpáveis para toda a panacéia evocada.

Antes de tentar uma resposta alternativa ao modelo³⁵, vale entender as motivações que resultaram no questionamento da sustentação e da sustentabilidade desse paradigma. Campanhola *et al.* (1997) apontam duas principais razões que abalaram as estruturas da Revolução Verde e suas amarras ao modelo capitalista produtivista: (i) motivação de ordem ambiental, que se distingue pela percepção sobre os impactos ambientais e sociais negativos no modelo produtivista, pelo conseqüente comprometimento da capacidade produtiva dos agroecossistemas em função desses impactos e também pela ampliação do

³⁴ Ler Abramovay (1997).

³⁵ Na visão de Teixeira e Lages (1996), uma das questões que decorrem da crítica a um determinado paradigma, sobretudo institucional e tecnológico, é a existência ou não de alternativas. No caso do produtivismo, parece evidente que o debate sobre a sustentabilidade do desenvolvimento agrícola aponta saídas para a crise que ele mesmo produziu.

debate sobre meio ambiente e desenvolvimento³⁶, que passa a envolver, necessariamente, as relações entre meio ambiente e agricultura; (ii) transformação ampla no contexto institucional, culminando em três elementos centrais em decorrência de pressões de diferentes naturezas, notadamente as relacionadas com a manutenção da produtividade e competitividade da atividade agrícola (POSSAS *et al.*, 1994):

1. transformação da demanda por produtos agrícolas, ou seja, passam a ser sinalizadas no comércio agrícola demandas por produtos de maior qualidade, essencialmente nos quesitos saúde e meio ambiente, especialmente nos países ricos. É justamente nesse sentido que aumenta-se o interesse por alimentos funcionais, isentos de resíduos de pesticidas, com apelos regionais e sociais etc;
2. mudanças nas políticas agrícolas, pela inclusão de novos temas prioritários (essencialmente sustentabilidade e segurança alimentar) e mudanças nas regras para o comércio agrícola. Sobre essa alteração nas regras, destaca-se o espaço aberto para o estabelecimento de barreiras não tarifárias contendo restrições de ordem ambiental e fitossanitária e também o espaço para o apoio interno permitido através da caixa verde;
3. transformações nas bases científicas e tecnológicas da agricultura, ou seja, mudanças na forma de geração e disseminação de tecnologia e conhecimento, principalmente pela biotecnologia e microeletrônica.

Nesse sentido, enfatizam Couto Filho *et al.* (1997), tanto as motivações de ordem ambiental quanto aquelas percebidas em outros elementos do contexto institucional que abriram espaço para as considerações ambientais na agricultura,

³⁶ A ampliação desse debate fica evidente quando o tema meio ambiente torna-se pauta da agenda prioritária de diversos países e de negociações intergovernamentais, impulsionando, em amplo espectro, conferências, tratados e acordos sobre o tema. A I Conferência Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, por exemplo, organizada pela Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) da Organização das Nações Unidas (ONU), em 1987, é um marco dessa evolução, pela difusão do conceito de *desenvolvimento sustentável*, que se desdobra posteriormente (quando da realização da Agenda 21 na II Conferência Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Eco-92, realizada no Rio de Janeiro) em outros conceitos, tais como o de *agricultura e desenvolvimento rural sustentável*.

tornaram-se, a partir da década de 80, presentes no balizamento dos problemas e soluções determinantes das trajetórias tecnológicas e organizacionais do setor agrícola.

Couto Filho *et al.* (1997) reiteram que esses tópicos acerca das motivações são muito relevantes, porém acrescentam que o conhecimento mais detalhado dos fatores causadores da referida crise podem também se tornar fundamentais para descortinar as falhas do paradigma atual. Para isso, eles destacam um país em particular – o Brasil –, mesmo entendendo que modelos aplicados em países diferentes podem ter resultados diferentes, já que existem situações econômicas e valores culturais e sociais distintos entre os países.

A partir dessa configuração nascem as novas perspectivas do processo inovativo que busca a sustentabilidade na agricultura. Assim, novos caminhos são indicados em resposta ao paradigma produtivista, orientados pela ótica da sustentabilidade ambiental, social e econômica. Campanhola *et al.* (1997) agregam à discussão, a reorientação do conjunto de estratégias corretivas ou reparadoras necessárias para manter ou recuperar a qualidade dos recursos e manter a produtividade dos agroecossistemas.

4.3.1 Agricultura Sustentável

Com a publicação do *Relatório de Brundtland* em 1987, denominado Nosso Futuro Comum, o conceito de desenvolvimento sustentável se tornou amplamente conhecido como: “*desenvolvimento sustentável significa atender às necessidades do presente, sem comprometer a capacidades das futuras gerações de atender suas próprias necessidades*”. O conceito tem se tornado comum em vários campos de atividades e serve para definir a capacidade de sustentação de um processo produtivo. Um desenvolvimento econômico sustentável seria aquele em que o estoque de capital natural pudesse continuar a desempenhar seu papel complementar indefinidamente na economia. Motta (1997), quando se refere à relação entre capital natural e capital manufaturado, diz que é a substituição entre

capital natural e o capital manufaturado que irá indicar se a sociedade está caminhando na tentativa de seguir trajetórias de sustentabilidade.

Na agricultura, também há um esforço para se definir as condições de sustentabilidade. A agricultura sustentável, tal qual se apresenta, considerando todos os aspectos ressaltados, não é de fácil definição. No entanto, para guiar o trabalho e respaldar as discussões, torna-se imperioso procurar elucidar alguns conceitos que permeiam a temática e compreender o seu marco histórico.

A idéia de agricultura sustentável indica, antes de tudo, a crescente insatisfação com o *status quo* da agricultura moderna. Ela aponta o desejo social de sistemas produtivos que, simultaneamente, conservem os recursos naturais e forneçam produtos mais saudáveis, sem comprometer os níveis tecnológicos já alcançados de segurança alimentar. Resulta de emergentes pressões sociais por uma agricultura que não prejudique o meio ambiente e a saúde³⁷.

Na conformação do novo paradigma de produção agrícola, dois conceitos apontados por Ehlers (1999) são essenciais. O primeiro é do Conselho Nacional de Pesquisa Norte-Americano – NRC:

Agricultura sustentável não constitui algum conjunto de práticas especiais, mas sim um objetivo: alcançar um sistema produtivo de alimentos e fibras que: (a) aumente a produtividade dos recursos naturais e dos sistemas agrícolas, permitindo que os produtores respondam aos níveis de demanda engendrados pelo crescimento populacional e pelo desenvolvimento econômico; (b) produza alimentos saudáveis, integrais e nutritivos que permitam o bem estar humano; (c) garanta uma renda líquida suficiente para que os agricultores tenham um nível de vida aceitável e possam investir no aumento da produtividade do solo, da água e de outros recursos e (d) responda às normas e expectativas da comunidade (NRC, 1991, p. 3).

O segundo é emprestado da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO:

³⁷ Ver Bezerra e Veiga (2000) - Relatório do Ministério do Meio Ambiente e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

Agricultura sustentável é o manejo e conservação dos recursos naturais e a orientação de mudanças tecnológicas e institucionais de tal maneira a assegurar a satisfação das necessidades humanas de forma continuada para a presente e futura gerações. Tal desenvolvimento sustentável conserva o solo, a água e os recursos genéticos animais e vegetais; não degrada o meio ambiente; é tecnicamente apropriado, economicamente viável e socialmente aceitável (FAO: Declaração de Den Bosch, 1992).

O que se observa é a associação desses conceitos com as formas da agricultura alternativa (biodinâmica, orgânica, biológica, natural) e da agricultura tradicional, sendo as primeiras mais amenas do ponto de vista ambiental. Para Altieri (1998), esse fato mostra que as definições sobre as bases científicas e tecnológicas da agricultura também são imprecisas. Segundo Kitamura (2003), a inovação tecnológica na agricultura, em resposta às oportunidades e restrições ambientais, *“caminha em duas frentes: viabilização de práticas alternativas e evolução das técnicas associadas ao modelo produtivista”*.

Na primeira linha concentram-se esforços para o resgate de técnicas já utilizadas, baseadas fortemente nos princípios de rotação de culturas e estabelecimento de consórcios entre agricultura-pecuária, tais como a agricultura biodinâmica, a agricultura orgânica, a agricultura biológica e a agricultura natural e suas variações. Todas essas técnicas estão alicerçadas na pesquisa de base agroecológica.

A agroecologia é originalmente uma disciplina científica da agronomia que estuda a dimensão ecológica dos sistemas agrícolas e sua interação com processos sociais e econômicos, e que se consolidou ao longo da década de 80 (ALTIERI, 1998). Sua principal característica está na aplicação de conceitos e princípios ao desenho e manejo de sistemas agrícolas sustentáveis, recuperando elementos do funcionamento dos ecossistemas naturais e agroecossistemas tradicionais que utilizam recursos e conhecimento local.

Na segunda linha, alerta Kitamura (2003), localizam-se as iniciativas de desenvolvimento de tecnologias mais amenas do ponto de vista ambiental, envolvendo essencialmente a redução do uso de agroquímicos e a conservação ambiental, tais como: melhoramento genético, manejo integrado de pragas e

técnicas associadas, o plantio direto, fixação biológica de nitrogênio e agricultura de precisão.

As diferenças entre as técnicas alternativas e as técnicas da agricultura intensiva com maior apelo ambiental podem se referir muito mais à abordagem com que são utilizadas do que às características intrínsecas. Essa tênue diferença leva a um questionamento: será possível que as soluções técnicas isoladas são capazes de determinar sistemas sustentáveis? Ou o arranjo entre essas soluções no contexto na qual serão aplicadas é que determina o caminho sustentável?

Dissecados os apontamentos em torno da reorientação das trajetórias tecnológicas na agricultura a partir do ideal da sustentabilidade, um outro ponto a ser aferido refere-se às trajetórias das organizações envolvidas em sua conformação. Aqui cabe retomar ao cerne da teoria evolucionista que considera esse processo de evolução de forma dinâmica e sistêmica. Assim, é a partir dessa compreensão que as iniciativas organizacionais de incorporação da variável ambiental na gestão da agricultura ganham espaço.

Para exemplificar, Kitamura (2003) cita o caso das empresas de equipamentos para a agricultura, que foram obrigadas a tornar indispensáveis as semeadeiras-adubadeiras especiais, exigidas por um sistema de plantio que dispensa a preparação do solo, fazendo com que o mesmo permaneça coberto com restos de cultura e vegetação durante o ciclo de produção, o que diminui a erosão. Da mesma forma, compara o autor, outras empresas foram obrigadas a redirecionar suas atividades, como é o caso das empresas de pesticidas que passaram a reduzir o perfil toxicológico de seus produtos.

No entanto, também na agricultura deve-se considerar a existência de forças de estabilidade e inércia, pelo contexto institucional adaptado ao modelo agrícola produtivista e que dificultam os processos de inovação sob os imperativos ambientais. Apesar de uma clara sinalização de que os pressupostos ambientais possuem espaço na evolução das trajetórias da agricultura, ainda há desafios a superar, principalmente no que se refere a uma observação mais completa acerca da complexidade dos problemas ambientais e na operacionalização de práticas efetivamente sustentáveis.

Couto Filho (1997) aborda que cada trajetória (direção que caminha calcada em pequenas inovações) contribui para exaurir o paradigma, até o ponto em que será necessária uma mudança paradigmática e esta se dará com o surgimento de uma inovação radical, uma mudança significativa na base do conhecimento científico e tecnológico.

Nesse sentido, a sustentabilidade produtiva e a sobrevivência do próprio padrão tecnológico e organizacional baseadas na revolução verde, são questionadas por duas correntes básicas de pensamento, em uma analogia com o exposto *ex-ante* sobre *agricultura alternativa e evolução das técnicas do modelo produtivista*.

A primeira corrente acredita que a agricultura mundial vive problemas cuja solução demandará tempo e grandes recursos de investimento em pesquisa tecnológica voltada para o aumento da produtividade. É o chamado “estrangulamento tecnológico da oferta”, significando que o mundo estaria à beira de uma grave crise de produção de alimentos. A oferta de grãos acha-se próxima do limite imposto pela disponibilidade de terra e de água e pelas tecnologias de produção existentes. A elevação da produtividade via utilização do pacote tecnológico produtivista já estaria esgotada. Tal desencontro entre oferta e demanda de produtos agrícolas só tenderia a se agravar nas próximas décadas (COUTO FILHO, 1997).

Ainda mais preocupante é a visão de que o mundo viveria o limiar de um período de escassez alimentar, sob a justificativa de que a base para um crescimento duradouro da agricultura é a tecnologia e o grande salto tecnológico da agricultura, a revolução verde, que viabilizou o atendimento da demanda crescente nas décadas recentes de concentração urbana e expansão populacional acelerada, estaria esgotada. Assim, a conclusão seria que não é possível, por esse processo tecnológico, continuar aumentando o rendimento físico indefinidamente. Ou seja, há um limite que estaria prestes a ser alcançado.

Para Schuh *apud* Couto Filho (1997), portanto, “é preciso não só aumentar substancialmente os recursos destinados a investimentos, mas também, reorientar todo o processo de pesquisa”. O autor acredita que sem isso, a oferta não estaria

em condições de responder satisfatoriamente ao crescimento da demanda, ou seja, a trajetória produtivista estaria esgotada, fazendo-se necessário o surgimento de uma inovação radical que leve a um novo paradigma tecnológico e organizacional para a agricultura.

A segunda corrente tem uma conclusão bem menos dramática, baseada nos estudos da FAO (Food and Agriculture Organization). Para essa corrente, não haveria problemas estruturais de oferta. A diminuição no ritmo de crescimento da produção seria uma reação natural de mercado, consequência da resposta dos principais exportadores de grãos às mudanças introduzidas nas políticas agrícolas e comerciais de vários países, com a redução de subsídios à exportação e de incentivos à produção. Essa afirmativa, segundo Couto Filho (1997), baseia-se, inicialmente, *“no fato de que haveria ainda uma quantidade significativa de terra disponível para ser incorporada ao processo produtivo”* (COUTO FILHO, 1997, p. 23).

Além disso, a análise da FAO procura amenizar a hipótese da existência de um limite tecnológico. Para ela, os investimentos em pesquisas voltados para os domínios da biotecnologia e da engenharia genética devem começar a render frutos muito brevemente, contribuindo para a evolução de rendimentos por hectare. Em outros termos, esta segunda corrente não acredita no esgotamento do paradigma da revolução verde, muito pelo contrário, defende que as inovações tecnológicas em curso são incrementais e darão continuidade à trajetória tecnológica produtivista.

Para os especialistas, qualquer afirmação feita em relação ao futuro da agricultura baseado no paradigma vigente causa certamente um desconforto enorme. Se, por um lado, modelo da revolução verde vem se mantendo, com todos os problemas apresentados, a inovação radical não explica como atender a imensa demanda por alimentos que cresce a cada dia. Qual então o melhor caminho?

4.4 – Os impactos da modernização tecnológica agrícola no Brasil

Na década de 1970, especificamente, o processo de modernização tecnológica da agricultura brasileira apresentou-se em dois elementos fundamentais: quimificação e mecanização³⁸. Segundo o Sindicato da Indústria de Defensivos Agrícolas do Estado de São Paulo, o consumo de defensivos agrícolas cresceu a uma taxa de 7,2% no período de 70/80. O consumo de fertilizantes multiplicou-se por quatro entre 1970 e 1980 a uma taxa geométrica real média de 15,5% ao ano, havendo uma forte concentração de seu uso nos maiores estabelecimentos. Atualmente esses índices são ainda muito preocupantes, conforme dados apresentados no capítulo seguinte.

Camargo *et al.* (2002) apontam mais alguns dados importantes acerca da insustentabilidade da agricultura brasileira. Em 1993, foram notificados 6 mil casos de intoxicação de trabalhadores que atuam na aplicação de agrotóxicos, mas as projeções existentes indicam a existência de até 300 mil casos por ano. As vendas de agrotóxicos no mercado brasileiro, especialmente de herbicidas, aumentaram de R\$ 1 bilhão em 1990 para R\$ 2,18 bilhões em 1997. No conjunto do país, entre 1964 e 1991, o consumo de agrotóxico aumentou 276,2%, contra um aumento na área plantada de 76%, evidenciando o desequilíbrio estrutural quando confrontados dados de aumentos desse consumo e aumento da produtividade e na ocorrência de pragas e ervas infestantes.

Além do uso indiscriminado de agentes químicos, a moderna agricultura brasileira também provocou desgastes enormes ao solo, através do uso intenso de máquinas e equipamentos agrícolas, a tecnificação. Junto com o uso das máquinas, outras atividades contribuíram para que, somente no Estado de São Paulo – o mais capitalista e empresarial do país -, dos 18 milhões de hectares utilizados, cerca de 4 milhões estão em estágio avançado de degradação. A perda agregada de solos é de 200 milhões de toneladas por ano. Para cada quilo de soja produzido, por exemplo, perdem-se 10 kg de solo. Para cada quilo de algodão, 12 kg de solo (PNUD, 1996).

³⁸ Na verdade, isso é uma referência às externalidades ambientais negativas, que no caso da agricultura, se manifestam de várias formas: degradação do solo; redução da quantidade e da qualidade da água; redução da biodiversidade e a ocorrência de pragas oportunistas que adquirem caráter endêmico. Esses processos associados têm colaborado com a perturbação do equilíbrio ecológico (Darolt, 1998 apud Rodrigues, Nogueira e Ambrosi, 2001).

Um outro sinal de insustentabilidade que deve ser cada vez mais investigado é o do desperdício de água. Entre os setores responsáveis pelo consumo de água na década de 1990, a agricultura/irrigação destacou-se com 59%, seguido das estruturas urbanas (22%) e indústrias (19%). Na medida em que a área irrigada avança – ela saltou de 461 mil hectares em 1960 para 3,1 milhões em 1996 – além dos riscos de salinização dos solos, especialmente no Nordeste, existe um forte potencial para depleção dos mananciais. A região Sudeste, que concentra 42% da população e 6% das reservas de água doce no Brasil, é particularmente explosiva nesse ponto.

Camargo *et al.* (2002) assinalam que, após estimular um aumento considerável na produção global entre as décadas de 1950 a 1980, que cresceu no ritmo de 2,7% ao ano, a agricultura industrializada vem apresentando sinais claros de insustentabilidade ecológica e de incapacidade para cumprir o objetivo autoenunciado de acabar com a fome no mundo³⁹, em que pese isso ser mais um problema de venda do que de demanda.

Couto Filho (1997) reforça algumas contradições geradas pelo modelo da agricultura da “revolução verde”, destacando-se a produção simultânea da riqueza e da miséria; a utilização de diferentes níveis tecnológicos nas distintas regiões e produtos; e as formas desiguais de tratamento nas relações de trabalho, apresentando modernas relações contrapostas a situações de desrespeito às condições mínimas e legais de trabalho, em todas as regiões do país. E complementa:

se, por um lado, a agricultura experimentava uma fase de dinamismo face à evolução de seus principais agregados estruturais – ampliação da produção agrícola, elevação da oferta de matérias-primas, ampliação do mercado interno para a produção industrial etc. – por outro, as gritantes disparidades regionais do país agravava, o problema do subemprego e do desemprego (COUTO FILHO, 1997, p.8).

³⁹ A simples existência física do alimento, desconsiderando as condições econômicas, sociais e culturais que produzem o acesso ao mesmo, não é garantia de redução da fome. Na América do Sul, por exemplo, apesar de um crescimento de 9% na oferta per capita de alimentos entre 1970 e 1990, o número de pessoas com fome aumentou em 9% no mesmo período (LAPPÉ *et al.* 1998: 61).

Isso mostra que a relação entre uma agricultura mais tecnicada e uma maior intensificação do ritmo de trabalho se deve ao tipo de desenvolvimento que está se dando no Brasil, ou seja, um desenvolvimento em que a evolução das técnicas de produção visa basicamente a aumentar a extração de trabalho excedente, elevando os lucros do capital e a concentração de renda.

Essa concentração também é referenciada por Kitamura (1993), quando relata que, além dos problemas ambientais gerados pela agricultura, há ainda outro que deriva das condições dessa concentração de atividade econômicas, notadamente a questão fundiária aliada à “modernização conservadora”. E acrescenta:

O crescimento desigual em termos de tecnologia gerou uma exclusão do produtor menor que, geralmente, é forçado a utilizar meios de produção e formas de manejo bem mais impactantes ao meio físico e biológico do que o produtor em maior escala. Entretanto, em muitos casos, é o único meio que ele conhece para sobreviver (KITAMURA, 1993, p. 55).

A correlação de forças entre os grandes e pequenos produtores no país ou entre os produtores que utilizam intensamente o capital mecanizado e os produtores com menor uso deste, evidencia que há um enorme desafio para transformar a agricultura nacional em um sistema produtivo que, além de competitivo, seja fortalecedor das causas da conservação ambiental e da redução das diferenças sociais.

4.5 A Teoria das Inovações Induzidas e o fator de produção terra no cerrado

Evidenciando o enfoque neoclássico na análise da questão da mudança tecnológica percebe-se que, apesar dos modelos econômicos consistentes e lógicos, suas teorias tratavam do progresso técnico como exógeno ao modelo. A Teoria das Inovações Induzidas é, portanto, uma tentativa de avanço teórico de

endogeneizar o progresso técnico, com abordagens *demand-pull* e *technology-push*⁴⁰: seus fundamentos estão em Hicks (1932), citados por Salles-Filho e Silveira (1990), “que apontou para o caráter não neutro do progresso técnico induzido por mudanças nos preços relativos dos fatores, que por sua vez resultariam em mudanças na escassez relativa”. Cruz (1988) salienta que os estímulos de mercado associados ao desenvolvimento de novas técnicas, induziriam à inovação.

Hayami e Ruttan (1971) foram os teóricos que mais contribuíram para o avanço desse tipo de abordagem ao objetivarem desenvolver um modelo de geração de tecnologia que fosse endógena ao processo de desenvolvimento agrícola (Bacha, 1992). Para Hayami e Ruttan (1971), a maior utilização do equipamento mecânico na agricultura é induzida com vistas a poupar o fator trabalho no caso desse último ser mais caro e vice-versa. Ademais, os avanços biológicos e químicos são induzidos com o propósito de aumento da produtividade da colheita ou da criação de animais.

Hayami e Ruttan (1971) analisaram o processo de inovação gerado pelo setor público e uma análise das modificações institucionais que este último possa requerer. Assim sendo, o modelo de Inovação Induzida de Hayami e Ruttan indica quatro mecanismos importantes, a saber: inovação induzida pelo setor público, inovação induzida pelo setor privado, interação entre mudança técnica e desenvolvimento institucional, seqüência dinâmica de mudança técnica e crescimento econômico.

Isso posto, a Teoria de Inovação Induzida de Hayami e Ruttan (1971) apresenta-se como um modelo de geração de tecnologia, em que a adoção de tecnologia dependerá, sobremaneira, da relação de preços dos fatores de produção. Desse modo, pode-se asseverar que a noção de equilíbrio neoclássica está implícita nesse modelo, pois, diante de uma alteração dos preços relativos

⁴⁰ Os modelos de *demand-pull* são contrários à idéia de *technology-push*, já que este salienta o fato de um determinado agente buscar uma inovação, independentemente de existir ou não demanda para isto. Segundo Dosi (1984), no esquema de *technology-push*, são evidenciados os condicionantes da inovação pelo lado da oferta.

dos fatores de produção, induz-se à utilização daquele fator que ficou mais acessível, o que reestabelece o equilíbrio do sistema.

Apesar dos esforços de Hayami e Ruttan (1971) ao procurarem endogeneizar a mudança tecnológica nos modelos neoclássicos, algumas críticas surgiram. Segundo Mowery e Rosenberg (1982) apud Salles Filho e Silveira (1990), em hipótese alguma, devem ser consideradas as forças de demanda - via alterações nos preços relativos dos fatores - como o único fator que influencia as inovações; há aí um evidente desprezo relativo a pontos, como a oferta, por exemplo. Ademais, as inovações podem surgir em decorrência de um encolhimento da demanda, ao contrário do preconizado por Schmookler (1979). Outro ponto a destacar diz respeito à conceitualização imprecisa da demanda, isto é, como uma espécie de necessidade produtiva, restrita à idéia de demanda do consumidor (SALLES FILHO E SILVEIRA, 1990).

4.5.1 Inovações no cerrado brasileiro

A relevância das inovações tecnológicas para o desenvolvimento agrícola brasileiro não pode ser subestimada. De acordo com Santo (2001, p. 48-49), o cerrado ocupa uma área estimada em 204 milhões de hectares, 25% do território nacional, sendo utilizados atualmente apenas 61 milhões de hectares. A Embrapa projeta um uso adicional de 66 milhões de hectares, considerando que 77 milhões de hectares são impróprios para a prática agrícola. Se essa área imprópria for toda preservada para fins de política ambiental, então a exigência legal de que pelo menos 20% da área total sejam preservados poderia ser satisfeita a um baixo custo de oportunidade para a economia.

O que ocorreu depois de 1970 foi, portanto, menos uma incorporação de terras virgens (isso de fato já tinha sido feito antes) e mais uma conversão de terra de qualidade inferior em terra de qualidade superior. Vale ainda notar que a região Centro-Oeste também já contava, na época em que essa revolução técnica foi

deslanchada, com um sistema de transporte adequado às necessidades do seu setor agrícola, então muito baseado na pecuária extensiva.

Por outro lado, o relevo mais plano e o fato, apontado por Warnken *apud* Rezende (2002), de os solos de cerrado, em sua maior parte, serem profundos, bem drenados e dotados de características físicas excelentes, causam uma redução do custo da mecanização. Na presença de indivisibilidade dos equipamentos disponíveis e na ausência de um mercado de aluguel de máquinas, a produção em grande escala passa a prevalecer sobre a produção em pequena escala, já que só ela consegue diluir o custo fixo dos equipamentos. Esse recurso ao aumento da área para diluir os custos fixos associados à mecanização (depreciação de juro do capital) é ainda estimulado pelo baixo preço da terra do cerrado que ao viabilizar, assim, a produção em grande escala, mecanizada, pode estar desestimulando a própria formação de um mercado de aluguel de máquinas, condição *sine qua non* para se quebrar essa forte relação entre mecanização e escala.

A melhor evidência mostrando que a ocupação agrícola do cerrado sempre esteve muito associada a essa diferença para menos no preço da terra de cerrado consiste no próprio *product mix* da agricultura no Centro-Oeste, marcado pela preponderância de grãos e pecuária bovina de corte. Ora, sabe-se que são exatamente essas atividades que usam intensivamente o fator terra, o fator mais barato que a região possui.

Seja em função do relevo mais plano e das boas características físicas do solo, seja porque o preparo da terra no cerrado é também feito de maneira mais barata e mais adequada com a máquina, seja ainda pelo baixo preço da terra, o fato é que, devido a tudo isso, a produção em grande escala se torna mais competitiva no cerrado — ou seja, tem o custo unitário menor — *vis-à-vis* a produção em pequena escala.

Aliás, a própria maior competitividade da pecuária extensiva no cerrado (mais os grãos), devido, como se viu, ao baixo preço da terra e ao rigor climático regional, milita contra o acesso à terra pelo pequeno agricultor (que é o público da reforma agrária), já que essa pecuária é intensiva no fator terra e requer uma

escala mínima (dada pelo estoque de animais) para gerar a renda necessária. O argumento é de que a melhoria de aptidão agrícola do cerrado criou a possibilidade de aumento no estoque de terra de boa qualidade, mediante a conversão de terras virgens de mata e de campo, ou ainda de terra de lavoura ou de pastagem de baixa produtividade, em terra de lavoura ou de pastagem de qualidade superior.

Note-se que essa nova tecnologia não deve ser vista apenas como responsável por uma queda no custo da conversão de terra de segunda em terra de primeira, mas sim pela *possibilidade* dessa conversão, que antes não existia. Com efeito, embora o preço da terra de cerrado de segunda sempre tenha sido baixo, esse fato tornou-se um fator de competitividade da região na produção de grãos e em outras atividades de alta produtividade somente depois da melhoria de aptidão agrícola. Antes disso, a atividade agrícola, como mostram Sanders e Bein (1976), era uma etapa intermediária entre o desmatamento e a atividade pecuária de baixa produtividade.

É interessante considerar em que medida as inovações tecnológicas que ocorreram na região do cerrado poderiam ser consideradas como um caso particular da já discutida Teoria das Inovações Induzidas.

A teoria de Hicks propõe que a inovação tecnológica seja induzida pela *dotação de fatores*, dada historicamente, de tal maneira que o fator relativamente escasso seja poupado e o fator relativamente abundante seja usado intensivamente. Assim, por exemplo, nos Estados Unidos as inovações foram do tipo mecânico, já que pouparam o uso da mão-de-obra (fator escasso *vis-à-vis* a terra), enquanto no Japão as inovações foram químicas, já que o fator escasso é a terra, enquanto a mão-de-obra é o fator abundante.

Entretanto, uma vez tornada abundante a terra de boa qualidade, não poderia então ser adotado o modelo de Hayami e Ruttan in (Salles Filho e Silveira, 1990). Com efeito, poder-se-ia alegar que o modelo desses autores pode explicar o uso de *muita* mecanização na região, devido à escassez relativa de mão-de-obra, à semelhança do que se passou nos Estados Unidos. Quanto a isso, duas observações podem ser feitas: primeiro, o uso da máquina poderia ser explicado

pela teoria neoclássica convencional, como mera escolha técnica, não se tratando, assim, de inovações tecnológicas, que são o foco desse modelo e segundo, o problema com o uso desse modelo (assim como da teoria neoclássica de escolha técnica) é que escassez ou abundância relativa de um fator não se pode definir em nível regional, mas em níveis nacional e continental, já que os mercados de fatores são unificados em nível nacional. Diferenças em “dotações de fatores” só podem ser admitidas entre países, devido à fraca mobilidade internacional dos fatores.

Assim, outras explicações devem ser buscadas para o maior uso de mecanização agrícola na região que não uma suposta “escassez de mão-de-obra” ou uma abundância de terra. As explicações estão, como vimos, na base de recursos naturais e na tecnologia: é a falta de *demand* de mão-de-obra (incluindo a *self-demand* da agricultura familiar), não de *oferta*, que causa a baixa densidade demográfica regional. Ao contrário dos Estados Unidos, não se pode admitir tampouco abundância de capital em nível regional, pois isso só se pode definir em nível nacional.

CAPÍTULO V

AGRICULTURA NO ESTADO DE MATO GROSSO: ASPECTOS AMBIENTAIS DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E TECNOLÓGICO

5.1 – Características físicas do estado

O estado de Mato Grosso apresenta relevo pouco acidentado e alterna um conjunto de grandes chapadas, no planalto mato-grossense, com altitudes médias entre 400 e 800 m, e áreas de planície pantaneira, sempre inundadas pelo rio Paraguai e seus afluentes. Três ecossistemas principais estão presentes: o pantanal, o cerrado e a floresta amazônica. O pantanal cobre 10% do estado e abriga quase mil espécies animais, incluindo cerca de 650 tipos de aves aquáticas. A vegetação do cerrado ocupa 40% de Mato Grosso, com altitude média de 600 m, enquanto a floresta Amazônica se estende por metade do estado (MMA, 2007).

O Arco do Desenvolvimento Sustentável⁴¹ se localiza na transição entre dois dos maiores biomas brasileiros: a Amazônia e o Cerrado. Por isso, Mato

⁴¹ Arco de desmatamento, expressão que designa uma ampla faixa do território brasileiro que corre paralela às fronteiras das macrorregiões norte e centro-oeste, onde se situa a transição entre o cerrado e a Floresta Amazônica. É também conhecida como a área das frentes pioneiras de ocupação agropecuária, processo que gerou a destruição de milhares de km² de vegetação para dar lugar aos pastos para o gado e às áreas de cultura comerciais, como soja, arroz e milho. O

Grosso se torna alvo importante de políticas públicas: ele incorpora partes preciosas da biodiversidade das duas regiões. Áreas de transição entre biomas hiperdiversos são também regiões de extraordinária diversidade de espécies e de fenômenos biológicos únicos, tais como zonas de contato entre espécies aparentadas e frentes de diversificação em mosaicos compostos por ambientes distintos (Eco21, 2003)

5.1.1 Amazônia

A Amazônia está situada em sua porção centro-norte; é cortada pela linha equatorial e, portanto, compreendida em área de baixas latitudes. Ocupa cerca de 2/5 do continente e mais da metade do Brasil. Inclui 9 países (Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela). A Amazônia brasileira compreende 3.581 Km², o que equivale a 42,07% do país. A chamada Amazônia Legal é maior ainda, cobrindo 60% do território em um total de cinco milhões de Km². Ela abrange os estados do Amazonas, Acre, Amapá, oeste do Maranhão, Mato Grosso, Rondônia, Pará, Roraima e Tocantins.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente - (MMA, 2007), a Amazônia abriga 33% das florestas tropicais do planeta e cerca de 30% das espécies conhecidas de flora e fauna. Hoje, a área total vítima do desmatamento da floresta corresponde a mais de 350 mil Km², a um ritmo de 20 hectares por minuto, 30 mil por dia e 8 milhões por ano. Com esse processo, diversas espécies, muitas delas nem sequer identificadas pelo homem, desapareceram da Amazônia. Sobretudo a partir de 1988, desencadeou-se uma discussão internacional a respeito do papel da Amazônia no equilíbrio da biosfera e das conseqüências da devastação que, segundo os especialistas, pode inclusive alterar o clima da Terra.

As atividades agropecuária e madeireira, realizadas principalmente nos últimos trinta anos, são responsáveis por grande parte dos desmatamentos ocorridos nessas florestas. De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2007), já foram devastados cerca de 550 mil quilômetros

arco inicia-se no sul do estado do Pará, percorre todo o norte dos estados de Tocantins, Mato Grosso, penetra em Rondônia e termina no Acre (WWF, 2004).

quadrados da floresta amazônica brasileira, o que equivale a 13,7% da mata. Desse total, 200 mil quilômetros foram abandonados pelos exploradores assim que os recursos naturais se esgotaram

5.1.2 Cerrado

O Cerrado Brasileiro era desconhecido e pouco explorado há trinta anos. Esse ecossistema ocupa 24% da área total do país (204 milhões de hectares), estando presente em 13 Estados brasileiros e no Distrito Federal, predominando em Mato Grosso e Goiás. É a segunda maior biodiversidade da América do Sul, superada apenas pela Amazônia. Como se não bastasse, no Cerrado encontram-se nascentes de cinco grandes bacias hidrográficas brasileiras: Amazônica, Tocantins-Araguaia, Atlântico Norte-Nordeste, São Francisco, Atlântico-Leste e Paraná-Paraguai. Na Estação Ecológica de Águas Emendadas, situada no Distrito Federal, dá-se o encontro da bacia do Tocantins-Araguaia com a do Paraná-Paraguai, duas grandes bacias hidrográficas da América Latina (EMBRAPA Cerrados, 2008)

A ocupação do cerrado⁴² só foi possível devido aos grandes avanços das pesquisas desenvolvidas para a região, que viabilizaram tecnicamente a produção, principalmente, da soja com novas variedades adaptadas às condições do clima, do solo e da latitude do cerrado (SOUZA, 2004). Mas não é somente a soja que merece destaque nesse cenário. O milho e o algodão⁴³ apresentam altíssimos rendimentos em relação à produção nacional, expandindo seu cultivo

⁴² Os produtores migrantes, principalmente do sul do país, passaram a aplicar nos cerrados o método convencional com uma tecnologia de pesada mecanização e adubação intensa em solo com boas condições topográficas, mas pobre em nutriente (LANDERS, 1996). O autor considera que há fortes indícios de que essa a tecnologia convencional mecanizada trazida do sul do país não é sustentável a médio e longo prazos.

⁴³ Nesse sentido, vale citar a Fundação Mato Grosso, em que se estabeleceu uma parceria tecnológica entre o setor público e privado, visando o melhoramento genético e novos sistemas de produção adaptados às condições edafoclimáticas da região. Isso permitiu transformar o estado de Mato Grosso no principal produtor de algodão do país, e com índices de produtividade sensivelmente superiores à média nacional. Mais recentemente, destaca-se a instalação de mais de 100 unidades de industrialização do algodão, com capacidade de 50 mil toneladas/mês (PINAZZA E ALIMANDRO, 2001).

principalmente com o uso de novas tecnologias como o plantio direto que, no caso do milho faz a cobertura da lavoura no inverno.

A pesquisa agropecuária transformou o Cerrado Brasileiro, que hoje possui enorme destaque no cenário agrícola nacional e mundial. Graças aos trabalhos de desenvolvimento de cultivares e tecnologias adequadas, o Cerrado abriga 41% dos 163 milhões de bovinos do rebanho nacional e é responsável por 46% da safra brasileira de soja, milho, arroz e feijão; sendo que, das 35 milhões de toneladas de soja produzidas no país, 18 milhões saem do Cerrado. São 50 milhões de hectares de pastagens cultivadas, doze milhões de hectares de culturas anuais e dois milhões de hectares de culturas perenes e florestais. O cenário, tradicionalmente caracterizado pela soja, o milho, o arroz e o café, foi enriquecido com a presença do algodão, da mandioca, e, mais recentemente, com o plantio do girassol, da cevada, do trigo, da seringueira e dos hortifrutigranjeiros (EMBRAPA, 2008).

Analisando o Estado de Mato Grosso e sua posição estratégica nesses dois biomas, fica evidente sua importância no desenvolvimento sustentável do país, visto que sua atividade econômica principal, a agropecuária, tem sido responsável, de um lado, pelo emprego da mais alta tecnologia no setor e, de outro, por impactos ambientais que preocupam governos e especialistas do mundo todo. Haja vista a predominância da moderna agricultura no estado, esse estudo enfocará as consequências ambientais dessas atividades, pelos motivos já expostos. Seus problemas mais graves são: desmatamento e queimadas; degradação e erosão; perda de biodiversidade; poluição do ar; poluição das águas; desertificação; destruição de mananciais; entre outros. A seguir, serão apresentados os mais relevantes.

5.2 Evolução e características do crescimento econômico

Nos países em desenvolvimento, a importância do setor agrícola é bastante significativa e contribui decisivamente para o saldo positivo da balança comercial e outras questões, como: renda e emprego, mercado consumidor de novas tecnologias. Em 2007, o PIB brasileiro cresceu 5,4%, 1,6 pontos a mais que o crescimento obtido no ano de 2006. O valor monetário desse crescimento representa R\$ 2,555 trilhões – segundo dados do IBGE, divulgados pelo Conselho Nacional de Economia (2008). O setor agropecuário contribuiu, em 2007, com cerca de 5,5% do PIB Nacional, com destaques para o trigo (crescimento de 62,3%), algodão herbáceo (33,5%), milho em grão (20,9%), cana (13,2%) e soja (11,1%). Segundo o IBGE/Conta Nacionais (2008). O resultado positivo do valor adicionado em 2007 decorreu do desempenho da agropecuária (5,3%), que superou o da indústria (4,9%) e o de serviços (4,7%).

Em termos de produção de grãos, o Brasil só perde para os Estados Unidos no mundo inteiro. A cultura da soja brasileira⁴⁴ correspondeu a 27% da oferta global, segundo dados da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2003), somando 51,53 milhões de toneladas produzidas. Para Figueiredo *et al* (2005), “a expansão da cultura contribuiu para uma série de mudanças na história do país”, tendo sido, em parte, responsável pela aceleração da mecanização nas lavouras, pela modernização do sistema de transportes, pela expansão da fronteira agrícola, pela profissionalização e incremento do comércio internacional, dentre outras contribuições, conforme destacado em estudo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA.

O Centro-Oeste registrou crescimento de 44,4% das exportações e os embarques da região totalizaram US\$ 14,1 bilhões em 2007. Mato Grosso foi o principal exportador da região, com vendas de US\$ 7,8 bilhões, valor 50,5% maior que o verificado em 2006. O estado se apresenta como principal produtor de grãos

⁴⁴ No Mato Grosso, a área plantada com soja aumentou 400% nos últimos dez anos, segundo pesquisa do GT Florestas do FBOMS em 2003. O estudo aponta ainda que o plantio iniciou-se pelos cerrados centrais e migrou para o norte cerca de 500 km, deslocando a fronteira agrícola. Simetricamente, no mesmo período, a área desmatada do estado aumentou em dimensões semelhantes e de forma progressiva, até chegar ao aumento de 133% apontado pelos dados do Governo Estadual entre 2002 e 2003.

do país, se tornando líder nacional em termos de produção e produtividade na última década. Segundo Vegro e Ferreira (2004), esse desempenho do estado deve-se, especialmente, à disponibilidade de financiamentos para a implantação de novos empreendedores agrícolas e às substanciais inovações tecnológicas, principalmente as de cunho agrônômico.

O desenvolvimento da economia do estado de Mato Grosso está relacionado fundamentalmente com a expansão da fronteira agrícola do Centro-Oeste⁴⁵, a partir das décadas de 1950 e 1960 (FIGUEIREDO *et al.*, 2005). E já a partir de 1970, segundo Oliveira *apud* Figueiredo *et al.* (2005), Mato Grosso obteve uma expansão ainda mais acelerada graças aos incentivos fiscais e facilidade de crédito e projetos de desenvolvimento regional (LANDERS, 1996) além, evidentemente, do preço da terra. Rezende (2000), revela que a região Centro-Oeste cresceu mais de 200%, de 2,6 milhões de hectares em 1973 para 8,5 milhões em 1999 e a sua produção cresceu mais de 500%, de 3,5 para 24 milhões de toneladas para os mesmos anos. Entre 2000 e 2007, a área plantada no país cresceu 20,5%, segundo o IBGE (2008). O crescimento foi impulsionado pela soja, cuja plantação cresceu 62,8% na região Centro-Oeste do país, principalmente no norte do Mato Grosso

Deste modo, além de apresentar índices crescentes de produtividade, a região Centro-Oeste tem aumentado sua participação na produção nacional, e constitui a região onde o setor agrícola apresenta o maior dinamismo, típico de regiões de nova fronteira agrícola. Esse dinamismo foi o resultado de uma ocupação capitalista que prevaleceu sobre a pequena propriedade, apresentando maior inversão de capital e maior utilização de tecnologia.

⁴⁵ Ao analisar sob outro prisma, o do sócio-ambiental, o relatório do Fórum Brasileiro de ONGs e Movimentos Sociais para o Meio Ambiente e Desenvolvimento - FBOMS (2003), apresenta a seguinte sentença: “uma das conseqüências do processo de expansão da fronteira agrícola da região Centro-Oeste e Norte é a concentração fundiária, de renda e dos sistemas produtivos – grandes fazendas de gado e monoculturas mecanizadas (caso da soja) – com a subordinação dos padrões culturais e produtivos das comunidades locais e regionais, ao padrão conduzido pelos atores sociais, de modo geral, imigrantes de outras regiões, com acesso a capital e tecnologia. Esse processo tem levado ao aumento do deslocamento de pequenos produtores, em razão de conflitos sociais ou da compra de lotes, resultando em novas fronteiras locais e acrescido desmatamento”.

O fator tecnológico foi importante para o avanço dessa fronteira agrícola, tornando-se peça-chave para a modernização do campo, a partir da adoção de novas técnicas geradoras de riquezas e maior produtividade do setor agrícola. Wedekin *apud* Landers (1995) argumenta que, no caso específico da região Centro-Oeste, a adoção por parte dos produtores de técnicas modernas, adaptadas à região dos cerrados, e centradas em médias e grandes propriedades, intensivas em capital, possibilitaram ganhos de escala e de produtividade que tem resultados em menores custos de produção *via a vis* às demais regiões.

Em termos de competitividade é importante anotar que é graças principalmente ao menor custo da terra que a produção de soja, especialmente em Mato Grosso, consegue ser competitiva com a soja americana e paranaense. Conforme Tabela 1, percebe-se que o custo de produção de soja por hectare é bem maior nos Estados Unidos (Illinois) do que em Mato Grosso. A principal diferença, portanto, está justamente no custo da terra, que lá é de US\$ 286 contra US\$ 37 em Mato Grosso (REZENDE, 2002).

Tabela 5.1 – Comparação do custo de produção de soja entre Brasil e Estados Unidos (em US\$ por hectare) em 2000

Itens de Custo	Estados Unidos	Brasil
1 Custos Variáveis	239,7	267,4
2 Custos Fixos	271,8	81,7
Mão-de-obra	81,5	9,7
Juros sobre investimento	69,2	7,7
3 Terra	286,6	37,2
4 Total	798,1	386,2

Fonte: Adaptado Hirsch *et al.* (2001).

Esse menor custo da terra em Mato Grosso certamente reflete também a menor demanda de terra para uso não-agrícola, que deve ser o fator determinante na formação do preço da terra nos Estados Unidos, especialmente em uma região tão central como Illinois. Rezende (2002) acrescenta que a maior distância das regiões do cerrado em relação aos principais centros consumidores inviabiliza,

conforme análise de Von Thünen⁴⁶, todo um conjunto de atividades agrícolas que têm de estar mais próximas do mercado. Assim, segundo o autor, o preço da terra cai e viabiliza as atividades, como a produção de grãos e a pecuária de corte, que utilizam intensivamente esse fator de produção e que “não sofrem” muito com a distância.

Os fatores acima associados ao rigor dos fatores climáticos na região, que dificultam a obtenção de renda em longos períodos de seca, praticamente inviabiliza a agricultura familiar, principalmente aquela caracterizada como de subsistência ou de utilização intensiva da mão-de-obra, pois o consumo da família (custo fixo) se constitui em despesas não pagas no período. Outro fator que torna quase impossível a geração de renda por parte da agricultura familiar é a falta de alternativas no mercado do trabalho rural durante o período da seca. Para Rezende (2002), a inviabilidade da agricultura familiar, tal qual se estrutura hoje a agricultura no estado e no cerrado, faz desaparecer uma importante fonte de oferta de mão-de-obra para a agricultura patronal, tornando rarefeito o mercado de trabalho rural e contribuindo para um alto grau de mecanização⁴⁷ que se nota na agricultura do cerrado, como proclama a Teoria da Inovação Induzida analisada *ante*.

Seja em função do relevo mais plano e das boas características físicas do solo, seja porque o preparo da terra no cerrado é também feito de maneira mais barata e mais adequada com a máquina, seja ainda pelo baixo preço da terra, o fato é que, a produção em grande escala se torna mais competitiva no cerrado – ou seja, tem custo unitário menor – *vis-à-vis* a produção em pequena escala (REZENDE, 2002, p. 11).

Não é por acaso que a área média dos estabelecimentos que produzem soja em Mato Grosso é muito maior que nos Estados Unidos e no Paraná. Segundo Schnepf, Dohlman e Bolling (2001), 2/3 dos estabelecimentos que

⁴⁶ Von Thünen foi o fundador da Análise Espacial, teoria sobre a formação e estruturação do espaço agrícola. Ler O'Sullivan (1996) e Polèse (1998)

⁴⁷ O relevo mais plano e o fato de os solos no cerrado, em sua maior parte, serem profundos, bem drenados e dotados de características físicas excelentes, causam uma redução no custo de mecanização (Warnken, 1999: p.32). O autor afirma, portanto, que é a mecanização e não as economias de escala que explica a predominância de produção em grande escala no cerrado.

produzem soja no cerrado têm área maior do que 1000 hectares, enquanto nos estados do Sul do Brasil a área média desses estabelecimentos é de apenas 30 hectares e nos Estados Unidos é de 120 a 150 hectares. Fica evidente que a quantidade produzida média – e, portanto, a escala de produção é muito maior em Mato Grosso que nas outras regiões.

Dados recentes (MDIC, 2008), atestam que a receita do estado de Mato Grosso com a exportação de grão foi cerca de US\$ 736 milhões em 2002, respondendo por 24,3% da receita nacional. Em 2007, chegou a 57%. A balança comercial cresceu 84% entre 2007 e 2008 (jan), atingindo US\$ 383,3 milhões. Mato Grosso teve PIB *per capita* de R\$ 10.161,00, em 2004; abriga uma população de 2,75 milhões e gera Produto Interno Bruto de, aproximadamente, R\$ 27,9 bilhões. A posição relativa do Estado no contexto nacional no produto *per capita* é equivalente a 104,4% do brasileiro (R\$ 9.736,00), e 97,8% do produto por habitante do Centro-Oeste.

O crescimento da agropecuária mato-grossense é especialmente relevante quando se compara com o seu desempenho no Brasil e no Centro-Oeste: a taxa anual do Estado alcança 14,3% ao ano, enquanto que o País registra 3,8% e a região 7,4%, conforme pesquisa do IBGE/Contas Nacionais (2004).

Esses aspectos econômicos revelam o potencial agrícola do estado, que possui uma dinamicidade capaz de manter e até elevar índices de produção e produtividade nos diferentes ecossistemas em que está localizado. Esse fator está associado diretamente à modernização da agricultura no estado e das inovações tecnológicas aplicadas ao setor.

5.3 Tecnologias na agricultura do estado de Mato Grosso

Os incontestáveis avanços alcançados pelo Mato Grosso na produção agrícola, como resultado de significativos aportes de recursos em ciência e tecnologia agropecuária, não serão suficientes para garantir êxitos futuros permanentes. É necessário avaliar o uso das tecnologias adotadas na agricultura do

estado e seus impactos ao meio ambiente com o intuito de estabelecer parâmetros sobre a sustentabilidade do setor e as tendências e caminhos a partir daí. A seguir, serão evidenciadas as principais tecnologias que incorporam o pacote tecnológico da agricultura produtivista, que tem como principais referências as máquinas de plantar e colher, fertilizantes e suas combinações, técnicas de cultivo, agroquímicos e as sementes.

5.3.1 Uso de fertilizantes

Na tentativa de recuperar e corrigir o solo agrícola, os produtores se valem do uso de fertilizantes. No Brasil, o crescimento do consumo de fertilizantes representa um incremento importante entre os anos 1999 e 2005, conforme tabela a 5.2.

Em relação ao total de fertilizantes, nota-se um incremento de quase 7 mil toneladas no período de 1999 a 2005, representando aumento de 67% no consumo total na agricultura brasileira. Em uma outra pesquisa, o IBGE (2008) mostra que quantidade de fertilizantes comercializada por hectare cresceu entre 1992 e 2006 (de 69,44 quilos para 141,41 quilos) no Brasil. Ou seja, o crescimento mais que dobrou em um período de pouco mais de uma década.

Tabela 5.2: Brasil: Fertilizantes entregues ao consumidor final (mil toneladas)

Item		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Produto	Formu- lações	Granulado	584	593	704	581	490	387	282
		Pó	988	947	896	1.105	1.218	1.253	786
		Mist. gran.	8.926	11.026	11.869	13.069	15.225	15.487	14.414
	Fertilizantes simples	3.192	3.826	3.600	4.359	5.863	5.640	4.713	
	Total	13.689	16.392	17.069	19.114	22.796	22.767	20.195	
Nutriente	N	1.393	1.668	1.640	1.816	2.223	2.245	2.201	
	P ₂ O ₅	1.700	2.338	2.482	2.807	3.414	3.457	2.898	
	K ₂ O	2.079	2.562	2.716	3.059	3.812	3.911	3.426	
	Total	5.439	6.568	6.838	7.681	9.449	9.612	8.526	
Fórmula	Nitrogênio	10,18	10,18	9,61	9,50	9,75	9,86	10,90	
	Fósforo	14,37	14,26	14,54	14,69	14,98	15,18	14,35	
	Potássio	15,19	15,63	15,91	16,00	16,72	17,18	16,97	
Concentração total (%)		39,74	40,07	40,06	40,19	41,45	42,22	42,22	

Fonte: ANDA/MAPA (2008)

A participação de Mato Grosso no total de fertilizantes consumido no País tem crescido em grandes proporções. Segundo Vegro e Ferreira (2004), em 1987, participava com apenas 4,4%, passando para 16,6% em 2002. Conforme dados da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA, 2008), as entregas das empresas misturadoras (que vendem o produto final) às suas revendas espalhadas pelo Estado de Mato Grosso somaram 3,286 milhões de toneladas no período de jan/set 2008, 3,5% mais que nos nove primeiros meses de 2007. O volume entregue nos nove primeiros meses de 2008 em São Paulo, comparativamente, atingiu 2,548 milhões de toneladas.

Esse desempenho no consumo reflete não só o crescimento da área plantada nesse estado como também a intensificação do padrão tecnológico utilizado, com aumento dos índices de produtividade por área cultivada. Os números da ANDA mostram que os produtores mato-grossenses estão preocupados em manter o nível de tecnologia para garantir uma boa produtividade e melhorar a renda com a próxima safra 2008/09.

O ranking dos cinco maiores compradores de fertilizantes, no período de janeiro a julho de 2008, segundo a ANDA (2008), mostra Mato Grosso em primeiro lugar, com 2,64 milhões de toneladas, seguido do Paraná (2,34 milhões/t), São Paulo (1,93 milhão/t), Rio Grande do Sul (1,50 milhão de toneladas) e, Minas Gerais, 1,36 milhão de toneladas.

Os fertilizantes chegam a representar 18 a 28% dos custos relativos da cultura do algodão e da soja, por exemplo, dependendo da fertilidade do solo, adubação corretiva e nível de produtividade (VEGRO E FERREIRA, 2003). Somente nas últimas três safras (2005/2006, 2006/2007 e 2007/2008) o custo dos fertilizantes aumentou 300%. (Aprosoja/MT). Por outro lado, seu uso equilibra o custo total, pois, juntamente com os outros itens do chamado “pacote tecnológico”, contribui efetivamente para manter determinado nível de nutrientes no solo e aumentar a produtividade da área plantada.

5.3.2 Uso de agrotóxicos

Os agrotóxicos ou agroquímicos⁴⁸ (herbicidas, fungicidas, inseticidas, etc) são defensivos agrícolas que estão na pauta ambiental desde que começaram a surgir os efeitos de sua aplicação proveniente da agricultura intensiva no mundo, especialmente, das monoculturas, que empobreceram o ecossistema, deixando-o mais susceptível ao aparecimento de espécies noviças à cultura plantada.

Existem inúmeros efeitos negativos do uso de agrotóxicos nas lavouras. Dores e Freire (1999) citam algumas conseqüências indesejadas que o uso de pesticidas na agricultura: presença de resíduos no solo, água e ar, nos tecidos vegetais e animais, a destruição de microorganismos do solo, mortalidade de insetos benéficos ao equilíbrio do agroecossistema, efeitos prejudiciais sobre organismos não alvos⁴⁹, presença de resíduos nos alimentos e, ainda, contaminação ocupacional.

No Brasil houve um aumento notável no consumo de agrotóxicos, principalmente dos herbicidas, em razão da expansão da fronteira agrícola e do aumento de terras onde é praticado o plantio direto. Além disso, novas pragas aparecem denotando uma resistência genética aos produtos utilizados.

A Figura 3 mostra o crescimento das vendas de agrotóxicos no país. Vale uma analogia desse crescimento com o aumento da área desmatada do estado de Mato Grosso que, por sinal, atinge seu pico justamente no ano de 2004, ano de maior venda de defensivos agrícolas no Brasil.

Os números realmente impressionam e a tabela 5.3, mostra a evolução das vendas de defensivos agrícolas em dólares de 1992 a 2005, levando em consideração os principais insumos utilizados na moderna agricultura do estado.

⁴⁸ Os compostos orgânicos sintéticos foram desenvolvidos à época da Segunda Guerra Mundial, substituindo os antigos pesticidas derivados de plantas e os inorgânicos, altamente tóxicos (metais pesados como arsênico, cobre, etc) ao homem e a própria cultura (PINHEIRO E NARS, 1998).

⁴⁹ Em meio aos organismos não alvos pode estar presentes uma diversidade de aves, peixes e animais silvestres que fazem parte do ecossistema (DORES E FREIRE, 1999). Os autores fazem referência ainda a insetos, fungos e bactérias que são predadores naturais de outras espécies, cuja ausência destes pode causar um desequilíbrio ao ecossistema.

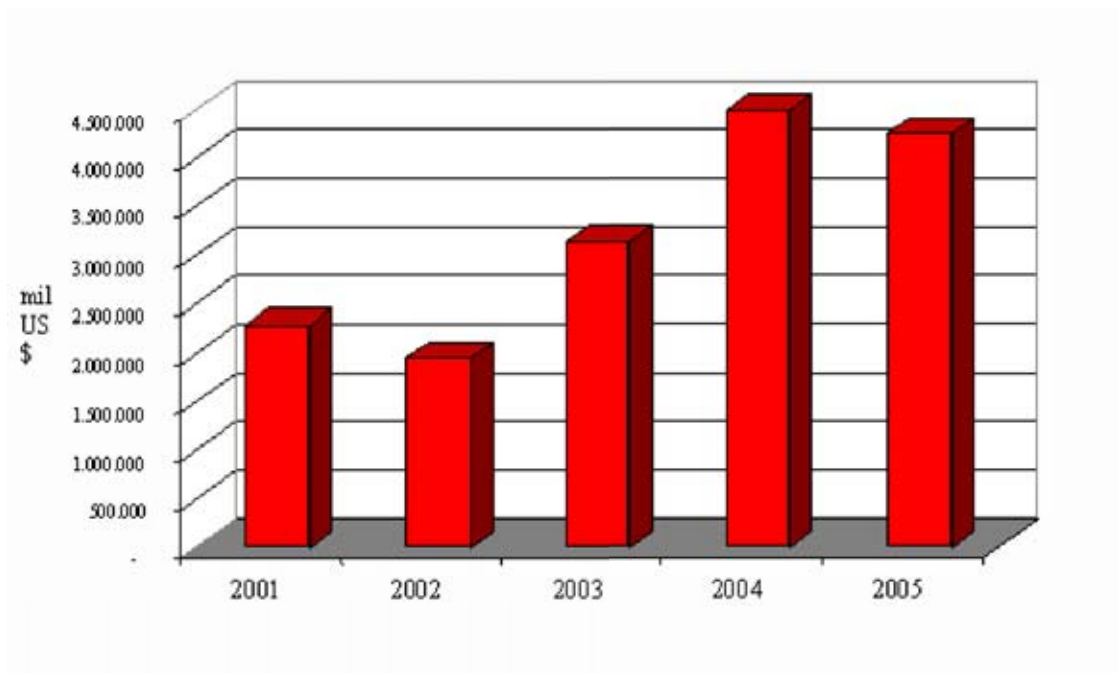


Figura 3: Valor das vendas de defensivos agrícolas no Brasil (2001-2005)

Fonte: SINDAG (2007)

Mato Grosso é o principal consumidor de agrotóxicos do país, segundo o Sindicato das Indústrias de Agrotóxicos (SINDAG, 2007). Cerca de 20%, das 210 mil toneladas de agrotóxicos consumidas pelo Brasil anualmente, são aplicadas sobre os solos, a água e o ar de Mato Grosso. As consequências de sua utilização serão abordadas mais adiante, porém, é inevitável a comparação prévia desses números e valores com o desflorestamento no estado e o revigoramento das grandes áreas de plantações que se tornam cada vez mais comuns em Mato Grosso.

Importante se faz anotar que existe o uso correto e o uso incorreto desses defensivos. Em outros termos, a utilização inadequada de agrotóxicos podem agravar uma situação relativamente controlável. O risco à saúde do trabalhador é um exemplo clássico de que esses produtos podem alcançar patamares alarmantes de danos ao homem e à natureza.

Tabela 5.3: Brasil: Vendas de defensivos agrícolas – 1992 a 2005 (Mil US\$)

Ano	Acaricidas	Inseticidas	Fungicidas	Herbicidas	Outros defensivos	Total
1992	64.360	194.594	144.827	515.714	27.914	947.409
1993	73.816	195.894	166.384	588.384	25.120	1.049.811
1994	90.826	300.246	211.080	775.762	26.133	1.404.047
1995	99.660	339.028	227.021	834.976	34.963	1.535.648
1996	92.237	375.548	276.331	1.005.112	43.443	1.792.671
1997	86.714	464.796	356.304	1.214.818	58.159	2.180.791
1998	105.619	581.693	436.235	1.368.723	65.579	2.557.849
1999	78.726	596.051	422.476	1.175.933	55.881	2.329.067
2000	65.560	689.953	380.418	1.300.515	63.512	2.499.958
2001	66.326	630.773	362.606	1.143.089	84.688	2.287.482
2002	72.107	467.849	360.394	987.554	63.878	1.951.782
2003	80.026	725.222	713.544	1.523.735	93.815	3.136.342
2004	77.963	1.066.600	1.388.177	1.830.732	131.476	4.494.948
2005	82.789	1.180.666	1.089.522	1.735.824	154.947	4.243.748

Fonte: SINDAG (2007)

Os dados mais positivos do consumo de agrotóxicos em Mato Grosso ficam por conta do retorno das embalagens. O estado é campeão em recolhimento de embalagens de agrotóxicos. De janeiro a setembro de 2005, o estado reciclou de 13.671 toneladas, um crescimento de 25,6% em relação ao mesmo período de 2004, quando foram registradas 10.883 toneladas, de acordo com o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INPEV, 2006).

5.3.3 Uso de tratores

O uso de máquinas agrícolas é uma representação clássica da modernização do campo e da elevação de níveis de produtividade da agricultura em várias culturas. Esse fator apresenta dados correlacionados entre aumento da área plantada, produtividade e uso de máquinas na agricultura.

Em termos de área e produtividade, observa-se que, no período compreendido entre 1975 e 2007 (IPEA, 2008), a produção agropecuária brasileira cresceu à taxa média geométrica da ordem de 3,9% ao ano, enquanto os insumos utilizados naquela produção cresceram, no período, de 100 para 119,90, ou seja à taxa média geométrica de 0,57%! Isso nos deixa com um crescimento médio geométrico anual da produtividade total dos fatores (PTF) de 3,3% ao ano. Trata-

se da mais elevada taxa de crescimento do mundo quando comparada com os resultados registrados num trabalho do Banco Mundial da mesma natureza em diversos outros países. No período mais recente (2000-07), segundo dados da mesma fonte, a PTF cresceu no Brasil à taxa de 4,75%.

O consumo de máquinas agrícolas é bastante sensível a diversos fenômenos associados à evolução da agricultura como, por exemplo, mudanças na composição da pauta de produtos cultivados, novas fronteiras agrícolas, políticas econômicas e agrícolas, novas tendências tecnológicas e processos inovadores (FERREIRA FILHO & COSTA, 1999). O consumo de tratores de rodas, que vinha se reduzindo até o ano de 1996, volta a se elevar a partir de então, passando de 10.291 unidades vendidas naquele ano para 14.729 em 2005 (aumento de 43,1%) com crescimento médio anual de 7,4%, conforme Fig. 4.

É importante anotar que, a partir do ápice de consumo de tratores no período, atingido no ano de 2002, com mais de 30 mil unidades, há uma queda constante até o ano de 2005. Esse fato coincide com o início da denominada “crise” do setor e de perspectivas não muito otimistas dos agricultores. Segundo a ANFAVEA (2008), a região Centro-Oeste foi a que mais sentiu os efeitos da crise.

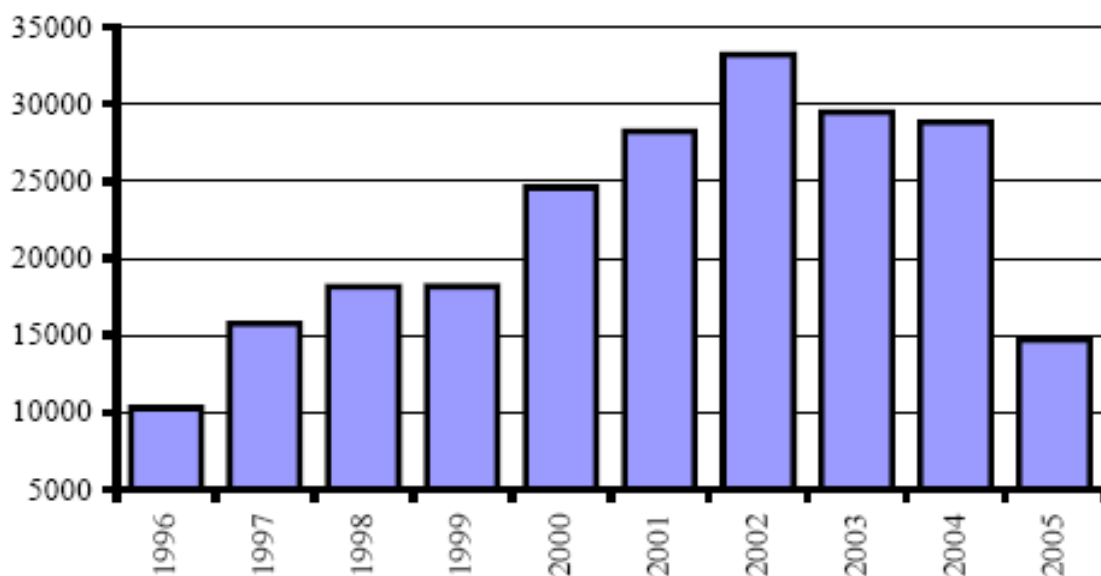


Figura 4: Evolução do consumo de tratores de rodas no Brasil (1996-2005)

Fonte: Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA, 2008).

Isto devido ao maior peso dos custos de transporte, que contribuíram para o desequilíbrio na estrutura de custos da produção, e à presença mais acentuada da ferrugem para os produtores da região, principalmente os de Mato Grosso. A partir de 2006, no entanto, há uma recuperação e em 2007 o número do consumo interno atingiu quase 30 mil unidades, próximo ao recorde de 2002. O Estado de Mato Grosso, em termos de mecanização, cresceu mais de 12 vezes em 20 anos, passando de 2.643 para 32.000 tratores, no período de 1975-1995/1996, conforme último censo realizado pelo IBGE, representado na Fig. 5. Esses números indicam que outros fatores não interferiram no aumento de consumo de tratores no estado e na modernização da agricultura do estado.

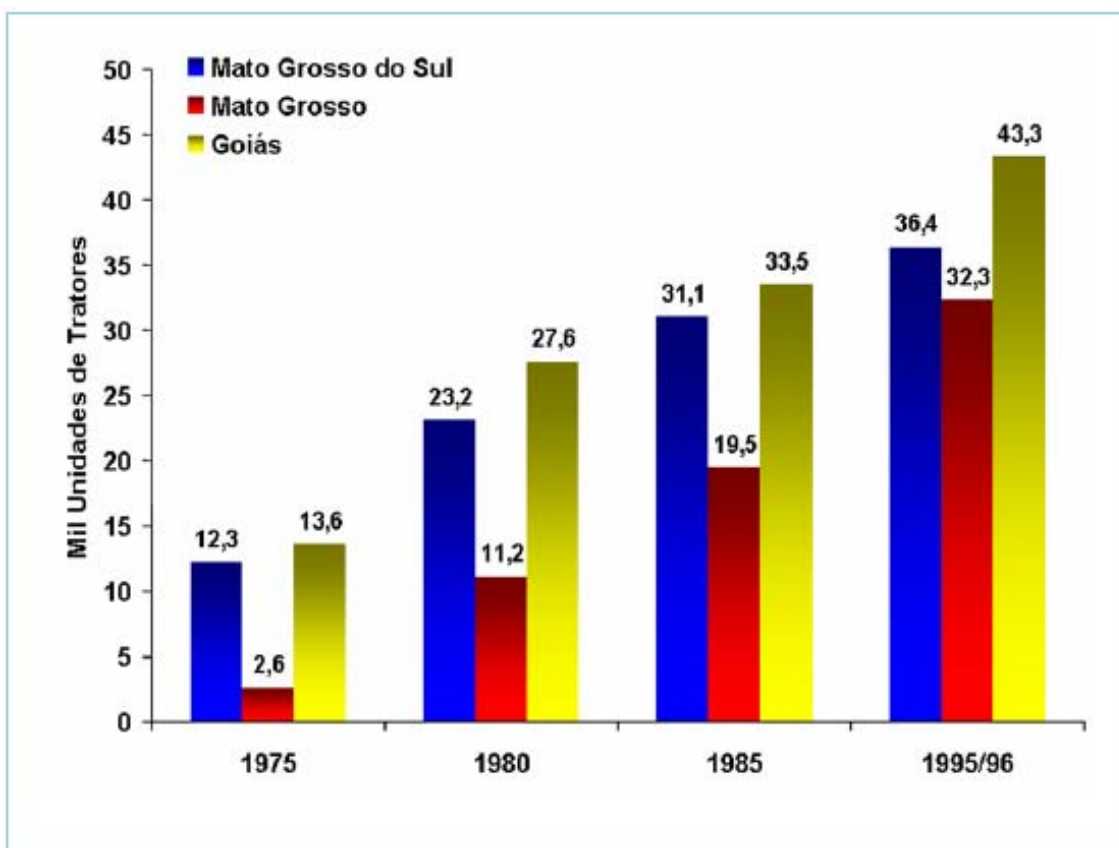


Figura 5: Evolução da utilização de tratores na Agropecuária do Centro-Oeste , em mil unidades (1975-1995/1996)

Fonte: IBGE (2006)

O uso intenso de máquinas e equipamentos agrícolas tornou-se imperioso para o incremento da produtividade e redução de custos na escala produtiva de forma a tornar os produtos agrícolas competitivos no mercado de *commodities*. Sua utilização poderá também causar maiores impactos ao meio ambiente, mas somente quando considerados todos os demais fatores que compõem o referido “pacote tecnológico”.

À luz da reposta ao problema da pesquisa, a seção seguinte desse capítulo procura desvelar alguns dos efeitos ao meio ambiente, gerados a partir da adoção das tecnologias vistas anteriormente.

5.4 Principais impactos ambientais na agricultura em Mato Grosso

A produção de alimentos é um dos maiores desafios do mundo moderno. A agricultura hoje produz alimentos para uma população estimada em 6,5 bilhões de pessoas em todo o planeta (FAO, 2007). O crescimento populacional excessivo tem feito com que o ser humano consuma quase tudo aquilo que o planeta tem para oferecer. Com uma população tão grande, é quase utópico imaginar uma produção de alimentos suficiente sem impacto algum.

Em Mato Grosso, um dos principais produtores mundiais de grãos e carne, os impactos gerados pela agricultura podem ser divididos a partir da diferenciação que há entre a moderna agricultura – que utiliza em larga escala insumos agrícolas e usa máquinas sofisticadas para o plantio e colheita, e o pequeno produtor rural (agricultura familiar e assentamentos) – que produz em menor escala, usa proporcionalmente menos insumos químicos e não possui uma frota tão moderna de tratores e colheitadeiras.

Segundo dados do Sistema de Alerta de Desmatamento – SAD, do Instituto Amazon (2008), com base de dados da Secretaria do Meio Ambiente – SEMA-MT, os Assentamentos Rurais de Mato Grosso foram responsáveis por menos de 3% do desmatamento ocorrido no estado, referente ao período de agosto 2006 a julho de 2007. A maioria do desmatamento (78%) ocorreu em propriedades rurais e o

restante em áreas protegidas. Visto que 82% do domínio das terras de todos os estabelecimentos rurais de Mato Grosso é feito por 10% dos grandes proprietários, segundo dados do IBGE (1996), fica evidente a particularidade do modelo agrícola qualificado como da moderna agricultura. Sendo assim, apesar da referência e da importância da agricultura familiar e dos assentamentos para o desenvolvimento do país e do estado, o foco dessa pesquisa recai sobre o modelo predominante em termos econômicos e de geração de impactos ambientais.

Esse padrão agrícola é indagado, porém, quanto ao seu desempenho sustentável, uma vez que tem gerado concentração de renda— analisados os aspectos sócio-econômicos —, além de sérios danos ambientais, conforme exemplos *ex post*. O estado apresenta uma concentração de renda e fundiária que pode ser prejudicial ao seu desenvolvimento: propriedades de plantação de soja chegam de 10.000 a 50.000 ha. Existem 300 (trezentos) mega produtores de soja no estado, que detém 3 milhões de ha, 80% do total plantado. A previsão é de que em 2020 existam apenas 20 desses mega empresários no setor (WWF, 2004).

Depois de apresentados os elementos de crescimento econômico do estado e as principais tecnologias adotadas na moderna agricultura de Mato Grosso, torna-se imprescindível, à luz do objeto da pesquisa, analisar os impactos ambientais gerados por esse setor. Para tal, serão diferenciados alguns dados correspondentes aos diferentes ecossistemas que abrangem o estado, fundamentalmente, o Cerrado e a Amazônia, por serem considerados os mais explorados por essa atividade econômica.

5.4.1 Desmatamento e queimadas

Vastas áreas desmatadas, rápidas conversões da cobertura natural para sistemas agro-pastoris, crescimento populacional e altas taxas de urbanização ameaçam a conservação dos ecossistemas nos trópicos. Na Amazônia, estima-se que cerca de 250.000km² de florestas foram derrubados entre 1990 e 2003 (LAURENCE *et al.*, 2004). O bioma Cerrado encontra-se em situação ainda mais grave, já em 1998 era citado como o décimo segundo *hot spot* do globo terrestre.

As perdas mais urgentes em termos de conservação e do uso dos recursos naturais da Amazônia dizem respeito à perda em grande escala de funções críticas frente ao avanço do desmatamento ligado às políticas de desenvolvimento da região, incluindo o estado de Mato Grosso, tais como especulação de terra ao longo das estradas, crescimento das cidades, aumento dramático da pecuária bovina, exploração madeireira e agricultura familiar (mais recentemente a agricultura mecanizada), principalmente ligada ao cultivo de soja e algodão (LAURENCE *et al.*, 2004, p. 27).

O processo de desmatamento normalmente começa com a abertura oficial ou clandestina de estradas que permitem a expansão humana e a ocupação irregular de terras à exploração predatória de madeiras nobres. Posteriormente, converte-se a floresta explorada em agricultura⁵⁰ e pastagens para a criação extensiva de gado, especialmente em grandes propriedades, sendo esse fator responsável por cerca de 80% das florestas desmatadas na Amazônia Legal (FERREIRA E ALMEIDA, 2005). Mais recentemente, segundo os autores, as pastagens estão dando lugar à agricultura mecanizada, principalmente àquela ligada às culturas de soja e algodão. Morton *et al.* (2005) destacam que a média de áreas de floresta usadas para a agricultura em Mato Grosso foi maior que o dobro das desmatadas para pecuária. Isso não significa que a agricultura tenha sido a grande vilã do desenvolvimento da região, mesmo porque essa atividade tem sido por algum tempo subsequente a da exploração do gado.

O fato é que existe uma relação direta entre economia, o avanço da fronteira agrícola e a taxa de desmatamento crescente desde 1990, influenciada pelo estado da economia nacional. Contudo, essa relação foi se modificando nos últimos anos, visto que a taxa de desmatamento continuou a crescer, apesar da redução no crescimento econômico (FERREIRA E ALMEIDA, 2005). Morton *et al.*

⁵⁰ No Mato Grosso, a agricultura mecanizada foi responsável pela derrubada de 5,4 mil quilômetros quadrados, quase o tamanho da capital do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (MORTON *et al.*, 2006). Duas questões chamam a atenção nos estudos. A primeira é o tempo de conversão de áreas desmatadas em plantações, que é de aproximadamente um ano. Segundo os autores, “mais de 90% das clareiras foram utilizadas para a agricultura no primeiro ano”. A segunda é o desmatamento, que ocorreu junto com o aumento do preço da soja no mercado internacional. O preço do produto atingiu o pico em 2004, mesmo ano em que o desflorestamento chegou ao seu maior índice da última década.

(2005), no entanto, afirmam existir uma correlação entre o aumento do preço da soja e o uso da terra, evidenciando o efeito do mercado na porcentagem de áreas transformadas diretamente em agricultura mecanizada.

Isso pode significar que uma nova dinâmica está influenciando o desmatamento dessa região, tais como o mercado de exportação impulsionada pela alta rentabilidade das principais atividades econômicas, como a extração da madeira, a pecuária e mais recentemente a agroindústria. Essa sinalização não importa, porém, na segurança econômica da região em termos de sustentabilidade dessas atividades.

Como alerta, a área cumulativa desmatada na Amazônia legal brasileira chegou a cerca de 653 mil quilômetros quadrados, em 2003, correspondendo a 16,3%. Contudo, segundo dados do Inpe (2007), esse desmatamento não é distribuído homogeneamente, mas sim concentrado ao longo do denominado “arco de desmatamento”, cujos limites se estendem do sudeste do Maranhão, ao norte de Tocantins, sul do Pará, norte de Mato Grosso, Rondônia, sul do Amazonas e sudeste do Acre.

Segundo dados apresentados pelo governo federal, o Mato Grosso foi responsável por 48,1% do desmatamento total ocorrido entre 2003 e 2004 em toda a Amazônia. Foram 26.130 quilômetros quadrados em todo país⁵¹. Depois de registrar 10,4 mil quilômetros quadrados de florestas derrubados, no biênio 2002-2003, o Estado desmatou, nos anos de 2003 e 2004, 12,5 mil quilômetros quadrados – um aumento de 20%. Desse total, apenas 4,1 mil quilômetros quadrados foram derrubados legalmente.

Mato Grosso, Pará e Rondônia respondem por cerca de 85% da área desmatada em todos esses anos. Em 2003/2004, período de maior desmatamento dos últimos anos, esses estados juntos chegaram a desflorestar aproximadamente 23 mil quilômetros quadrados, conforme revela tabela 5.4.

⁵¹ Segundo o Inpe (2004), o desmatamento de 2003/2004 foi a segundo maior taxa já registrada na região, perdendo somente para a marca histórica de 1995, quando foram desmatados 29.059 quilômetros quadrados.

Tabela 5.4 – Área desmatada em Km² na Amazônia Legal (2001 – 2007)

Estados/Ano	Total desmatado por estado					
	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007
Mato Grosso	7.892	10.405	11.814	7.145	4.333	2.678
Pará	7.324	6.996	8.521	5.731	5.505	5.425
Rondônia	3.099	3.597	3.858	3.244	2.049	1.611
Outros estados	3.079	4.249	3.230	2.726	2.222	1.818
Total	21.394	25.247	27.423	18.846	14.109	11.532

Fonte: Adaptado INPE (2008)

Em relação ao estado de Mato Grosso, nota-se uma queda na área desmatada de 11.814 km² em 2003-2004, para 2.678 km² em 2006-2007, tendência que acompanha a redução ocorrida no país como um todo. No entanto, estimativas apontam para retomada de crescimento na taxa de desmatamento em 2008, devido ao aumento do preço de produtos para exportação como a carne, o soja e outras *commodities* (CONSELHO NACIONAL DE ECONOMIA, 2008).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2006), essa diminuição do desflorestamento contribuiu para evitar, nesse período, a emissão de 410 milhões de toneladas CO₂ na atmosfera, 600 milhões de árvores, 20.000 de aves e aproximadamente 750.000 primatas, colaborando com a biodiversidade planetária.

Outro gargalo do desmatamento são as áreas protegidas, cujo índice variou de 1,5% a 4,7% no período de 2003/2004, e que fora dessas áreas variou de 29,2% para 48,1% nos três estados analisados. Assim, a diferença do desmatamento dentro ou fora das áreas protegidas variou de aproximadamente dez vezes nos estados do Mato Grosso e Rondônia, e de aproximadamente vinte vezes no estado do Pará (INPA, 2004).

Aliado ao desmatamento, outro assunto que gera polêmica é a questão dos focos de calor e incêndio. O uso controlado da queimada tem sido um instrumento importante na prevenção dos grandes incêndios. Mais de 98% das queimadas praticadas no Brasil são de natureza agrícola. O agricultor decide quando e onde queimar. É uma prática controlada, desejada e faz parte do sistema de produção. Neste cenário, a pecuária é grande parceira, pois o boi come as macegas ou touceiras, que são verdadeiros combustíveis, quando secos. Entretanto, o uso

indiscriminado do fogo, sem proteção suficiente, pode fazer com que se alastre para outras áreas, como as cordilheiras, os capões, os brejos e campos baixos, que não necessitam ser queimados, pelo contrário, devem ser protegidos.

Esses dois impactos, o desmatamento e as queimadas, constituíram as mais sérias preocupações dos ambientalistas nas últimas décadas, por acarretar desequilíbrios imprevisíveis ao ambiente, com conseqüências muitas vezes desconhecidas. A extração ilegal de madeira, o desmatamento para uso alternativo do solo, sobretudo para a formação de extensas pastagens e plantios agrícolas formam a maior ameaça às florestas. A destruição da Amazônia, a maior das florestas primárias remanescentes do mundo é assustadora. Somente nos últimos quatro anos mais de 77 mil km² - uma área um pouco maior do que os Estados do Rio Grande do Norte e Sergipe juntos - foram devastados (MMA, 2008).

O Programa de Monitoramento, Prevenção e Controle de Queimadas na Agricultura do Ministério da Agricultura e Abastecimento revela a existência de cerca de 300.000 queimadas por ano, em todo o país. Sua origem é essencialmente agrícola e em geral ocorrem em áreas já desmatadas, com padrões espaciais diferenciados e dinâmica temporal variável.

Dada a complexidade do tema e o caráter agrícola dominante das queimadas pode-se perguntar qual o custo-benefício dessa tecnologia da era neolítica utilizada amplamente pela agricultura brasileira. Nesse aspecto os contrastes nacionais são enormes. Um exemplo basta para ilustrar essa situação. São Paulo e Paraná respondem por quase 50% da produção agrícola nacional e contribuem em média com 2% das queimadas. Já o Mato Grosso, sozinho, contribui com quase 20% das queimadas do País (o dobro do total das regiões Sul e Sudeste juntas) para uma menor produção agrícola, o que em termos absolutos necessita maiores análises. Segundo a Embrapa – CNPM, INPE (2008), diminuíram as queimadas no estado de Mato Grosso nos anos de 2004 a 2007, passando de 209.778 para 44.289 queimadas verificadas no início ao fim desse período. Há de se observar também que houve diminuição da área desmatada, conforme dados em tela, e que esses fatores são conseqüências da diminuição da

área plantada no estado. Portanto, é relevante avaliar esses números não somente em termos absolutos, mas comparar relativamente com área plantada.

Observa-se que os índices de desmatamento e queimadas são fatos comuns no processo de desenvolvimento de atividades agrícolas no estado de Mato Grosso, o que remete ao questionamento trivial de compreender as vantagens e desvantagens do modelo de agricultura estabelecido na região.

5.4.2 Degradação e erosão do solo

Os solos são formados e também modificados em função de sua matriz mineralógica, do relevo, do clima e dos organismos vivos que eles contêm (GUERRA E CUNHA *APUD* NOVAES, 2000). Seu dinamismo ocorre em função da modificação desses fatores que podem ser de ordem natural, mas também podem sofrer influência antrópica. A agricultura é uma atividade que, dependendo da forma de manejo e das culturas escolhidas, pode modificar grandemente as quantidades e disponibilidade de elementos químicos do solo, suas propriedades físicas e ainda seus componentes biológicos (NOVAES, 2000).

A erosão dos solos decorre fundamentalmente da passagem abrupta de áreas de florestas e pastagens naturais para sistemas agrícolas de monoculturas contínuas, associados a uma mecanização intensiva e desordenada. É agravada de forma intensa pela ausência de cobertura do solo no período entre os cultivos de inverno e de verão e pela falta de práticas de conservação como as curvas de nível e o terraceamento. A ocorrência mais comum é a da erosão laminar que, ao contrário da erosão por sulcos, das ravinas ou das voçorocas⁵², é pouco perceptível aos olhos do agricultor, mas traz efeitos altamente destrutivos aos rendimentos das lavouras⁵³.

⁵² A diferença entre erosão laminar ou em sulcos é que a primeira provoca perda do solo ao longo de uma superfície, enquanto a segunda é produzida pelo escoamento linear e concentrado da água, provocando sulcos. As ravinas são pequenos sulcos formados no solo e as voçorocas são escavações mais profundas podendo até expor o lençol freático (Azevedo, ?).

⁵³ Dados da ONU (2007) mostram que há 2 bilhões de hectares de solo degradado em todo o mundo e que o avanço da catástrofe é de 20 milhões de hectares por ano. A consequência direta da erosão do solo é uma diminuição da produção agrícola e da produtividade no longo prazo.

Em Mato Grosso, o reflexo do manejo inadequado do solo representa um alerta para os 7.718.289 hectares de área plantada em 2006. Com uma produção de 25.155.559 toneladas de Cereais, Leguminosas e Oleaginosas e produtividade média de 3.259 kg/ha (SEDER/LSPA, 2007), o estado pode sofrer altos prejuízos em sua produção agrícola, uma vez que o setor é o principal impulsionador da economia regional.

5.4.3 Perda da biodiversidade

Entre outros prejuízos do desflorestamento ao ecossistema, a perda da biodiversidade impacta na redução da resiliência⁵⁴ do mesmo. No ecossistema do Cerrado Brasileiro, por exemplo, que sempre foi considerado por seu baixo valor econômico e solos fracos, portanto relegado a segundo plano nas políticas públicas, tem hoje somente 20% de sua área original intacta⁵⁵. Dos 197 milhões de hectares que o Cerrado ocupa, 67,1% desse bioma estão perturbados ou altamente modificados (MANTOVANI E PEREIRA, 1998). No planalto, onde há predominância da agricultura mecanizada e da monocultura da soja e do algodão, muitas espécies raras e/ou peculiares podem se mostrar bastantes vulneráveis, comprometendo significativamente a resiliência desse ecossistema⁵⁶.

Considerando uma retirada anual de 2,215 milhões de hectares (assumindo uma taxa conservativa de 1,1% ao ano), considerando a existência de 34,22% de áreas nativas remanescentes e considerando que as unidades de conservação (que representam 2,2% do Cerrado) e as terras indígenas (que representam 2,3% do Cerrado) serão mantidas no futuro, seria de se esperar que o Cerrado desaparecesse no ano de 2030, pois, conforme do MMA (2008), pois mais da metade do território original já foi desmatada.

⁵⁴ A resiliência é a capacidade de um ecossistema voltar às condições originais ou situação estável depois de um evento desestabilizador.

⁵⁵ Informações obtidas no site do WWF Brasil. Disponível em www.wwf.org.br.

⁵⁶ Ver o documento elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) em 1998, que indica os bens e serviços oferecidos à agricultura pela biodiversidade para assegurar a produtividade e qualidade ambiental.

A maior causa da perda de biodiversidade na Amazônia também é causada pelo desmatamento. Dentre os 9 países que compõem a Amazônia, o Brasil é, de longe, o país que mais perdeu florestas e biodiversidade. 40% a mais de florestas foram perdidas somente entre 2001-2002 (MMA, 2008). Na região do arco do desmatamento, o número de árvores em 1 km² de floresta pode variar de 45 mil a 55 mil. Multiplicando-se estes valores pela área desflorestada entre 2003 e 2004, estima-se que entre 1.175.850.000 e 1.437.150.000 árvores foram cortadas nesta região, que cerca de 43 a 50 milhões de espécies da fauna foram afetadas. Sempre é possível evitar a erosão dos solos e recuperar corpos d'água e ciclagem de nutrientes utilizando sistemas ecológicos simplificados, mas é impossível trazer de volta espécies extintas. Estudos do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2008) indicam que pode ocorrer uma perda de até 25% das espécies de aves associadas com a mata de galeria apenas se houver a destruição dos ambientes naturais vizinhos à mata, mesmo que ela permaneça intocada.

5.4.4 Poluição do ar

A poluição atmosférica se dá devido à emissão de gases poluentes à atmosfera, sobretudo pela atividade industrial e pela queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural). As mais graves consequências desta poluição, que põem o nosso planeta em risco, são as chuvas ácidas, a intensificação do efeito estufa (Aquecimento Global), as mudanças climáticas profundas e a destruição da camada de ozônio.

A OMS (Organização Mundial da Saúde) contabiliza que entre 2 milhões e 4 milhões de pessoas morrem por ano no mundo em decorrência da poluição. A EPA, U.S. Environmental Protection Agency, registra que os poluentes atmosféricos, nos EUA, são os particulados, ozônio, dióxido de nitrogênio e dióxido de enxofre, em geral emitidos por termelétricas a carvão, automóveis e emissões industriais.

Não é possível generalizar sobre os impactos ambientais das queimadas, nem no Mato Grosso, nem no Brasil. Mas o fato da maioria das queimadas

praticadas no Brasil ser de natureza agrícola, indica uma pequena contribuição de suas emissões de carbono no problema do efeito estufa. A maioria do carbono emitido pelas queimadas no inverno é retirado da atmosfera no verão, quando a vegetação está em fase de crescimento. Segundo o IBGE (2006), em pesquisa realizada em todas regiões do País, as fronteiras agrícolas e o chamado Arco do Desmatamento sofrem mais os efeitos das queimadas e desmatamentos.

O consumo de substâncias destruidoras da camada de ozônio está reduzido, de forma geral, em todo o mundo. No Brasil, esse consumo anual (produção + importações – exportações) tem caído aceleradamente, superando as metas: diminuiu 87% entre 1992 e 2006, passando de 11.198 para 1.431 toneladas de potencial de destruição do ozônio (PDO), segundo informações do Núcleo de Ozônio do Ministério do Meio Ambiente.

A Poluição atmosférica tem maior incidência nos grandes centros urbanos, porém, os efeitos das queimadas e desmatamentos no Brasil, advindos do processo da agricultura, especialmente em Mato Grosso, contribuem significativamente para mais esse problema ambiental.

5.4.5 Poluição das águas

São diversas as formas de degradação dos recursos hídricos provocada pelas atividades agrícolas. Na região da Bacia do Alto Paraguai, na borda do Pantanal, situam-se regiões de Cerrado muito utilizadas para atividades agropecuárias. O uso intensivo desse solo, em sua maioria arenoso, aliado a um manejo inadequado, potencializa um processo natural de erosão e assoreamento dos cursos de água do próprio planalto que, em última instância, vai afetar os rios do Pantanal. Associado ao problema da erosão, está o uso de agrotóxicos de maneira inadvertida, especialmente nas partes mais altas onde a agricultura é mais intensa. Zulauf (2000) adverte que, apesar da evolução das técnicas de produtividade, o uso de produtos químicos é um dos mais sérios fatores de deterioração da qualidade dos recursos hídricos.

A irrigação representa uma tecnologia importante para o produtor, principalmente, em função das condições meteorológicas não muito favoráveis das regiões do Centro-Oeste, mas deve ser analisada à luz de alguns aspectos que considera relevantes na tomada de decisão: a eficiência em termos de uso da água, a existência de eficiência econômica, os custos ambientais dessa prática, dentre outras. Rebouças (2001), destaca que 70% dos recursos hídricos usados no planeta advêm das atividades agrícolas e o que se obtém de eficiência ainda é muito baixo, visto as perdas estimadas em valores médios mundiais que estão entre 50 e 70%.

Nota-se que a irrigação é um processo que acompanha a agricultura moderna, principalmente a monocultura, que caracteriza o modelo do estado de Mato Grosso. Por outro lado, a intensa utilização de água e a ineficiência com que ela é absorvida na agricultura, provocam danos ambientais fortíssimos e compromete o seu uso no futuro, pois a disponibilidade de água torna-se cada vez mais escassa, devido a vários fatores discutidos em tela.

5.5 Análise do processo de desenvolvimento da agricultura do estado de Mato Grosso – aspectos da tecnologia e do meio ambiente

Todos os impactos ambientais acima estão interligados entre e si e são conseqüências do desenvolvimento do estado de Mato Grosso e do padrão tecnológico utilizado na agricultura: a retirada da cobertura vegetal original ou desmatamento seria a responsável pela perda de grande parte da biodiversidade *in situ*, deixando o ecossistema mais vulnerável pela diminuição de sua resiliência. O manejo inadequado seria a causa de um grave problema ambiental que é a erosão. Com a perda de solo provocada pela erosão, faltam nutrientes para suprir as necessidades nutricionais das plantas, logo, há a necessidade de fertilizantes. Os fertilizantes inorgânicos podem, em excesso, prejudicar a qualidade biológica do vegetal, contaminar os recursos hídricos, além de deixar o solo pobre em microfauna que inibe os inimigos naturais da plantação. Sem os inimigos naturais, surgem as pragas e, para combatê-las, são usados agrotóxicos, como, inseticidas,

fungicidas, entre outros. Estas substâncias, dependendo do princípio ativo, podem ter um efeito residual longo e entrar em contato com o lençol freático e outros cursos d'água contaminando-os, além de se infiltrar na cadeia trófica dos ecossistemas e, em última análise, contaminar o próprio homem (WWF, 2004).

Apesar dos vários fatores que influenciam o processo de desenvolvimento do estado, é possível perceber pelo menos duas coisas importantes: primeiro é que é necessário encontrar formas de elevar a importância da conservação dos biomas da região para o mesmo patamar de sua importância para a produção agropecuária e segundo, é que ainda *há tempo de reverter essa situação e iniciar um trabalho de recomposição de áreas consideradas importantes para a biodiversidade e para a conservação dos recursos naturais* (MMA, 2008). No entanto, as metas das políticas públicas devem coadunar com os objetivos dos empresários rurais que têm pautado suas decisões no ganho econômico imediato, comprometendo a sustentabilidade dos seus negócios.

Em relação aos agrotóxicos, ele pode ser considerado o mais prejudicial do ponto de vista ambiental, comparado aos demais itens do “pacote tecnológico”. Há também uma dependência econômica prejudicial ao agricultor, pois, na agricultura moderna, os custos de produção com esses insumos têm alcançado índices elevados e abalado a competitividade, pelo menos a médio e longo prazo. Estudos realizados por Silva e Conceição (2006) apontam o caráter essencial dos agroquímicos para o modelo agrícola nacional, pois mesmo em períodos de volumes decrescentes de empréstimos rurais de custeio (período 1981 a 2002), os gastos continuaram a crescer. Os autores observam também que entre 1972 e 2002, os gastos com agroquímicos cresceram 735% contra apenas 35% de aumentos da área cultivada. Esta discrepância pode ser explicada pelo aumento da produtividade da terra, visto que se tem aumentado à produção agrícola com um menor uso de terra, em decorrência de novas e modernas técnicas de plantio. Esse possível paradoxo do uso de agrotóxicos – de um lado ganhos de produtividade e, de outro, aumentos gradativos dos custos de produção, além de impactos ambientais e sociais – faz parte do modelo agrícola predominante em Mato Grosso.

Para minimizar esses e outros efeitos sobre o meio ambiente, surgem dentro do próprio “pacote tecnológico”, técnicas menos impactantes, porém que não caracterizam mudança no paradigma produtivista da agricultura do estado de Mato Grosso. Hoje, a área agrícola sob Plantio Direto na região centro-oeste é de aproximadamente 30%, dos 9 milhões de hectares plantados. Em Mato Grosso, os maiores percentuais ficam por conta da soja e do algodão, com aproximadamente 90% em áreas de Cerrado (SEDER/MT). Essa técnica pode ser considerada uma inovação incremental, de final de circuito, porém de fundamental importância para redução de impactos ambientais, apresentando as seguintes vantagens: melhor retenção de umidade havendo maiores rendimentos em anos secos; não ocorrência de erosão; mais tempo para semear (enquanto no Plantio Convencional é possível semear 3 a 6 dias após uma chuva forte, no Plantio Direto é possível semear 6 a 12 dias após uma chuva). Na moderna agricultura, corresponde a uma técnica mais sustentável, sendo a mais importante ação ambiental brasileira em atendimento às recomendações da Organização das Nações Unidas e da Agenda 21 Brasileira, indo ao encontro do que foi assinado no Protocolo Verde. Quanto ao retorno econômico, estudos indicam que, a curto prazo (cerca de quatro anos), essa técnica tem maior custo porque o investimento em herbicidas pode superar a economia pelo menor consumo de combustíveis e uso de horas-máquina. A médio e longo prazo, porém, o custo com herbicidas tende a diminuir, principalmente se combinado com rotação de culturas. Estudos de Rodrigues, Nogueira e Imbroisi (2001), revelam que a técnica do plantio direto apresenta como uma de suas vantagens a redução do processo de erosão/sedimentação. No cultivo da soja, o plantio direto é cerca de 0,24% mais caro do que o plantio convencional. O plantio direto com relação ao plantio tradicional tem maior custo com insumos (9,48%), principalmente com o uso de dessecantes, e custos inferiores (-35,84%) com o preparo do solo com relação ao plantio convencional. Por outro lado, os autores advertem que o plantio direto reduz em 79,1% os custos sociais advindos do processo de erosão no cultivo da soja.

Outra técnica importante é a chamada Integração lavoura-pecuária (ILP). Foi apontado no trabalho que a pecuária e a produção de soja são consideradas as grandes responsáveis pelo desmatamento no estado de Mato Grosso. O cenário das Boas Políticas e Práticas da FAO (2008) mostra que a implementação da rotação soja-gado, como também é denominado, utilizando o Sistema Integrado Gado-Colheita Sem Preparo do Solo, poderá reduzir significativamente o desmatamento. A técnica procura ser uma alternativa de produção, com grandes ganhos de produtividade, ao mesmo tempo, ajuda a recuperação de áreas degradadas.

Em termos de valorização da agricultura familiar e dos inúmeros assentamentos no estado, políticas públicas devem ser direcionadas para o fomento de técnicas consideradas ecologicamente mais prudentes. O incentivo à prática da agricultura alternativa (biodinâmica, orgânica, biológica, natural), como forma de disseminar mais intensamente essa técnica pode contribuir para retornos econômicos mais vantajosos, visto que há demanda por alimentos saudáveis em todo planeta. Sem dúvida, essa técnica propicia uma maior respeitabilidade com a natureza, mas merece maior atenção, pois os fatores de produção em pequena escala associados ao rigor dos fatores climáticos na região, dificultam a obtenção de renda em longos períodos de seca, praticamente inviabilizando esse tipo de agricultura.

CAPÍTULO VI

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De todos os desafios globais que a humanidade enfrenta, nenhum é mais importante e emergencial que a gestão do meio ambiente, visando conquistar uma vida sustentável em todas as suas formas. O equilíbrio ecológico que esperam as atuais e futuras gerações não depende única e exclusivamente de que as cadeias alimentares e as correntes de energia estejam equilibradas. O desafio consiste em combinar as demandas dos diferentes usuários, otimizando os recursos disponíveis de maneira sustentável.

A agricultura tem um papel preponderante nesse sentido, dado seu estreitamento natural com a terra e as formas de vida e o papel que exerce no fornecimento do alimento para a população do planeta. Dados da FAO mostram que entre 1960 e 2000, a população mundial cresceu para aproximadamente 6 bilhões de pessoas e a economia global multiplicou-se por seis. Para fazer frente a essas crescentes demandas, a produção de alimentos recebeu um incremento de 250%, o uso de água em atividades agrícolas duplicou, a extração de madeira para produção de papel e celulose triplicou e a extração de madeira para a construção aumentou em mais da metade. Em outros termos, a atividade agropecuária tem gerado prejuízos à sociedade dados os impactos sobre o meio ambiente, mais gravemente o desmatamento, as queimadas, a erosão do solo,

entre outros. E esse agravamento das condições naturais pode aparecer de maneira mais acentuada e pessimista⁵⁷ e ou mais amena e otimista⁵⁸, dependendo das mudanças comportamentais dos agentes do chamado agronegócio.

As inovações tecnológicas têm um papel muito importante no atendimento a essas questões. Para isso, as políticas agrícolas devem considerar novos parâmetros, estabelecendo a substituição dos atuais cultivos alimentares por cultivos energéticos e ecológicos. Porém, essa mudança é paradigmática, conquanto necessita de reestruturação do sistema para lograr êxito. Garantir a produtividade dos fatores de produção concomitantemente à conservação da natureza parece ser um caminho paradoxal, dado o modelo produtivista em vigor.

A resposta ao problema desse trabalho perpassa justamente por compreender o exposto. Ou seja, explicar a relação das inovações tecnológicas e do meio ambiente para a promoção da sustentabilidade na agricultura, recortando o estado de Mato Grosso para análise. Pode-se considerar então que as inovações tecnológicas na agricultura matogrossense favorecem fortemente a produtividade do setor, sendo constituídas basicamente por duas frentes: a mecânica, influenciada pela intensa utilização de tratores e máquinas na produção, especialmente de grãos e a agrônômica e a físico-química, com uso de insumos (fertilizantes e agrotóxicos) que contribuem largamente para a produtividade, conquanto apresentam custos altíssimos de produção.

Do ponto de vista econômico, em que pese os altos índices de produtividade, a atividade apresenta certa vulnerabilidade, uma vez que propicia

⁵⁷ Brown in Riff (1996), adverte que o mundo estaria à beira de uma grave crise de produção de alimentos. Segundo ele, a oferta de grãos acha-se próxima do limite imposto pela disponibilidade de terra e de água e pelas tecnologias de produção existentes. O autor complementa que a elevação da produtividade via utilização do pacote tecnológico produtivista já estaria esgotada. Em outras palavras, a oferta não estaria em condições de responder satisfatoriamente ao aumento da demanda.

⁵⁸ Um estudo promovido pela Food and Agriculture Organization (FAO) chega a conclusões bem menos dramáticas, segundo o qual não haveria problemas estruturais de oferta. A diminuição no ritmo de crescimento da produção seria uma reação natural de mercado, conseqüência da resposta dos principais exportadores de grãos às mudanças introduzidas nas políticas agrícolas e comerciais de vários países, com a redução de subsídios à exportação e de incentivos à produção. Sua afirmativa baseia-se, inicialmente, no fato de que haveria ainda uma quantidade significativa de terra disponível para ser incorporada ao processo produtivo. Além disso, a análise da FAO não admite o esgotamento tecnológico.

uma maior competitividade para o setor somente a curto prazo. A longo prazo, no entanto, pode estar seriamente ameaçado pelos altos custos de produção que o modelo produtivista impõe, onde os insumos podem chegar de 60% a 70% do custo total em algumas propriedades, além de sofrer com as flutuações da demanda e dos preços internacionais das commodities. A produção em grande escala determina o modelo agrícola do estado, onde a pequena propriedade e a agricultura familiar (incluindo os assentamentos) perdem em rentabilidade, pois não conseguem obter ganhos de escala. As grandes propriedades, que chegam a 50 mil hectares ou mais, 1000 em média, ditam o ritmo de expansão dessa nova fronteira agrícola do país.

Do ponto de vista ambiental, as técnicas agrícolas utilizadas pelos produtores rurais no Estado de Mato Grosso - reconhecidamente viáveis para atender à crescente demanda de alimentos apresentada - admitem o avanço da destruição das florestas, empobrecimento do solo e outros danos ambientais sérios, causando essas e outras externalidades ambientais negativas. Percebe-se então que as possibilidades de uma gestão ambiental estratégica, focada na tendência mundial de consumo e em ganhos por produção limpa, são abdicadas em função do uso de técnicas ambientalmente incorretas que exigem do produtor custos gradativamente maiores na correção do solo, uso de insumos, entre outros.

Considera-se, então, que as tecnologias utilizadas na agricultura do Estado de Mato Grosso não reduzem o *trade-off* entre bem-estar econômico e proteção ambiental, pois representam uma fonte que contribui para o desenvolvimento econômico, porém, não suficiente sendo apenas um potencial, uma condição necessária. Também é possível supor, rebuscando a teoria estudada, que a alocação de recursos na agricultura, dada a tecnologia empregada, não corresponde à Eficiência de Pareto, pois aumenta a satisfação de um indivíduo (agricultor), mas diminui o bem-estar de outro indivíduo qualquer. Assim, é possível confirmar a hipótese levantada.

Ainda na tentativa de dar mais robustez ao *feedback* que o problema exige e atender aos objetivos da pesquisa, pode-se afirmar que o fator tecnológico, por si só, não é capaz de afastar as limitações dos recursos, e que a prática dos

produtores tem ocasionado um alto grau de substituição de capital natural por capital manufaturado - sustentabilidade fraca, avaliando finalmente que a agricultura predominante no estado (produtivista) tem forte influências da teoria econômica dominante e apresenta pouca relação com os princípios da sustentabilidade.

Como alternativas viáveis à agricultura matogrossense, de acordo a literatura estudada e dados empíricos analisados no trabalho, são factíveis os seguintes caminhos: ou se introduzem as **inovações incrementais** que seguem pequenas mudanças e mantém a trajetória tecnologia ou se aplicam as **inovações radicais** no sentido de romper com o paradigma produtivista em debate. O primeiro consiste em manter o padrão tecnológico da agricultura matogrossense e realizar inovações que não intentem por alternativas definitivamente ecológicas e sustentáveis, ou seja, que viabilizem tecnologia de *final de circuito (end-of-pipe)*, aquela que possui um caráter paliativo e convencional, não alterando o padrão de consumo de energia e preservação dos recursos. O segundo permite internalizar novos produtos e processos capazes de evitar impactos ambientais. É a denominada *tecnologia limpa*, que pressupõe exaurir o paradigma vigente, em outros termos, viabilizar por meio de políticas públicas e informes a agentes privados, um novo modelo agrícola para o estado.

Entende-se que o paradigma vigente da agricultura matogrossense (e do Brasil), merece cuidados, visto todos os problemas apresentados. Porém, uma mudança na trajetória tecnológica, através de uma inovação radical, em que se extingue definitivamente com o modelo agrícola da Revolução Verde, não explica como atender a imensa demanda por alimentos que cresce a cada dia. Considera-se, assim, que a Inovação Incremental seria a mais adequada e contribuiria para: a) atender a crescente demanda mundial por alimentos (população de 6,2 bilhões para 8,2 bilhões em 2020 (World Bank) de forma ambientalmente prudente e economicamente viável; b) incluir agricultores no processo produtivo a fim de desconcentrar a renda agrícola do estado e induzir práticas mais responsáveis e menos degradantes de manejo, através do incentivo à pequena e média agricultura (familiar e assentamentos). Assim, o caminho perpassa por

compartilhar técnicas menos agressivas ao meio ambiente, como o plantio direto e a integração lavoura-pecuária, elucidadas no trabalho, e técnicas alternativas de produção agrícola, mais especialmente a agricultura orgânica, sem romper imediatamente com a agricultura predominante.

Essas propostas podem indicar possibilidades para uma agricultura mais sustentável em Mato Grosso, onde a estratégia do crescimento agrícola não dê continuidade ao processo de degradação da riqueza que é a sua biodiversidade. As inovações tecnológicas - decorrentes do pensamento *schumpeteriano* -, em que a evolução das soluções técnicas e gerenciais devem interferir e dar respostas de modo positivo às problemáticas do meio ambiente, são pressupostos indispensáveis para um processo decisivo rumo ao desenvolvimento sustentável. Assim, o princípio básico da agricultura sustentável é que ela não deve apoiar-se exclusivamente na produção de larga escala de grãos e carne, mas que conte também com a exploração racional de recursos existentes, geradores de renda em mercados promissores que associem sua comercialização à manutenção da integridade ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMOVAY, R. **A atualidade do método de Josué de Castro e a situação alimentar mundial.** Revista de economia e sociologia rural, v. 34, n.3/4, 1997.
- AGENDA 21 BRASILEIRA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/index>>. Acesso em: 20 set. 2006.
- ALENCASTRO M. **A importância da ética na formação dos recursos humanos.** Rio de Janeiro; Fundação Biblioteca Nacional, 1997.
- ALMEIDA, L. T. **A teoria neoclássica e a valoração ambiental,** in Anais Economia do Meio Ambiente, 1998. Campinas/SP: Unicamp, 1998.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável.** 2ª. Ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 1998.
- AMAZONAS, M. de C. **Economia Ambiental Neoclássica e Desenvolvimento Sustentável.** Anais do XXVI Encontro Nacional de Economia – ANPEC, Vitória, ES, pp. 1585-1606, 1998.
- _____. **Economia do Meio Ambiente: uma análise da abordagem Neoclássica a partir de marcos Evolucionistas e Institucionalistas,** dissertação de mestrado, Instituto de Economia - UNICAMP, Campinas, 1994.
- ANDRADE, T. de. **Inovação tecnológica e meio ambiente: a construção de novos enfoques.** Rev. Economia Contemporânea. Rio de Janeiro, 6 (2): 119-146, jul/dez. 2002.
- ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SOJA DE MATO GROSSO – APROSOJA. Disponível em <<http://www.andef.com.br>>. Acesso em 03 set. 2008.

- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL/ANDEF. Disponível em <<http://www.andef.com.br>>. Acesso em 18 ago. 2007.
- BEZERRA, M. C. L., VEIGA, J. E. **Agricultura Sustentável**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Consórcio Museu Emílio Goeldi, 2000.
- BEZERRA, M. do C. L.; VEIGA, J. E. da.(Coord.). **Agricultura sustentável — Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Consórcio Museu Emílio Goeldi, 2000.**
- BIN, A.; PAULINO, S. R. **Inovação e meio ambiente na pesquisa agrícola**. In: Encontro anual ANPPAS – Associação Nacional de pós-graduação e pesquisa em ambiente e sociedade. Indaiatuba: SP, 2005.
- BITTENCOURT, M. V. L. **Influência da tecnologia e de fatores macroeconômicos sobre a agricultura**. Texto para discussão 10/2000. Curitiba, CMDE/UFPR, 2000.
- BNDES, CNI, SEBRAE. **Pesquisa Gestão Ambiental na Indústria Brasileira**. Rio de Janeiro, 1998.
- BONNY, S. **A padronização tecnológica na agricultura: formas, origens e perspectivas a partir do caso francês**. Caderno de Ciência e Tecnologia. Vol. 10, pp. 9-34, 1993.
- BOULDING, Kenneth E. **The economics of the coming spaceship earth**. In: JARRET, H. (coord.). *Environmental quality in a growing economy*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1966.
- CABEZAS, H. et al. **Sustainability: ecological, social, economic, technological and systems perspectives**. Clean technical Environ Policy. 2003, pp. 167-180.
- CALENBACH, E. *et al.* **Gerenciamento ecológico**. São Paulo: Editora Cultrix, 1993.
- CAMARGO, A.; CAPOBIANCO, J. P. R.; OLIVEIRA, J. A. P de. **Meio ambiente Brasil. Avanços e obstáculos pós-Rio-92**. Rio de Janeiro: FGV, 2002.
- CAMPANHOLA, C.; LUIZ, A.J.B.; LUCCHIARI JÚNIOR, A. **O problema ambiental no Brasil: agricultura**. In: ROMEIRO, A.R.; REYDON, B.P.; LEONARDI, M.L.A. (Org.). *Economia do meio ambiente: temas, políticas e a gestão de espaços regionais*. Campinas: Unicamp/IE, 1997. p. 265-281.
- CAPRA, Fritjof. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Cultrix, 1998.

- CARSON, Rachel. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Melhoramentos, 1984.
- CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. **Sistemas de inovação: políticas e perspectivas**. Parcerias estratégicas, n. 8, pp. 237-255, 2000.
- CASTELLS, M. A, **Sociedade em Rede**. São Paulo: Paz e Terra, 1999.
- CAVALCANTI, C. **Uma tentativa de caracterização da economia ecológica**. Ambiente & Sociedade. Vol. VII, n. 1, jan/jul 2004.
- CERQUEIRA, H. E. da G. **A economia evolucionista: um capítulo sistêmico da teoria econômica?** Texto para Discussão. Belo Horizonte: UFMG/Codeplar, 2000.
- COLBORN, T.; DUMANOSKI, D. e MYERS, J. P. **O futuro roubado**. Porto Alegre: L & PM, 1997.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO/CONAB. Disponível em <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 18 ago., 2007.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS. **A indústria e a questão tecnológica**. Brasília: CNI, FINEP, 2002.
- CORAZZA, R. **Políticas públicas para tecnologias mais limpas: uma análise da contribuição da economia do meio ambiente**. Dissertação de mestrado – Instituto de Geociências. Unicamp, Campinas/SP, 2001.
- COUTO FILHO, V de A.; MACHADO, G. B.; GOMES, A. da S. **Inovações tecnológicas e organizacionais na agricultura**. In: Anais do XXV Encontro Nacional de Economia – ANPEC, Recife, 1997.
- CRUZ, H. N. **Observações sobre a mudança tecnológica em Schumpeter**. Estudos Econômicos, São Paulo: USP, v.18, n.3, pp 433-448, set./dez. 1988.
- DEMO, P. **Metodologia do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2000.
- DIEHL, A. A.; TATIM, D. C. **Pesquisa em Ciências Sociais Aplicadas. Métodos e Técnicas**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.
- DORES, E. F. G.C.; DE-LAMONICA-FREIRE, E. M. **Contaminação do ambiente Áquatico por pesticidas: vias de contaminação e dinâmica dos pesticidas no ambiente aquático**. Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente (CEPPA). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, v.9, jan/dez, 1999.
- DOSI, G. **Technological paradigms and technological trajectories. A suggest interpretation of the determinants and directive of technical change**. Res. Policy, 1984.

- ECO, U. **Como se faz uma tese**. 10ª. Ed. São Paulo: Perspectiva, 1997.
- EHLERS, E. M. **O que se entende por Agricultura Sustentável?** In: Ciência Ambiental: primeiros mestrados. José Eli da Veiga (org.) – São Paulo: Annablume: Fapesp, 1998.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja na região central do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2003. 199p.
- _____. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br>>. Acesso em: 17 mai. 2008.
- FAO, **Environment and agriculture**. Roma: FAO, 2007, 14p.
- FAO, **Relatório da conferência da FAO/Holanda sobre Agricultura e Meio ambiente**, 1991. In: AS – PTA. Agricultura sustentável. Rio de Janeiro: Textos para Debate, n. 45, p.16, 1992.
- FERREIRA, L. V.; ALMEIDA, S. **O desmatamento da Amazônia e a importância das áreas protegidas**. Estudos avançados, v. 19, n. 53, 2005.
- FIGUEIREDO, M. G. de; BARROS, A. L. M. de; GUILHOTO, J. J. M. **Relação econômica dos setores agrícolas do Estado de Mato Grosso com os demais setores pertencentes tanto ao Estado quanto ao restante do Brasil**. RER, Rio de Janeiro, v. 43, n.3, pp 557-575, jul/set 2005.
- FREEMAN, C. **The economics of hope: essays on technical change: economic growth and the environmental**. Cap. 10. London: Pinter Publishon, 1992.
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. **The entropy law and the economic process**. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1971.
- GONÇALVES, C. W. P. **Os (des) caminhos do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 1998.
- GREENPEACE. **Relatório de Crimes Ambientais no Brasil**. 2002.
- HAYAMI Y. e RUTTAN, V. W. **Agricultural development: an international perspective**. London: The Johns Hopkins University Press, 1971.
- HODGSON, G. **Economics and evolution: bringing life back into economics**. Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1993.
- IBAMA. GEO Brasil 2002 – **Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil**. Brasília, IBAMA,2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Contas nacionais: Brasil: 1999-2001. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 nov. 2006.

_____. **Pesquisa Agrícola Municipal**. Vários anos.

_____. Contas nacionais. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 04 mai. 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA/INPA. Disponível em <<http://www.inpa.gov.br>>. Acesso em: 27 set. 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS/INPE. Disponível em: <<http://www.inpe.br>>. Acesso em: 27 set. 2007.

INPEV - Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias. Disponível em: <http://www.inpev.org.br/>. Acesso em 09/05/2008.

IRIAS, L. J. M. et al. **Avaliação de impacto ambiental de inovação tecnológica agropecuária**. Agric. São Paulo, São Paulo, v. 51, n. 1, pp. 23-39, jan/jun 2004.

KAPP, K. W. **The Nature and Significance of Institutional Economics**. Kyklos: 1976, pp. 209-32.

KEMP, R. **The growing of technological: an evolution perspective**. Furtes: 1992, pp. 437-457.

KITAMURA, P. C. **Agricultura Sustentável no Brasil**. Ciência & Ambiente, Santa Maria, n. 27, p. 7-28, 2003.

LANDERS, J. N. **O plantio direto na agricultura: o caso do cerrado**. In: LOPES, I. V.; FILHO, G. S. B.; BTLLER, D.; BALE, M. Gestão ambiental no Brasil. Rio de Janeiro: FGV, 1996, p 4-24.

LAURENCE, W. F. et al. **Deforestation in Amazonia**. Science, v. 304, n. 5674, p. 1109 — 1111, 2004.

LEFF, E. **Saber Ambiental: Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade, Poder**. 2ª. Ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

LIMA, G.T. **Em busca de alternativas à Economia Neoclássica**. ...In: IV Encontro Nacional de Economia Política da SEP, 1999, Porto Alegre.

- _____. **Naturalizando o capital, capitalizando a natureza: o conceito de capital natural no desenvolvimento sustentável.** Texto para Discussão. IE/UNICAMP, Campinas, n. 74, jun. 1999.
- LIMA, R. **O Progresso Técnico e Evolução Econômica no Processo de Modernização da Agricultura Capitalista.** Revista de Economia e Sociologia Rural. v.37 n4, pp9-32. 1999
- LOPES, J. R. M.; MATTOS, U. A. DE O. **Economia, meio ambiente e gestão empresarial.** In CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 2002, Niterói-RJ. UFF: LATEC, 2002.
- MANKIW, N. Gregory. **Introdução à Economia.** Tradução Allan Vidigal Hastings. 3ª edição. São Paulo: Thomson Learning, 2006.
- MANTOVANI, J. E.; PEREIRA A. **Estimativas da integridade da cobertura vegetal do Cerrado/Pantanal.** TM/Landsat, 1998.
- MARGULIS, S. **Introdução à Economia dos Recursos Naturais.** In Meio Ambiente: Aspectos Técnicos e Econômicos. Rio de Janeiro: IPEA/PNUD, 1990, cap 7.
- MARTINE, G. (org.). **População, Meio Ambiente e Desenvolvimento: verdades e contradições.** 2ª. Ed. Campinas/SP: Unicamp, 1996.
- MARTINEZ-ALIER, J. **Distributional obstacles to international environmental policy.** Environmental Values, 2, Summer 1993.
- MAY, P. H., LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. da. **Economia do meio ambiente: teoria e prática.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- MAY, P. H.; SEROA DA MOTTA, R. **Valorando a natureza: análise econômica para o desenvolvimento sustentável.** Rio de Janeiro: Campus, 1994.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO/MAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: < <http://www.embrapa.br/index.php>>. Acesso em 03 nov. 2006.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO/MAPA. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em 08 mai. 2008.
- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO/INCRA, Novo Retrato da Agricultura Familiar – O Brasil Redescoberto. Brasília, fevereiro de 2000.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em 08 set. 2007.

MUELLER, Charles C. **Os Economistas e as Relações Entre o Sistema Econômico e o Meio-Ambiente**. Brasília: Editora Universidade de Brasília e FINATEC, 2007.

_____. **Expansion and modernization of agriculture in the Cerrado – the case of soybeans in Brazil’s center-West**. Department of Economics Working Paper 306, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI & CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL. **Revista Eco 21**. Ano XIII, Edição 80, Julho 2003.

NEPSTAD, D. C. et al. **Large-scale improvishment of Amazonian forests by logging and fire**. *Nature*, v.14, n.398,, p.505-508, 1999.

NOGUEIRA, J. M. ; MEDEIROS, A. A. de; ARRUDA, F. S. T. **Valoração Econômica do Meio Ambiente: Ciência e empiricismo**. *Cadernos de Ciências e Tecnologia*, V. 17, nº 2, 2000, pp. 81-115.

NOVAES, W. **Agenda 21 brasileira: bases para discussão**. Brasília: MMA-PNUD, 2000.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. **Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development**. Paris: Frascati Manual, 1994.

OSLO MANUAL, 1995. Disponível em: <http://www.oecd.org>>. Acesso em: 20 set. 2006.

PALMER, K. N.; PORTNEY, P.R. **Tightening environmental standards: the benefit cost or the no-cost paradigm?** *Journal of Economic Perspectives*. Vol. 09, N. 04, pp. 97-118, 1995-A.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. **Economics of natural resources and the environment**. Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1990.

PINAZZA, L. A.; ALIMANDRO R. **Crescimento Acelerado**. *In: Agroanalysis*. Vol. 21, n.7. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, Instituto Brasileiro de Economia, 2001.

PINHEIRO, S., NARS, N. Y., LUZ, D. **Agricultura Ecológica e a Máfia dos Agrotóxicos no Brasil**. Rio de Janeiro: Edição dos Autores, 1998.

POLÈSE, M. **Economia Urbana e Regional: lógica espacial das transformações econômicas**. APDR: Coimbra, 1998.

PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO.
Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/rdh/rdh96/index.php>>. Acesso em: 03 nov., 2006.

O'SULLIVAN, A. **Urban Economics**. 3. ed. Irwin, Chicago. Richardson, H.W. (1977) "On the possibility of a positive rent-gradient" *Journal of Urban economics* 4 60-68, 1996.

PORTER, M.; VAN DER LINE, C. **Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship**. *Journal of economics perspectives*. Boston, v.9, n. 4, pp. 97-118, fall 1995.

POSSAS, M. L.; SALLES-FILHO, S.; SILVEIRA, J. M. da. **An evolutionary approach to technological innovation in agriculture: some preliminary remarks**. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*. Brasília, v. 11, n. 1/3, pp. 9-31, 1994.

PRIGOGINE, Ilya. **As leis do caos**. São Paulo: UNESPE, 2002.

REBOUÇAS, A. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo, Escrituras, 2001.

REYDON, B. P. **Agricultura Sustentável: uma agenda para o desenvolvimento**. Em ROMEIRO, A. R., B. P. REYDON e M. L. LEONARDI. *Economia do Meio Ambiente. Teoria, Políticas e Gestão de Espaços Regionais*. (Campinas, SP: UNICAMP, 1999).

REZENDE, G. C. **Ocupação Agrícola e Estrutura Agrária no Cerrado: O Papel do Preço da Terra, dos Recursos Naturais e da Tecnologia**. Trabalho preparado para apresentação no XL Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, Passo Fundo (RS), 2002.

RODRIGUES, W. **Valoração econômica dos impactos ambientais de tecnologias de plantio em região de cerrados**. *Ver. Econ. Sociol. Rural*, v. 43, n.1, Jan/Mar. 2005

RODRIGUES, W.; NOGUEIRA, J. M.; IMBROISI, D. **Avaliação econômica da agricultura sustentável: o caso dos cerrados brasileiros**. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, v. 18, n. 13, p. 103-130, set/dez 2001.

ROMEIRO, A. R. **Economia ou economia política da sustentabilidade?** Texto para Discussão: IE/Unicamp. Campinas, n. 102, set. 2001.

_____. **Meio Ambiente e Dinâmica de Inovações na Agricultura**. São Paulo, Fapesp/Annablume, 1998.

- _____. **Meio ambiente e dinâmica de inovações na agricultura.** São Paulo: Annablume: FAPESP, 1998.
- SACHS, Ignacy. **Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir.** São Paulo: Ed. Vértice, 1986.
- SISTEMA DE ALERTA DE DESMATAMENTO – SAD. **Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – IMAZON.** Disponível em: <http://www.imazon.org.br>. Acesso em 09 jan. 2009.
- SALLES FILHO, S. L. M., SILVEIRA, J. M. F. J. da. **A teoria da inovação induzida e os modelos de “demand pull”: uma crítica com base no enfoque neoschumpeteriano.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 28., Florianópolis. Anais... Brasília: Sober, 1990, p. 41-60.
- SALLES-FILHO, S. L. M. **A dinâmica tecnológica da agricultura: perspectiva da biotecnologia.** Campinas: Unicamp, 1997.
- SANDERS, J. H., BEIN, F. L. **Agricultural development on the Brazilian frontier: Southern Mato Grosso.** Economic Development and Cultural Change, v. 24, n. 3, p. 593-610, Apr. 1976.
- SANTO, B. R. do E. **Os Caminhos da Agricultura Brasileira.** São Paulo, Evoluir, 2001.
- SANTOS, A. R. **Metodologia Científica: a construção do conhecimento.** 2ª. Ed. Rio de Janeiro: DP & A Editora, 1999.
- SAVIOTTI, P. P.; METCALFE, J. S. **Present developments and trends in evolutionary economics.** Reading: Harwood Academic, 1991, pp 1-30.
- SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, socialismo e democracia.** Rio de Janeiro:
- SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA AGRÍCOLA/SINDAG. Disponível em: <<http://www.sindag.com.br>>. Acesso em 19 ago. 2007.
- SEROA DA MOTA, R. **Desafios ambientais da economia brasileira.** Texto para discussão. Rio de Janeiro: IPEA, ago 1997.
- SILVA, I.; CONCEIÇÃO, P. H. Z da. **O crédito rural e os gastos com agroquímicos na Agricultura Brasileira: evidências de subsídios ambientalmente perversos?.** In: VII Congresso Latino Americano de Sociologia Rural, 2006, Quito, Equador. Anais do Congresso Latino Americano de Sociologia Rural, 2006, Quito, Equador, v.1, p. 431-431.

- SOLOW, R. M. **The economics of resources or the resources of economics.** American Economic Review: 1974, v. LXIV, n. 2, maio, pp. 1-14.
- SOUZA, D. M. G. **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.
- SOUZA-LIMA, J. E. **Economia Ambiental, Ecológica e Marxista versus Recursos Naturais.** Revista FAE. Curitiba, v.7, n.1, pp. 119-127, jan./jun. 2004.
- TEIXEIRA, O. A.; LAGES, V. N. **Do produtivismo à construção da agricultura sustentável: duas abordagens pertinentes à questão.** Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 13, n. 3, pp. 347-368, 1996.
- TURNER et al. **Environmental economics: an elementary introduction.** New York: Harvester Wheatsheaf, 1994, 328 p.
- VEGRO, C. L. R.; FERREIRA, C. R. R. P. T. **Evolução do consumo de fertilizantes no Estado de Mato Grosso, 1987-2002.** Informações econômicas, SP, v. 34, n. 2, fev. 2004.
- VICTOR, P. A. **Indicators of sustainable development; some lessons from capital theory.** Ecological Economics, 1991.
- WACKERNAGEL, M.; REES, W. E. **Perceptual and structural barriers to investing in natural capital; economics from an ecological footprint perspective.** Ecological Economics, 20, 1997.
- WORLD BANK. **Brazil: equitable, competitive, and sustainable.** Contributions or Debate. The World Bank, Washington, D.C, 2003.
- WWF - Forest Conversion Initiative. **Administrando os avanços da produção de soja. Dois cenários da expansão do cultivo de soja na América do Sul.** Jan Maarten Dros, AIDEnvironment, Amsterdã, Junho de 2004.
- YOUNG, C. E. F. **Competitividade e tecnologias limpas.** 4ª. Conferência Latino-Americana sobre Meio Ambiente – ECOLATINA. Belo Horizonte: 2001.
- YOUNG, H. P. **Preservação ambiental: uma retórica no espaço ideológico da manutenção do capital.** Rev. FAE, Curitiba, v.4, n. 3, p. 25-36, 2001. Zahar Editores. 1984 [1942].
- ZULAUF, W.E. **O Meio Ambiente e o Futuro. Estudos Avançados.** São Paulo: USP, v.14, N.39;mai/ago 2000.