



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**

**(UFPI)**

**Núcleo de Referência em Ciências Ambientais do Trópico Ecotonal do Nordeste**

**(TROPEN)**

**Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente**

**(PRODEMA)**

**Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente**

**(MDMA)**

**VALORAÇÃO ECONÔMICA DOS EFEITOS INTERNOS DA EROSÃO NA  
PRODUÇÃO DE SOJA NO CERRADO PIAUIENSE**

**KERLE PEREIRA DANTAS**

**TERESINA**

**2009**

**VALORAÇÃO ECONÔMICA DOS EFEITOS INTERNOS DA EROSÃO NA  
PRODUÇÃO DE SOJA NO CERRADO PIAUIENSE**

KERLE PEREIRA DANTAS

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI/TROPEN) como requisito à obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente com área de concentração em Desenvolvimento do Trópico Ecotonal do Nordeste, sob orientação da Professora Dr<sup>a</sup> Maria do Socorro Lira Monteiro.

Teresina

Abril/2009

**VALORAÇÃO ECONÔMICA DOS EFEITOS INTERNOS DA EROSÃO NA  
PRODUÇÃO DE SOJA NO CERRADO PIAUIENSE**

**KERLE PEREIRA DANTAS**

Teresina, 24 de Abril de 2009.

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria do Socorro Lira Monteiro  
Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/TROPEN/UFPI)

---

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup>. Raimundo Nonato de Assis Júnior  
Universidade Federal do Ceará

---

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Luis Fernando de Carvalho Leite  
Universidade Federal do Piauí (EMBRAPA/PRODEMA)

Dedico este trabalho aos meus Franciscos: meu amado pai que tanto me ensinou antes de partir, e ao meu filho, que ainda não nasceu, mas já me ensina.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela serenidade no trilhar desse caminho espinhoso.

A minha mãe, Dona Maria, a maior entusiasta entre todos, mesmo longe seu amor sempre foi o farol a me iluminar, e a minha irmã, Carla, sem vocês nada disso teria sido realizado. Muito obrigado!

A Luciene, minha esposa, mas acima de tudo, companheira e amiga, sempre ao lado em todos os momentos, bons e ruins, agradeço pela compreensão e incentivo, sem você essa dissertação não existiria.

A minha orientadora, Professora Socorro Lira pela oportunidade e ensinamentos, sua dedicação à Ciência sempre será fonte de inspiração para mim.

Ao professor Adeodato Salviano, por sua relevante contribuição à dissertação.

Aos amigos Hércules, Fernando e Macedo pela amizade sincera e experiência transmitida em cada bate-papo nos botequins da vida.

Aos amigos, professores e funcionários do Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/TROPEN/UFPI), pelo apoio.

Aos colegas do Programa Fome Zero, em especial Ozima, Chicão e Rosângela, que souberam tolerar e compreender os meus momentos de ausência, nunca esquecerei.

Às diversas pessoas que, de alguma forma, torcem pelo meu sucesso. Que Deus os abençoe.

## RESUMO

Não obstante a erosão antrópica das terras agricultáveis impactarem ambiental e economicamente, o setor agrícola reconhece que tais externalidades não são totalmente absorvidas pelos agentes que utilizam o solo, pelo contrário, recaem sobre a sociedade. Nesse sentido, a valoração econômica da degradação do solo consiste no mecanismo que possibilita identificar os incentivos econômicos que interferem nas decisões de uso privado do recurso, com vistas à sustentabilidade dos agroecossistemas. Nessa perspectiva, objetivou-se mensurar economicamente os custos internos da área de produção de soja no cerrado piauiense, sob os sistemas de plantio direto e convencional, causados pelo processo de erosão, nas safras de 2000/2001 e de 2007/2008. Para tanto, analisou-se o processo histórico de inserção internacional da economia brasileira através do modelo primário-exportador, enfatizando o uso intensivo dos recursos naturais como fator de competitividade, caracterizou-se a ocupação e uso dos cerrados brasileiro e piauiense alicerçados na produção de soja e analisaram-se as consequências e riscos ao bioma decorrentes desse processo. O procedimento metodológico centrou-se no levantamento bibliográfico e estatístico de dados secundários e na aplicação do método do custo de reposição de nutrientes, no intuito de verificar qual o impacto econômico da degradação do solo na região. Através da pesquisa constatou-se que, em ambos os períodos de safras e sistemas de plantio analisados, os custos de reposição foram expressivos, representando em média 2,9% do valor total da produção de soja. Na safra 2000/2001, os custos por hectare foram de R\$ 22,96 e R\$ 21,93 para os plantios convencional e direto, respectivamente. Enquanto, na safra 2007/2008 os custos foram de R\$ 22,40 e R\$ 21,20, respectivos. Portanto, esta configuração explicitou a relativa estabilidade do valor da perda de solo no período sob análise, haja vista apresentar reduzido decréscimo na safra 2007/2008, o que evidenciou a superioridade do sistema de plantio direto, devido ao controle da erosão em relação ao sistema convencional e, por conseguinte, menor custo de reposição de nutrientes. Logo, inferiu-se que o uso do sistema de plantio direto no cultivo de soja no cerrado piauiense não somente proporcionou vantagens econômicas, mas, sobretudo, contribuiu para a sustentabilidade do agroecossistema.

Palavras chaves: Erosão; Valoração econômica; Gestão Ambiental.

## ABSTRACT

Nevertheless the erosion of human agricultural land impact the environmental and economic agricultural sector, it is recognized that these externalities are not fully absorbed by the agents who use the land, however, fall on society. In this sense, the economic valuation of land degradation is the mechanism that allows identifying the economic incentives that interfere in the decisions of private use of the resource, with a view to sustainability of agro ecosystems. From this perspective, aimed to measure the economic costs of domestic production area of soybean in the Cerrado (vegetation of the Brazilian interior) of Piauí, in the systems of conventional and tillage, caused by the process of erosion in the seasons 2000/2001 and 2007/2008. For that analyzes the historical process of international integration of the Brazilian economy through the primary-exporting model, emphasizing the intensive use of natural resources as factor of competitiveness, characterized by the occupation and use of Brazilian cerrados and based on the production of soybean and examined the consequences and risks to the biome arising from that process. The methodological procedure focused on the literature review and statistical from secondary data and the application of the replacement cost of nutrients method, to verify the economic impact of soil degradation in the region. Through research it was found that in both periods of crop and planting systems analyzed the costs of replacement were significant, representing on average 2.9% of total production of soybeans. In season 2000/2001, the cost per hectare was R \$ 22.96 and R \$ 21.93 for conventional tillage and direct, respectively. While in the 2007/2008 harvest costs were R \$ 22.40 and R \$ 21.20 respectively. Therefore, this configuration explained the relative stability of the value of the loss of land during the period under review, once having presented low decrease in the season 2007/2008. It also showed the superiority of the system of tillage, due to the control of erosion on the conventional system and therefore lower cost of replacement of nutrients. Therefore, it is inferred that the use of the system of tillage in the cultivation of soybean in the Cerrado of Piauí not only has economic advantages, but above all, contributed to the sustainability of the agro ecosystem.

Keywords: Erosion; Economic valuation; Manager environmental.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Exportação brasileira dos setores industriais por intensidade tecnológica de 2005, 2006 e 2007 – US\$ milhões FOB.....	37
Tabela 2 –	Produção de soja no Brasil e Nordeste, safras 2000/2001 e 2007/2008....	62
Tabela 3 –	Área plantada, produtividade e produção de soja, no Piauí e Nordeste, safra 1999/2000 e 2007/2008.....	66
Tabela 4 –	Área ocupada com soja e perda de solo no cerrado piauiense, plantio convencional e direto, safra 2007/2008.....	84
Tabela 5 –	Concentração de nutrientes no solo, em porcentagem.....	85
Tabela 6 –	Perda de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K) e Calcário e Magnésio (Ca + Mg) no cerrado piauiense, plantio convencional e direto, em t/ano, no período da safra de 2007/2008.....	86
Tabela 7 –	Valores de conversão e perdas de nutrientes em fertilizantes comerciais..	87
Tabela 8 –	Equivalente em fertilizantes dos nutrientes perdidos no cerrado piauiense, plantio convencional e direto de soja, em toneladas, na safra 2007/2008.....	88
Tabela 9 –	Cálculo da perda monetária por tipo de fertilizante, plantio convencional, em reais por toneladas, no cerrado piauiense, na safra 2007/2008.....	90
Tabela 10 –	Cálculo da perda monetária por tipo de fertilizante, plantio direto, em reais por toneladas, no cerrado piauiense, na safra 2007/2008.....	90
Tabela 11 –	Custo de aplicação de fertilizantes e calcários dolomítico, a preços correntes em reais.....	91
Tabela 12 –	Total dos custos internos causados pela erosão dos solos, a preços correntes em reais, plantio convencional, no cerrado piauiense, para a safra de 2007/2008.....	92
Tabela 13 –	Total dos custos internos causados pela erosão dos solos, a preços correntes em reais, plantio direto, no cerrado piauiense, para a safra de 2007/2008.....	93
Tabela 14 –	Total dos custos de fertilizantes, a preços correntes em reais, no cerrado piauiense, nas safras de 2000/2001 e de 2007/2008.....	94



Tabela 15 – Total dos custos internos causados pela erosão dos solos, a preços correntes em reais, nos plantios convencional e direto no cerrado piauiense para safra de 2000/2001.....	96
Tabela 16 – Total dos custos internos causados pela erosão dos solos, a preços correntes e constantes em reais, em plantio convencional e direto no cerrado piauiense para safra de 200/2001.....	96
Tabela 17 – Total dos custos internos causados pela erosão dos solos, apreços correntes em reais, em plantios convencional e direto no cerrado piauiense para safra de 2007/2008.....	97
Tabela 18 - Total dos custos internos causados pela erosão dos solos, a preços constantes em reais, em plantios convencional e direto no cerrado piauiense para as safras de 2000/2001 e 2007/2008.....	98

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Métodos de valoração ambiental.....	48
Figura 2 –	Localização do bioma Cerrado no Brasil.....	68
Figura 3 -	Perfil hipotético do solo contendo os horizontes principais.....	72
Gráfico 1-	Evolução das receitas cambiais do complexo soja, entre 1996 e 2008, em milhões US\$, Brasil.....	57
Gráfico 2 –	Volume de exportação brasileira de soja, milho e trigo em grãos, de 2005 a Janeiro/Agosto de 2008, em toneladas.....	58
Gráfico 3 –	Valor da exportação brasileira de soja, milho e trigo em grãos, de 2005 a Janeiro/Agosto de 2008, em mil dólares.....	59
Gráfico 4 –	Produção de milho, arroz e soja no Piauí, safras de 1990/1991 a 2007/08, em mil toneladas.....	64
Quadro 1 -	Taxa de formação e erosão natural do solo.....	77

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIOVE	Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais
CEPAL	Comissão Econômica para América Latina e Caribe
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DAP	Disposição a Pagar
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias
FINEX	Fundo de Financiamento à Exportação
FINOR	Fundo de Investimento do Nordeste Agropecuário
FISET	Fundo Setorial de Investimentos
FMI	Fundo Monetário Internacional
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MDIC	Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ONU	Organização das Nações Unidas
SECEX	Secretaria de Comércio Exterior
SFI	Sistema Financeiro Internacional
SNCR	Sistema Nacional de Crédito Rural
PIB	Produto Interno Bruto
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNB	Produto Nacional Bruto
PND	Plano Nacional de Desenvolvimento
POLOAMAZÔNIA	Programa de Pólos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia
POLOCENTRO	Programa Desenvolvimento do Centro-Oeste
POLONORDESTE	Programa de Desenvolvimento de Áreas Integradas do Nordeste
PRODECER	Programa de Desenvolvimento dos Cerrados
FBN	Fixação Biológica do Nitrogênio

# SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS.....</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>11</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 Procedimentos metodológicos .....	19
1.2 Estruturação da dissertação .....	21
<b>2. INSERÇÃO INTERNACIONAL DAS ECONOMIAS PERIFÉRICAS E O MEIO AMBIENTE.....</b>	<b>22</b>
2.1 Desenvolvimento e os economistas .....	22
2.2 Inserção internacional das economias periféricas .....	27
2.3 Dinâmica interna das economias periféricas .....	30
2.4 Análise ambiental no esquema centro-periferia .....	33
<b>3. ECONOMIA DO MEIO AMBIENTE .....</b>	<b>39</b>
3.1 Correntes de pensamento sobre economia e meio ambiente .....	39
3.1.1. Economia Ambiental Neoclássica.....	41
3.1.2 Economia Ecológica.....	43
3.2 Valor econômico.....	46
3.3 Métodos de valoração .....	47

3.3.1 Métodos indiretos de valoração.....	49
3.3.1.1 Produtividade marginal .....	49
3.3.1.2 Mercado de bens substitutos.....	50
<b>4. VALORAÇÃO ECONÔMICA DA DEGRADAÇÃO DO SOLO NO CERRADO PIAUIENSE .....</b>	<b>54</b>
4.1 Expansão da produção de soja no Brasil e a manutenção do sentido agrário exportador.....	54
4.2 Inserção da soja nos cerrados do Nordeste .....	60
4.3 Inserção da soja no cerrado piauiense .....	63
4.4 Ação antrópica e os riscos a biodiversidade do Cerrado .....	67
4.5 Erosão do solo .....	71
4.5.1 Características e formação dos solos .....	71
4.5.2 Processo erosivo .....	76
4.5.3 A erosão do solo agrícola e os impactos econômicos e ambientais .....	79
4.6 Valoração econômica da erosão no cerrado piauiense .....	82
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>106</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>118</b>

# 1. INTRODUÇÃO

Pensar no Brasil exige remeter-se aos caminhos percorridos na sua formação. Assim, o Brasil como os demais países colonizados, a partir da expansão ultramarina europeia, surgiu como mero fornecedor de matérias-primas para a Metrópole, constituindo-se em um dos atores principais da acumulação primitiva, porém, contraditoriamente foi apenas coadjuvante na apropriação dos benefícios decorrentes desse processo.

De acordo com Prado Júnior (1995), o país que daí se forjou, estruturou-se em uma organização espacial que produzia mercadorias para a exportação, haja vista que tanto no Brasil Colônia quanto no Estado Nacional, os arranjos políticos e institucionais configuraram-se como território do capital. Mas, sem embargo essa aparente homogeneidade entre os períodos históricos, identificou-se diferença, na medida em que o primeiro período caracterizou-se pelo poder coercitivo e político da Metrópole que determinava o que produzir, enquanto, no segundo, as forças de mercado lideradas pela Europa e EUA moldaram a organização do modelo de produção de mercadorias.

A expansão do cultivo de soja nas distintas regiões do Brasil, a partir de meados do século XX, expressou a continuidade da estrutura produtiva centrada em mercadorias agrícolas para atender o mercado externo, apesar da crescente importância relativa dos componentes industriais na pauta de exportação. Nesse sentido, ressalta-se que desde 1970, quando a produção se intensificou, o país passou a ocupar a segunda posição dentre o universo de produtores. Ademais, evidencia-se que o complexo da soja contribuiu para elevar os superávits da balança comercial e melhorar a inserção no comércio internacional, uma vez que, em consonância com a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais ABIOVE (2008), neste ano aproximadamente 9,5% das receitas cambiais do país foram oriundas desse complexo, o que representou US\$ 18,8 bilhões de dólares.

Esse contexto explicitou, em conformidade com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior MDIC (2008), que a soja superou a produção de culturas tradicionais da agricultura como o café, algodão e milho, indicando, assim, a transferência de prioridade do setor para o cultivo que proporcione inserção mais eficiente e com maior potencial de rentabilidade no mercado externo. Isto é, a superação em valores de produção e de exportação, em comparação com outras *commodities*, manifestou a hegemonia da soja na estrutura agrícola brasileira.

Todavia, para o entendimento dessa posição de destaque da leguminosa no Brasil, faz-se mister remeter-se à década de 1970, cuja conjuntura caracterizou-se pela formação das cadeias produtivas atuais, em função das demandas externas e internas exigirem novos padrões alimentares, embasados em derivados da soja, resultante da crescente urbanização e da crise do petróleo.

Como também, Alves (2005) destaca a necessidade de incrementar as exportações, visando gerar divisas para continuar financiando o capital industrial e, ao mesmo tempo, atender a procura por alimentos gerada pelo impacto da progressiva urbanização do país, pressionou os governos federal e estadual a institucionalizar políticas públicas capazes de impulsionar a expansão agrícola. Para tanto, criou o Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), o mecanismo 34/18, transformado em 1974 no Fundo de Investimento do Nordeste Agropecuário (FINOR) cujos recursos destinados ao setor agropecuário receberam a denominação de FINOR-Agropecuário e o Fundo Setorial de Investimentos (FISSET), ou seja, foram instituídos incentivos fiscais e financeiros para estimular a modernização em larga escala de culturas com eficaz inserção no mercado externo. Nessa perspectiva, a produção direcionou-se para espaços territoriais com baixa densidade demográfica e com condições de disponibilizar terras a baixo preço para os empreendimentos agrícolas.

No Brasil, as áreas com tais características situam-se no bioma Cerrado, que ocupa uma área contínua em torno de dois milhões de Km<sup>2</sup>, que corresponde a 24% do território nacional, abrangendo desde a Bahia, Maranhão e Piauí, na região Nordeste, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal, na região Centro-Oeste, Tocantins, na região Norte, e São Paulo e Minas Gerais, na região Sudeste (DAHER e LOPES, 2008).

Em conformidade com a Agência de Informação da EMBRAPA Biodiversidade (2008), o Cerrado encerra a mais diversificada savana tropical do mundo, na medida em que conta com cerca de 12.000 espécies de vegetais. Salienta-se a riqueza de espécies de peixes com 45%, de aves com 50%, de mamíferos com 40% e de répteis com 38%, relativamente ao Brasil. Estima que aproximadamente nada menos do que 320 mil espécies, vegetais e animais, ocorram no bioma. Não obstante este contexto revelar a grande biodiversidade do Cerrado, a sociedade ainda não reconhece a importância dessa riqueza.

De acordo com Barreto (2005), o Cerrado está entre os 25 *hotspots* mundiais, devido à extraordinária riqueza biológica, aliada à alta pressão antrópica a qual vem sendo submetido colocar em área crítica para a conservação. Este cenário é decorrente da monocultura de grãos ser extremamente nociva à biodiversidade do Cerrado ao provocar passivos ambientais, como

a erosão dos solos, o comprometimento dos recursos hídricos e a superexploração da base de recursos naturais.

Por conseguinte, a ocupação do cerrado piauiense alicerçado no cultivo da soja, objeto de estudo da dissertação, apesar de intensificar-se a partir da década de 1990, integrou o modelo de modernização agrícola, que objetivava abastecer os mercados exteriores, iniciado e capitaneado pelo governo brasileiro na década de 1970. O estado do Piauí, aliado historicamente dos processos de acumulação ampliada de capital, ainda buscava o almejado desenvolvimento econômico e, para tal, se apresentou nesse panorama como uma das últimas fronteiras agrícolas do Brasil. Portanto, inseriu-se na lógica global de reprodução do capital através da produção de soja para exportação, via sobre exploração dos recursos naturais não reprodutíveis.

Todavia, enfatiza-se que o desenvolvimento econômico associou-se a incrementos no nível de bem estar da população proporcionados pela produção e consumo de bens e serviços convencionais. Para a efetividade dessa configuração consoante Merico (1996), os recursos naturais desempenham funções relevantes, como matérias-primas, capacidade de suporte de ecossistemas, assimilação de resíduos do processo de produção e consumo, regulação climática, biodiversidade, etc. Tais funcionalidades são imprescindíveis à atividade econômica e à manutenção da vida.

Logo, a intensificação da utilização dos recursos naturais *vis-à-vis* o reconhecimento, em conformidade com Comune e Marques (1996), de que a maioria dos ativos ambientais não tem substitutos, aliados à ineficácia da sinalização de preços para seus serviços, provocam distorções na percepção dos agentes econômicos, os quais induzem os mercados a falhas na alocação eficiente e evidenciam a divergência entre os custos privados e sociais. Dessa forma, a ausência de preços para os recursos ambientais e para os serviços por eles prestados proporciona o uso excessivo dos referidos recursos. Essa circunstância pode conduzir a criação espontânea e tardia de mercados de bens ambientais, pois estes já poderiam estar degradados em nível irreversível, ou a não criação de mercados, o que implicaria levar a completa extinção dos recursos naturais. Sendo assim, considerando-se a possibilidade de inexistência de substitutos, providências urgentes precisam ser tomadas.

Tendo como base este contexto, estimam-se preços para os recursos ambientais, com a finalidade de subsidiar tecnicamente a exploração racional, através dos métodos e técnicas de valoração econômica ambiental fundamentada na teoria neoclássica do bem-estar. A manutenção da posição privilegiada de disponibilidade de recursos ambientais combinada



com a necessidade de explorá-los visa gerar fluxo de riquezas alicerçado em capital reprodutível passa inequivocamente pela sua mensuração econômica.

Nesse sentido, faz-se imprescindível estimar os custos de oportunidade de exploração dessas riquezas para evitar os desregramentos cometidos historicamente nos países industrializados, com o fim de diminuir antecipadamente os custos sociais totais ao invés de adotar medidas corretivas *a posteriori*. Destarte, surgiu a necessidade de conceituar o valor econômico e de desenvolver técnicas para estimá-lo, com o objetivo de utilizar instrumentos que conduzam ao uso sustentável dos recursos naturais.

Dentre os distintos impactos ambientais decorrentes da produção de soja nos cerrados, destaca-se a erosão dos solos, resultante do sistemático emprego da mecanização para arar a terra. Segundo Bloise *et al.* (2001), os processos naturais erosivos são intensificados com a ação antrópica, na medida em que o manejo do solo ocasiona desequilíbrios nas relações solo-clima-vegetação. Nessa perspectiva, a erosão consiste em um dos problemas mais sérios da agricultura, pois reduz a capacidade produtiva do solo, transporta sedimentos, nutrientes e agroquímicos, causando problemas na qualidade e disponibilidade da água.

Dessa forma, embasado nesse cenário, pergunta-se: **qual a magnitude do valor econômico dos efeitos internos à área de produção da soja, causados pelo processo de erosão do solo no cerrado piauiense?**

Partindo dessa problemática, a hipótese central é de que ao diminuir as condições naturais de fertilidade, dado o impacto motivado pela erosão hídrica, o ativo ambiental solo perde qualidade, porém, esta qualidade pode ser parcialmente restabelecida pela recuperação das condições necessárias à sua manutenção, através da contabilização dos custos ambientais significativos decorrentes do processo erosivo. Assim, os valores econômicos identificados servirão para subsidiar a formulação de políticas públicas que visem não somente o controle da erosão dos solos agrícolas, mas também da qualidade ambiental dos demais recursos naturais.

Com o propósito de constatar a hipótese anunciada, esta investigação objetivou mensurar economicamente os efeitos internos à área de produção em virtude do processo de erosão do solo, a partir do custo de reposição dos nutrientes perdidos pelo solo agrícola do cerrado piauiense. Para tanto, discorreu-se sobre a forma de inserção internacional das economias periféricas via depleção dos recursos ambientais, caracterizou-se a área de estudo e analisou-se a interação da monocultura da soja com o bioma Cerrado, especialmente à problemática relativa ao solo. Ademais, descreveram-se os métodos de valoração econômica

dos recursos e serviços ambientais com a finalidade de enfatizar o método de custo de reposição como instrumento fundamental para o cálculo econômico dos danos ambientais derivados do processo erosivo no cerrado piauiense.

### 1.1 Procedimentos metodológicos

Com o objetivo de subsidiar teoricamente a valoração econômica dos efeitos internos da erosão na produção de soja no cerrado do Piauí, tornou-se imprescindível a pesquisa em livros, periódicos, trabalhos científicos e dados oriundos do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Banco Central do Brasil (BC), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Fundação Centro de Pesquisas Econômicas e Sociais (CEPRO), Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA), Secretarias Estaduais do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMAR) e da Fazenda do Estado do Piauí (SEFAZ).

Para a materialidade da valoração econômica do processo erosivo utilizou-se o Método Custo-Reposição (MCR), que se baseia na reparação de algum dano ao recurso ambiental, enquanto medida do seu benefício. A região do cerrado piauiense e a cultura da soja foram escolhidas pela relevância econômica e ambiental que possuem para o Piauí. No intuito de realizar a análise comparativa da evolução do valor econômico da erosão na região, calcularam-se os valores para as safras de 2000/2001 e 2007/2008, ou seja, da primeira e da última safras, relativamente ao período da pesquisa.

O uso do MCR com vistas identificar os custos de reposição dos nutrientes no solo agrícola no cerrado do Piauí obedeceu aos seguintes procedimentos: descrição do processo de inserção internacional das economias periféricas; análise das relações naturais entre causas e efeitos do processo de erosão agrícola provocados pela produção de soja no cerrado piauiense e a valoração econômica dos efeitos internos do processo erosivo no custo de reposição de nutrientes dos solos. Por conseguinte, as estimativas monetárias foram calculadas, segundo Marques (1998), a partir da equação:

**Custos internos =  $(Q_n \times P_n) + C_a + (P_p \times Q_p)$ , onde:**

$Q_n$ = fertilizantes carreados pela erosão (tonelada);

$P_n$  = preço dos fertilizantes (R\$);

Ca = custo de aplicação dos fertilizantes (R\$);

Pp = preço da produção agrícola (R\$);

Qp = redução da produtividade de longo prazo decorrente da erosão

Portanto, para o cálculo da equação, após o conhecimento dos valores da área plantada de soja na região sob estudo, dos índices de perda média de solo e do teor médio de nutrientes, faz-se necessário:

- i) estimar a evolução das perdas média de solo em tonelada por hectare ao ano, de acordo com o uso do solo no período sob investigação;
- ii) dimensionar as quantidades de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio+magnésio carregados pela erosão em função das perdas físicas de solo, em toneladas por hectare ao ano;
- iii) obter o equivalente em fertilizantes dos nutrientes perdidos na região em toneladas, por meio da mensuração da variável Qn;
- iv) pesquisar os preços de mercado dos fertilizantes para o período, em reais por toneladas, para o consequimento da variável Pn;
- v) calcular os custos de aplicação médio dos fertilizantes para a região, em reais, para determinar a variável Ca;

Por conseguinte, a obtenção da estimativa monetária da degradação do solo pela erosão através deste método é um valor *proxy*, que possui representatividade para auxiliar mecanismos de políticas de controle e recuperação do solo, diante da escassez de informações mais precisas para formular outras abordagens de avaliação. Nessa perspectiva, faz-se mister destacar algumas considerações sobre o MCR, juntamente com o arrastamento dos nutrientes é levado o material orgânico com as partículas físicas de solo, o que compromete sobremaneira a riqueza natural da biota do solo, porém, a mensuração dessa é extremamente difícil, e pressupõe-se que todo o nutriente perdido deva ser repostado, quando, na verdade, apenas uma parte dos macronutrientes são, mas como o solo apresenta capacidade regenerativa natural, ocorre perdas que não afetam a produtividade das plantas, daí reputar-se a eficiência da reposição dos nutrientes pelos equivalentes em fertilizantes, mesmo admitindo que os mesmos apresentam impurezas. Tal pressuposição implica em atribuir valor zero para a variável Qp e Pp, portanto, tornando-as nulas para efeito de cálculo.

Para Constanza (1994), pode-se adotar um enfoque simplificador para quantificar as externalidades ambientais negativas de acordo com a importância que o bem exaurido ou

deteriorado tem para o agrossistema. Neste caso, o custo da erosão seria dado pelo valor dos nutrientes contidos no solo que foi perdido, ou em casos mais graves, onde a área torna-se inapta para a agricultura, o custo é obtido pelo preço de mercado da área de terra afetada. Entretanto, este tipo de abordagem não mede os danos sobre todos os bens e serviços ambientais, como perdas da biodiversidade e outros efeitos decorrentes do processo erosivo que afetam diversas partes do ecossistema, como a qualidade dos recursos hídricos.

Sendo assim, para calcular o valor econômico dos efeitos do processo de erosão/sedimentação é necessária uma compreensão prévia dos impactos ambientais causados pelo agente degradador, uma vez que a erosão dos solos encerra efeitos internos e externos. Os internos, em virtude de estarem associados com a perda da eficiência da produção agrícola, devem ser absorvidos pelos próprios produtores rurais, os quais acrescem aos custos de produção da mercadoria no médio e longo prazos. Já os efeitos externos deverão ser apreendidos por agentes econômicos que sofrem fundamentalmente com o processo de assoreamento dos recursos hídricos, cujos custos não estão incluídos nos custos privados do produtor/degradador. Desse modo, a valoração econômica em ambientes complexos requer que os demais aspectos da realidade devam ser objetos de contínua investigação, no sentido de considerar as questões relacionadas aos impactos da erosão sobre a fauna, flora, áreas de recreação, lazer, turismo e outros segmentos naturais ou construídos pelo homem.

Por conseguinte, em função do reconhecimento da ampla abrangência de ambos os efeitos, optou-se por delimitar como objeto de estudo da dissertação apenas o efeito interno da erosão do solo no cerrado piauiense, haja vista a inviabilidade de realizar um estudo completo, já que exigiria uma equipe multidisciplinar, recursos e tempo incompatíveis com as diretrizes do Programa de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí.

## 1.2 Estruturação da dissertação

Para a consecução dos objetivos do estudo estruturou-se a dissertação em cinco capítulos e a conclusão. Na introdução (capítulo 1), justificou-se a temática, demonstraram-se o procedimento metodológico, o problema de pesquisa e a hipótese norteadora da investigação. No segundo, abordaram-se as distintas concepções de desenvolvimento, vinculadas às principais correntes de pensamento das ciências econômicas, evidenciando o modelo de inserção internacional das economias periféricas centrado no uso intensivo dos recursos naturais. O terceiro versou sobre as diferentes concepções teóricas da problemática ambiental destacando os métodos e as técnicas de valoração ambiental. No quarto, analisou-se o processo de ocupação e uso dos cerrados brasileiro e piauiense, salientando a consolidação do agronegócio e utilizou-se o Método de Custo de Reposição para valorar economicamente os efeitos internos da erosão hídrica no cerrado piauiense. Por fim, apresentaram-se os resultados da pesquisa sintetizados na conclusão.

## **2. INSERÇÃO INTERNACIONAL DAS ECONOMIAS PERIFÉRICAS E O MEIO AMBIENTE**

Este capítulo demonstrou os mecanismos que explicam a inserção internacional das economias periféricas e as consequências ambientais decorrentes. Logo, na perspectiva de compreender as especificidades das economias subdesenvolvidas, utilizou-se da relação centro-periferia, à luz das ideias da Comissão Econômica para América Latina e Caribe (CEPAL). Para tanto, o capítulo foi distribuído em quatro itens. O primeiro expôs o diálogo analítico entre distintos autores sobre os conceitos de desenvolvimento. O segundo tratou das teorias de comércio internacional. O terceiro abordou a dinâmica interna das economias periféricas e, o quarto versou a respeito da análise centro-periferia e os consequentes impactos sobre o meio ambiente.

### **2.1 Desenvolvimento e os economistas**

Em conformidade com Sousa (2005), identificam-se no pensamento econômico duas concepções de desenvolvimento, não homogêneas teórica e metodologicamente entre os autores que as conceberam. A primeira, englobando economistas de tradição neoclássica e pós-keynesiana, compreende o desenvolvimento enquanto crescimento econômico e industrialização, no sentido de que um país é subdesenvolvido à medida que apresenta crescimento econômico inferior aos desenvolvidos e cresce menos do que seria possível, mediante montante de mão de obra e recursos naturais disponíveis. Esta configuração expressa que uma nação é subdesenvolvida, porque subutiliza os recursos de que dispõe gerando, dessa forma, ociosidade.

A segunda concepção, integrada pelos economistas marxistas e cepalinos, não reconhece desenvolvimento como crescimento, em função deste último não beneficiar a economia e a população como um todo, tendo em vista grande parte do excedente econômico nas economias periféricas ser transferido para o exterior e uma pequena parcela ser apropriada pelas elites locais. Nessa abordagem, desenvolvimento envolve mudanças quantitativas e qualitativas na estrutura produtiva, na produtividade do trabalho, nas instituições e no modo de vida das pessoas, de modo a converter-se em melhoria da qualidade de vida para todos os agentes econômicos.

Altvater (1995, p. 28) critica os economistas que percebem como sinônimos o crescimento econômico e industrialização ao reputar que,

(...) a industrialização é um luxo exclusivo de parcelas da população mundial, mas não para ampla maioria dos 6,25 bilhões de habitantes na virada do milênio. É simplesmente impossível dar continuidade às estratégias de desenvolvimento e industrialização de décadas passadas. É uma ilusão, uma desonestidade, alimentar e difundir a ideia de que todo o mundo poderia atingir um nível industrial da Europa Ocidental da América do Norte e do Japão.

Assim, ainda para Altvater (1995, p. 21), o fato de países altamente desenvolvidos como Estados Unidos da América, Japão e Alemanha estarem desindustrializando-se<sup>1</sup> torna a industrialização, “enquanto encarnação de modernização e de progresso”, uma definição inadequada.

Arrighi (1997, p. 35), também ao analisar esta conformação, discorda da identificação entre industrialização e desenvolvimento, ao ressaltar que “é preciso abandonar o postulado de que industrialização é o equivalente de desenvolvimento”.

Desta forma, reconhece que esta concepção focada na industrialização como condição inexorável para o desenvolvimento é inapropriada, haja vista que no século XX vários países cresceram de maneira acelerada e industrializaram-se, como o Brasil, porém, os problemas sociais, como a precariedade na oferta de serviços públicos e a concentrada distribuição da renda permaneceram. Tal contexto foi ratificado pelos dados da IBGE (2006) os quais demonstraram a existência no Brasil de 21,7 milhões de pessoas em condições de extrema pobreza, ou seja, indivíduos que sobreviviam com renda domiciliar *per capita* inferior a ¼ de salário mínimo.

Destarte, em consonância com Palma (2005), o processo de desindustrialização em vigência nos países desenvolvidos expõe a perda de importância relativa do setor industrial, alusivamente ao número de empregos. Esse panorama decorreu da mobilidade de plantas industriais dos países centrais para os periféricos com mão de obra barata, com recursos naturais abundantes e regulamentações mais brandas em relação ao meio ambiente, redundando no fenômeno denominado de mundialização do capitalismo. Não obstante este cenário, os países desenvolvidos continuaram industrializados e concentrando a produção de bens intensivos em capital e tecnologia.

---

<sup>1</sup> Rowthorn e Wells (1987) definem desindustrialização como um fenômeno caracterizado principalmente pela retração relativamente expressiva do emprego no setor manufatureiro *vis-à-vis* os demais setores, notadamente o de serviços.

Ademais, Furtado (1986) destaca a existência de economias subdesenvolvidas de graus inferiores e superiores<sup>2</sup>. Estas se caracterizam pela presença de um núcleo industrial, o que revela a capacidade de industrializarem-se. Contudo, tal industrialização encontra-se sujeita às suas próprias leis históricas, e não em seguir automaticamente a trajetória antes percorrida pelos países desenvolvidos. Logo, industrialização e crescimento não consistem em premissa de desenvolvimento, uma vez que não existe uma relação inequívoca entre essas duas variáveis. Todavia, salienta-se que industrialização é condição necessária, mas não suficiente para que um determinado país seja ou não desenvolvido.

Outrossim, Furtado (1972, p. 89) analisa criticamente o pensamento ortodoxo sobre desenvolvimento, ao enfatizar que é impossível a implementação desse modelo de desenvolvimento característico das sociedades industrializadas no conjunto das nações, pelo fato de não haver capacidade de suporte do meio ambiente para reproduzir o padrão de consumo dos países ricos, o que significa que esta visão de desenvolvimento, amplamente difundida como exemplo a ser seguido, trata-se de um mito. Nesse sentido, o referido autor assinala que,

(...) o custo, em termos de depredação do mundo físico, desse estilo de vida é de tal forma elevado que toda tentativa de generalizá-lo levaria inexoravelmente ao colapso de toda uma civilização, pondo em risco a sobrevivência da espécie humana. Temos, assim, a prova cabal de que o desenvolvimento econômico – a ideia de que os povos pobres podem algum dia desfrutar das formas de vida dos atuais povos ricos – é simplesmente irrealizável. Sabemos agora de forma irrefutável que as economias da periferia nunca serão desenvolvidas, no sentido de similares às economias que formam o atual centro do sistema capitalista [...] Cabe, portanto, afirmar que a ideia de desenvolvimento é um simples mito.

Sen (2000, p.17-18) aprofunda essa assertiva ao conceber desenvolvimento a partir de uma perspectiva qualitativa, como um processo de expansão da liberdade desfrutada pelos membros de uma sociedade, o qual proporciona que os indivíduos tenham a possibilidade de ter acesso aos meios e aos recursos que lhes propiciem condições reais de exercerem seus direitos e sua liberdade, isto é,

---

<sup>2</sup> Segundo Furtado (1986), o próprio subdesenvolvimento é heterogêneo do ponto de vista estrutural, pois as economias subdesenvolvidas que não experimentaram a implementação do setor industrial são consideradas economias de grau inferior, apresentando-se sob várias formas e estágios. Porém, as características específicas, como o controle por grupos nacionais da produção exportável, a abundância de recursos naturais e as dimensões relativamente amplas dos mercados internos em formação, possibilitaram a instalação de um núcleo industrial diversificado em algumas economias, que apesar de ainda serem consideradas subdesenvolvidas, são de grau superior.



(...) desenvolvimento pode ser visto como um processo de expansão das liberdades reais que as pessoas desfrutam. O enfoque nas liberdades humanas contrasta com visões mais restritas de desenvolvimento, como as que identificam desenvolvimento com crescimento do Produto Nacional Bruto (PNB), aumento de rendas pessoais, industrialização, avanço tecnológico ou modernização social [...] O desenvolvimento requer que se removam as principais fontes de privação de liberdade: pobreza e tirania, carência de oportunidades econômicas e destituição social sistêmica, negligência dos serviços públicos e intolerância ou interferência excessiva de Estados repressivos.

Sendo assim, ressalta-se que para alcançar tais objetivos faz-se indispensável o incremento da economia de mercado, calcada na livre iniciativa, sem, contudo, descartar a intervenção estatal na economia como instrumento suplementar a iniciativa privada.

Nessa perspectiva, reconhece-se a relevância dessa abordagem, haja vista que industrialização, crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) e incremento da renda, não significam necessariamente melhora das condições de vida da população de um país, pois desenvolvimento, na realidade, é fruto da evolução de um conjunto de variáveis econômicas (PIB, renda *per capita* etc.), sociais (educação e saúde, mortalidade infantil, expectativa de vida etc.), políticas (direitos humanos, participação política) e ambientais.

De acordo com Furtado (1986, p. 142), a face oposta do desenvolvimento, o subdesenvolvimento, surgiu a partir do século XVIII, decorrente da expansão espacial das economias europeias industrializadas, em direção as regiões com "sistemas econômicos seculares, de vários tipos, mas todos de natureza pré-capitalista". O contato destes sistemas com as vigorosas economias capitalistas e industrializadas produziu "estruturas híbridas, uma parte das quais tendia a comportar-se como um sistema capitalista, e outra, a manter-se dentro da estrutura pré-existente", configurando-se como uma economia dualista caracterizada como "o fenômeno do subdesenvolvimento contemporâneo", enquanto "um processo histórico autônomo, e não como uma etapa pela qual tenham, necessariamente, passado as economias que já alcançaram um grau superior de desenvolvimento".

Por isso, desenvolvimento e subdesenvolvimento somente podem ser entendidos sob uma perspectiva histórica. Diante disso, os modelos excessivamente genéricos e abstratos não conseguem responder às especificidades históricas de cada país ou região na medida em que os englobam em um todo homogêneo, como se realidades sociais, econômicas e políticas diversas pudessem ser reduzidas a um punhado de variáveis abstratas. Destarte, os países subdesenvolvidos, não poderiam constituir uma unidade de análise consistente e as políticas

econômicas voltadas para desenvolvê-los não poderiam ser necessariamente as mesmas, como comumente apregoam as instituições mantenedoras do Sistema Financeiro Internacional (SFI), como o Banco Mundial e o Fundo Monetário Internacional (FMI).

Dessa forma, constata-se que a dificuldade de implementar esses modelos reside, sobretudo, no fato dos mesmos serem demasiadamente abstratos. Neste caso, a apreensão das condições históricas específicas de cada país é essencial para explicar a situação de subdesenvolvimento.

A importância desta abordagem patenteia-se em que o desenvolvimento na concepção neoclássica ortodoxa, assenta-se na melhor alternativa para conduzir celeremente o crescimento econômico, embasado no incremento dos investimentos e das formas de financiá-los, reduzindo o conceito de desenvolvimento à análise dos indicadores quantitativos, como o Produto Nacional Bruto (PNB), a renda *per capita*, entre outros, sem considerar as análises das condições históricas específicas que obstam o crescimento e condicionam os investimentos a partir da realidade concreta de cada país subdesenvolvido e de sua inserção na economia mundial.

Para romper com a visão hegemônica ortodoxa, surgiu em 1948 no âmbito da Organização das Nações Unidas (ONU) a CEPAL, contrariando a ideia generalizada, segundo a qual todos os países passariam invariavelmente pelas mesmas formas ou estágios de desenvolvimento e a diferença entre os mesmos, nesse aspecto, seria apenas de grau e ritmo de desenvolvimento. Nesse sentido, a CEPAL propôs que a periferia somente poderia desenvolver-se a partir da análise de sua realidade, alicerçada nos mecanismos de acumulação de capital. Os principais representantes dessa concepção de pensamento econômico para o contexto latino americano são: Celso Furtado, Raul Prebisch e Caio Prado Júnior, os quais difundiram as teses a respeito das causas, condições e obstáculos ao desenvolvimento dos países subdesenvolvidos.

## 2.2 Inserção internacional das economias periféricas

Ressalta-se como premissa relevante para a análise das formulações cepalinas as concepções prevalecentes sobre o comércio internacional e seu papel para o crescimento das economias. Para tanto, partiu-se da lei das vantagens absolutas concebida por Smith (1996), a qual explicita que uma economia somente mantém transações espontâneas com outra, caso perceba ganho derivado desse intercâmbio. Assim, o comércio internacional se justificará apenas quando for mais vantajoso adquirir bens produzidos em outra economia.

Tendo como base esta visão, Ricardo (1996), nobre economista inglês, elaborou a lei das vantagens comparativas ao sentenciar que o comércio internacional conduzirá à especialização da produção dos países de acordo com os custos relativamente menores da mão-de-obra e, mas, que esse processo gerará ganhos para todos os países envolvidos. A explicação da teoria centra-se na produção de apenas dois produtos, vinho e tecidos, produzidos em Portugal e Inglaterra, respectivamente, e na utilização do custo de oportunidade, que se expressa através do custo de se produzir tecido na Inglaterra consistir no montante de litros de vinho que poderiam ter sido produzidos com os recursos monetários usados na produção de uma determinada quantidade de metros de tecido.

Nesse sentido, supõe que se a Inglaterra produzir cem mil litros de vinho, os recursos usados para a produção de vinho teriam a possibilidade de alternativamente serem deslocados para a produção de quinhentos mil metros de tecido, dessa forma o custo de oportunidade de se produzir cem mil litros de vinho corresponderia a quinhentos mil metros de tecido, no entanto, esses cem mil litros de vinho poderiam ter sido produzidos em Portugal, haja vista o custo de oportunidade do vinho, em termos de tecido, ser menor do que na Inglaterra, em decorrência dos portugueses serem mais eficientes na produção de vinhos, possuírem clima e solo mais adequados e, principalmente, em função dos trabalhadores portugueses terem menor produtividade na produção têxtil do que os ingleses, demonstrando que um montante de recursos gastos na produção de tecido rende menos em Portugal do que na Inglaterra.

Essa diferença, em custo de oportunidade, proporcionava benefício mútuo na reorganização da produção mundial, uma vez que os ingleses deixariam de produzir vinho e dedicariam seus recursos para a produção de tecidos e os portugueses abandonariam a

produção de tecido e deslocariam seus recursos para a produção de vinho, denotando que o comércio internacional permite a cada país especializar-se na produção da mercadoria na qual apresenta vantagens comparativas. De acordo com esse raciocínio, reconheceu que um país tem vantagens comparativas na produção de uma determinada mercadoria se o custo de oportunidade da produção da referida mercadoria, em termos de outras mercadorias, for menor que em outros países.

Por conseguinte, a lógica das vantagens comparativas nas transações internacionais funda-se em que o comércio entre dois países pode beneficiar a ambos, caso cada um produza os bens nos quais possui vantagens comparativas. Essa abordagem, na qual o comércio internacional consiste estritamente no resultado das diferenças internacionais na produtividade do trabalho, é conhecida também como modelo Ricardiano.

Os economistas neoclássicos criticaram a teoria de Ricardo, ao explicitarem que os custos comparativos não se limitariam ao fator de produção trabalho. Assim a formulação precisava incluir os custos do capital e da terra. O adendo da teoria neoclássica ao modelo Ricardiano das vantagens comparativas, subsidiou a elaboração de outras teorias de comércio internacional.

No começo do século XX, dois economistas suecos de tradição neoclássica, Heckscher (1919) e Ohlin (1933), desenvolveram uma teoria de comércio internacional que salienta as diferenças internacionais entre dotações de fatores produtivos. Segundo Baumann (2004), este arcabouço teórico configura-se na versão mais completa da teoria neoclássica sobre o comércio internacional em função de explicar a composição do padrão do comércio e analisar o efeito sobre a remuneração dos fatores de produção, enfatizando as diferenças na dotação ou estoque como o principal determinante das vantagens comparativas, ou seja, na essência, o modelo ressalta que cada país terá vantagens comparativas no produto cujo processo emprega de forma intensiva o fator de produção mais abundante.

Em contraponto a essa percepção, Prebisch (1968) compreendia a América Latina inserida em um sistema de relações econômico internacionais e hierarquicamente inferior aos países industrializados, manifestando que estes conformavam a centralidade do sistema e os países da América Latina consubstanciavam-se na dependente periferia, opondo-se, dessa maneira, ao *mainstream* que aceitava incondicionalmente a teoria das vantagens comparativas e a consequente divisão internacional do trabalho. Destaca, outrossim, por meio de evidências empíricas, diferenças de elasticidade de demanda<sup>3</sup> entre bens manufaturados e *commodities*

---

<sup>3</sup> Segundo Sandroni (1995), elasticidade da demanda é uma medida de sensibilidade que relaciona, em termos percentuais, a alteração no preço de um bem e os efeitos dessa alteração em sua quantidade demandada. Os bens

ambos para exportação, redundando na tendência à deterioração dos termos de troca dos produtos primários. Esta conformação, ao longo do tempo, tornou imperativa aos países periféricos exportar maior quantidade de produtos primários para gerar as condições que possibilitassem importar a mesma quantidade de produtos industrializados. Tal contexto estabelece um processo que realimenta a lógica do sistema embasado num ciclo vicioso, resultando na progressiva dependência da periferia, o que a impedia de gerar as condições endógenas de reversão dessa situação.

Este panorama revelou uma dinâmica que favorecia os países do centro, garantindo-lhes a manutenção de seus interesses como produtor de mercadorias intensivas em capital e tecnologia, enquanto que a inserção da periferia ocorria de maneira residual, como fornecedora de matérias-primas, produtos semi-elaborados, devido à abundância de recursos naturais. Logo, as relações econômicas centro-periferia tenderam a reproduzir as condições de subdesenvolvimento, na medida em que aumentou o fosso entre países industrializados e não industrializados, em virtude da não uniformização dos ganhos de produtividade.

Para Cardoso (1995), esta configuração expôs que os países desenvolvidos apropriaram-se de grande parcela dos frutos do progresso técnico, decorrente, por um lado, da taxa de crescimento da produtividade manufatureira ser mais elevada que a da produtividade de bens agrícolas e, por outro lado, do referido incremento incorporar menor valor a cada unidade produzida, o qual deverá ser repassado aos preços finais dos produtos industriais, reduzindo-os. Entretanto, como em geral, nos países industrializados encontra-se movimento sindical com capacidade de lutar pela manutenção do nível salarial, e os grandes oligopólios industriais organizados para defender a taxa de lucro, os preços e as mercadorias não declinarão proporcionalmente ao aumento, em função da correlação de força político-organizacional dos empresários e dos operários bloquearem o funcionamento do mercado e, ao mesmo tempo, produzirem no comércio internacional, o que Prebisch chamou de deterioração dos termos de troca. Esta concepção que consiste na segunda centralidade da teoria cepalina decorreu da abordagem anterior alicerçada na inexistência de vantagens universais do progresso técnico, via transferência para a periferia, pois os preços dos produtos primários tendem a declinar em relação ao preço dos produtos industrializados.

---

produzidos pela periferia de uma maneira geral possuíam baixa elasticidade de demanda, ou seja, uma diminuição (aumento) no preço do bem provocará um aumento (queda) menos que proporcional da quantidade demandada. Os bens produzidos pelo centro, intensivos em tecnologia e capital, possuíam alta elasticidade da demanda, isto é, uma diminuição (aumento) do preço do bem provocará um aumento (queda) mais que proporcional na quantidade demandada. Essa realidade estabelece um limite muito claro para a expansão das exportações da periferia.

Essa perversa dinâmica de crescimento baseada na dependência do comércio internacional e na concentração do desenvolvimento tecnológico e de seus frutos no setor exportador, reforçou a estrutura social desigual, na qual uma parcela considerável da população é excluída. Além disso, enquanto as atividades destinadas ao mercado interno não se beneficiarem integralmente do progresso tecnológico, permanecendo com a produtividade do trabalho aquém do esperado, o resultado econômico e tecnológico do desenvolvimento da periferia continuará concentrada em uma pequena elite dos setores exportadores, como explicita Furtado (1986, p.181),

A formação de um grupo social (cuja importância relativa varia, mas que raramente passa de um décimo da população), com padrões de consumo similares aos dos países em que ocorria a revolução tecnológica, definiu-se como elemento determinante da forma do desenvolvimento 'periférico', ou seja, apoiado no sistema de divisão internacional de trabalho.

Portanto, a relevância da concepção cepalina na evidenciação das consequências negativas da tendência a deterioração dos termos de troca dos produtos primários para a economia periférica, centrou-se na capacidade menos que proporcional, em relação aos países desenvolvidos, para a reprodução ampliada do capital. Esta conformação revelou a necessidade de instituição de políticas públicas, ao mesmo tempo, específicas e abrangentes na intenção de promover a acumulação de capital e o desenvolvimento nos países subdesenvolvidos.

### **2.3 Dinâmica interna das economias periféricas**

A industrialização implementada por meio de incentivos para a construção da infraestrutura e para elevar a taxa interna de acumulação de capital, consistia na solução para reverter esse quadro de desigualdade, não obstante os economistas ortodoxos defenderem que a industrialização deveria ser espontânea e não conduzida pelo Estado. Nessa perspectiva, Prebisch (1968) propunha a industrialização via substituição de importações com a finalidade de contrabalançar a tendência à deterioração dos termos de troca e a baixa elasticidade de demanda dos bens primários, além de absorver o grande contingente de mão-de-obra de baixa produtividade e os expurgados pelo progresso tecnológico nos setores exportadores e na agricultura destinados ao mercado interno. Esta configuração objetivava possibilitar

mudanças nas estruturas produtivas pela maior elasticidade da demanda dos bens manufaturados, evitando alocação adicional dos recursos produtivos na produção de *commodities*.

Ainda no início dos anos 1940, muitos países da América Latina já haviam adotado políticas de industrialização com ênfase no setor de bens de consumo não duráveis, pois envolviam tecnologia simples, pouca exigência de capital e de escala direcionada para o mercado interno através do processo de substituição de importações. Entretanto, essa primeira fase ao mostrar sinais de fadiga, requereu a instalação de etapas mais complexas de industrialização, embasadas na importação de bens intermediários e de capital que as economias periféricas eram incapazes de produzir.

Para Bielschowsky (2000), esse cenário salientou que, se por um lado, o processo substitutivo aliviava as importações, por outro lado, impunha novas exigências, em função da recém criada estrutura produtiva que incrementava a renda. Dessa forma, tais condições renovavam recorrentemente o problema da insuficiência de divisas, posto que o modelo substitutivo, na realidade, apenas alterava a composição das importações.

Segundo Tavares (1971), a substituição de importações, enquanto processo dinâmico, assentou-se em três premissas básicas: que a tendência ao desequilíbrio externo era inerente à industrialização periférica; que a industrialização latino-americana consistia num modelo substitutivo gerado por déficits externos que, contraditoriamente, tinham o papel de estimular o referido processo e serviam de barreira a sua continuidade; e, que o processo promovia uma mudança na composição das importações, sem reduzir seu volume. Logo, a intensificação desse processo para atingir a etapa de investimento na indústria pesada requeria a combinação da diversificação na estrutura produtiva das economias periféricas, do tamanho do mercado interno e da capacidade para importar, pois os países subdesenvolvidos tinham como principal obstáculo interno a exclusão da maioria da população do mercado de consumo industrial, devido ao insuficiente crescimento da renda rural.

Diante disso, salienta-se que o pensamento cepalino para a industrialização contemplava a base exportadora de produtos primários, tendo em vista não permitir que a industrialização se defrontasse com problemas de desequilíbrio externo. Nesse sentido, Prebisch (1968) destaca que o desenvolvimento da indústria não era incompatível com o desenvolvimento eficaz da produção primária, na medida em que as importações necessárias de bens de capital eram adquiridas através da exportação de produtos primários. Destarte, quanto mais a América Latina exportasse, mais intenso seria o ritmo do desenvolvimento econômico.

Por isso, uma vez que a industrialização da periferia ocorreu tardiamente e em período de crise nas economias centrais (em virtude da Segunda Guerra Mundial), acentuou a tendência da busca do crescimento à imagem e semelhança dos países desenvolvidos. Assim, de acordo com Prebisch (1968), ocorreu a adoção de tecnologias, ideias, estilos de vida, ideologias e reprodução das instituições das nações centrais na estrutura social da periferia, as quais não acompanharam a evolução daqueles, revelando contradições e mutações significativas. Dessa forma, a semelhança da estrutura de demanda entre centro e periferia relaciona-se ao conceito de excedente, pois expressa os ganhos de produtividade, advindos do progresso tecnológico, que não são distribuídos equitativamente entre todos, ao contrário, são apropriados pela classe mais abastada da população, a qual também é detentora dos meios de produção.

Nessa perspectiva, o excedente desempenha papel fundamental na dinâmica do sistema capitalista, haja vista integrar a acumulação de capital que gera investimentos, produção e emprego, proporcionando a elevação da produtividade e estimulando a reprodução dos padrões de consumo sofisticado dos países centrais. Por isso, essa conformação de consumo manifestada pela diversificação prematura da demanda, sucedeu em detrimento da acumulação de capital nacional, pois despertou a instalação das empresas multinacionais.

Este contexto, ao mesmo tempo em que demonstrou o caráter limitado do modelo de substituição de importações de bens de consumo não duráveis para o mercado interno, na medida em que não solucionava o problema da restrição externa enfrentada pelos países periféricos, já que os mesmos continuaram exportando *commodities* e importando bens intermediários e de capital para alimentar a expansão e a produção industrial, explicitou a tendência à deterioração dos termos de troca dos bens exportados e a elevação do preço dos bens importados. Em decorrência dessas circunstâncias, países como o Brasil e a Argentina buscaram completar o processo de industrialização por meio da implantação de indústrias de bens intermediários, bens duráveis de consumo e bens de capital.

Como corolário desse processo, destaca-se que o crescimento econômico acentuou ainda mais as disparidades de renda e riqueza entre as classes sociais na América Latina, uma vez que os mais abastados da sociedade prosperaram em detrimento da maioria da população. Como também, a simples transferência de tecnologia não gerou conhecimento e capacitação para o desenvolvimento tecnológico posterior e autônomo. Por conseguinte, este panorama deixou claro a diferença conceitual entre crescimento econômico e desenvolvimento, haja vista que para a sua efetividade faz-se mister mudanças estruturais que transcendem o crescimento, como a inclusão das condições sociais e ambientais.



## 2.4 Análise ambiental no esquema centro-periferia

Antes da década de 1970, o debate no mundo sobre as questões ambientais reduzia-se aos pequenos grupos de ecólogos, pois o pensamento econômico ignorava as inter-relações entre o sistema econômico e o meio ambiente, na medida em que os arcabouços teóricos sofisticados eram desenvolvidos para materializar modelos econômicos complexos que traziam implicitamente nas premissas a infinitude dos recursos naturais no processo produtivo e a perfeita substituição de recursos naturais por capital. Na realidade, a concepção ortodoxa não considerava a essência do processo produtivo, ou seja, os recursos ambientais como finitos e o ambiente como o depósito dos rejeitos.

Em conformidade com Mueller (2007), apenas com o advento da explosão demográfica mundial durante o século XX, aliado ao crescimento acelerado da renda *per capita* a partir de 1950 e a crise do petróleo no início dos anos 1970, expuseram-se, notoriamente, os problemas ambientais causados pela ação antrópica resultante do padrão de desenvolvimento em vigência.

Nesse sentido, ressalta-se que as formulações de Prebisch não contemplavam a problemática ambiental, não obstante reconhecer que o referencial teórico consistia em importante instrumento para análise das questões ambientais no contexto centro-periferia. Esta constatação decorreu da inserção internacional da periferia via utilização intensiva dos recursos naturais, particularmente, não renováveis, além da queima de combustível fóssil e carvão mineral gerarem graves problemas ambientais, os quais se agravaram ao longo do tempo.

Para Young (2001), esse processo não se relacionou apenas ao aumento contínuo da disparidade de renda entre centro e periferia, mas, sobretudo, à qualidade de vida das populações, devido reconhecerem que as variáveis ambientais afetam consideravelmente o bem-estar social.

Dessa forma, salienta-se que o comércio internacional provocou consequências diferenciadas, quanto aos benefícios líquidos para as nações participantes, uma vez que se presenciou nos países periféricos, a intensificação do uso do solo, a poluição dos recursos hídricos e aplicação de insumos tóxicos ou fertilizantes químicos além dos limites ambientalmente toleráveis, com a finalidade de incrementar progressivamente a produtividade

do trabalho. Tal panorama foi resultante da tentativa dos países desenvolvidos blindarem os produtores nacionais, haja vista o uso histórico de subsídios protecionistas e de restrições ao comércio para estimular o incremento da produção.

Porém, tais práticas protecionistas promovem efeitos adversos na periferia, na medida em que segundo May (2003), as barreiras ao comércio imputam custos sociais a estes países que podem resultar em degradação ambiental e na supressão de receitas. E, por sua vez, a receita não realizada, implica em incapacidade de investir em tecnologias adequadas aos produtores. Ademais, em oposição aos preços garantidos do centro, os países periféricos, em geral, aplicam políticas que impõem uma espécie de “taxação” à agricultura, na tentativa de reduzir o custo de vida do consumidor urbano e, simultaneamente, cria subsídios à produção de *commodities* com tecnologia moderna destinada à exportação com condições de competir nos mercados internacionais, graças aos baixos salários e legislações ambientais permissivas. Todavia, esse contexto de rebaixamento de preços dos alimentos aliado aos subsídios à exportação de *commodities* envolvem custos ambientais ocultos, uma vez que a taxaço implícita incentiva os produtores a superexplorar o solo para potencializar os rendimentos, enquanto os estímulos à utilização de insumos geram custos externos decorrentes do uso de agrotóxicos e fertilizantes, por exemplo.

Logo, reconhece-se que um dos fatores indutores da degradação ambiental nos países periféricos, foi o endurecimento das políticas ambientais no centro, fruto do poder organizacional da sociedade, impulsionar a transferência de indústrias com alto teor de poluição, chamadas de indústrias “suja”, para a periferia, em busca de legislações ambientais mais brandas e competitividades espúrias<sup>4</sup> embaladas pela liberalização do comércio internacional. Esta configuração, para os neoclássicos, implica na garantia do bem-estar mundial, em virtude da poluição consistir em compensação pela progressiva industrialização, inclusive para Young (2001, p.03),

(...) cabe notar que, seguindo estritamente a linha de pensamento da economia neoclássica (pilar ideológico dos que defendem os processos de liberalização

---

<sup>4</sup> Competitividade espúria, de acordo com Fajnzilber (1989), caracteriza-se, na América Latina, por um padrão de inserção internacional da indústria, marcado pela baixa produtividade com competitividade internacional garantida através de subsídios à exportação, exploração intensiva de matérias-primas, salários baixos e precárias condições de trabalho.

sem controles), a “migração” de indústrias sujas dos países desenvolvidos para os em desenvolvimento levaria a um aumento do bem-estar mundial, pois os primeiros aceitariam perdas econômicas para obter um meio ambiente mais saudável (seguindo a ideia de que qualidade ambiental é um bem “de luxo”, e não uma necessidade básica das populações carentes) enquanto que os países em desenvolvimento teriam um aumento líquido de bem-estar (“utilidade”), pois dariam maior importância ao crescimento econômico do que às perdas causadas pela poluição crescente originada dessas atividades.

Diante disso, destaca-se que os neoclássicos consideram a qualidade ambiental como uma mercadoria qualquer, passível de ser avaliada por uma análise custo-benefício míope, restando, assim, à periferia, à condição de produzir, exportar *commodities* primárias e industriais de baixo valor agregado e conviver com elevados níveis de poluição industrial, derivados dos processos e métodos de produção adotados.

Para Young & Lustosa (2003), essa situação ao invés de melhorar o bem estar das populações dos países periféricos, revelou uma dupla exclusão, primeiramente, ao propiciar a distribuição desigual do fruto do progresso, na qual as camadas mais abastadas apropriam-se de maiores parcelas da renda e da riqueza gerada e beneficiam-se de um elevado padrão de consumo, porém, intensivo em emissões. E, segundo, por atingir frontalmente as classes empobrecidas com as externalidades negativas, em função de estas residirem em áreas poluídas, devido serem mais desvalorizadas.

Nesse sentido, Mueller (2007, p.55) retrata realisticamente o cotidiano de vida das aglomerações de baixa renda ao expor que,

(...) grandes quantidades de pobres, amontoados em moradias inadequadas, situadas geralmente em terrenos ilegais ou semi-ilegais, tais como áreas de encostas, áreas sujeitas a enchentes ou localidades que apresentam altos índices de poluição. Muitas vezes é apenas em tais lugares que os mais pobres têm condições de erguer ou alugar suas moradias; essa população pode se alojar em tais lugares exatamente porque os mesmos não possuem estrutura sanitária e outros serviços básicos e porque apresentam altos riscos de saúde e de segurança, que os tornam indesejáveis para os segmentos mais prósperos da população urbana. Nesses assentamentos, os domicílios são geralmente precários, pequenos, e neles moram muitas pessoas; além disso, não apresentam isolamento contra ruídos e variações de temperatura, são vulneráveis à sujeira, aos ratos e insetos e têm acesso limitado a serviços básicos. Muitas vezes a água utilizada pelos moradores é de baixa qualidade e de difícil acesso, a coleta do lixo ocorre raramente e o esgotamento sanitário é deficiente [...] Por último, os habitantes das aglomerações de baixa renda localizados próximos a rodovias movimentadas e a zonas industriais também enfrentam níveis especialmente elevados de poluição atmosférica.

Para o autor, esse processo de exclusão, evidente nesta conformação social, econômica e ambiental, é denominado de *apartheid* ambiental, fazendo alusão ao sistema político de segregação entre negros e brancos que perdurou na África do Sul até os anos de 1990.

Já para May (2003), a problemática ambiental da interface centro-periferia decorreu das repercussões da dramática abertura econômica que abrangeu praticamente toda a América Latina, implementada inicialmente como resposta à crise da dívida externa. Este cenário de severo racionamento de capital, nos anos 1980, incentivou os países latino-americanos a concentrarem a atividade econômica na produção de mercadorias para exportação, com a finalidade de gerar divisas para enfrentar as obrigações de pagamento da dívida externa. A partir da década de 1990, aliado a continuidade dessa tendência, ocorreu o relaxamento da proteção comercial doméstica, visando reduzir os custos dos consumidores e estimular as empresas nacionais para aprimorarem a eficiência técnica a fim de se confrontarem com a concorrência internacional. Este contexto provocou como consequência, a ampliação da dependência das exportações como fonte de renda, derivado do uso generalizado dos recursos naturais.

No Brasil, a análise da pauta de exportação dos anos de 1990 expressou a ineficiente capacidade de competir em setores dinâmicos com utilização de moderna tecnologia, haja vista as honrosas exceções situarem-se nos ramos de siderurgia e de transporte aéreo. Para compensar, os governantes brasileiros reafirmaram a postura do país de exportador de *commodities* agrícolas e produtos intensivos em trabalho e recursos naturais. Em conformidade com IBGE (2008), embasado no cálculo do coeficiente de exportação<sup>5</sup> dos setores industriais, 30% das atividades econômicas categorizadas como de Alta Intensidade Exportadora estavam diretamente relacionadas à exploração do meio ambiente.

De acordo com a Fundação Centros de Estudos de Comércio Exterior - FUNCEX - (2007), o saldo comercial no balanço de pagamentos foi de US\$ 40,0 bilhões neste ano. Tal montante deveu-se, prioritariamente, ao incremento de 26,2% no valor das exportações dos bens básicos, seguido de acréscimo no *quantum* das exportações de 11,6% acumulados entre os meses de janeiro a novembro. Esta configuração expôs valores superiores ao dos bens semimanufaturados, na medida em que este apresentou 13% de aumento no valor das exportações e apenas 2% no *quantum*. Enquanto, os bens manufaturados explicitaram um

---

<sup>5</sup> De acordo com as notas metodológicas do IBGE (2008), o coeficiente de exportação é a relação entre o valor das exportações e as receitas das empresas industriais.

desempenho decepcionante com incremento de somente 13% no valor das exportações, e de 4,9% no *quantum*.

No intuito de ratificar a posição estratégica das mercadorias de baixo valor agregado nas exportações do país, demonstra-se, na Tabela 1, a evolução das exportações do setor industrial brasileiro por intensidade tecnológica nos anos de 2005, 2006 e 2007.

Tabela 1 - Exportação brasileira dos setores industriais por intensidade tecnológica de 2005, 2006 e 2007 – US\$ milhões FOB<sup>6</sup>.

Setores	2005		2006		2007	
	Valor	Part. %	Valor	Part. %	Valor	Part. %
Total	118.308	100,0	137.470	100,0	160.649	100,0
Produtos industriais	94.016	79,5	107.320	66,8	121.908	75,9
Indústria de alta e média-alta tecnologia (I+II)	37.669	31,8	41.768	26,0	46.760	29,1
Indústria de alta tecnologia (I)	8.757	7,4	9.364	5,8	10.241	6,4
Indústria de média-alta tecnologia (II)	28.912	24,4	32.403	20,2	36.519	22,7
Indústria de média-baixa e baixa tecnologia (III + IV)	56.347	47,6	65.552	40,8	75.148	46,8
Indústria de média-baixa tecnologia (III)	22.741	19,2	27.252	17,0	31.599	19,7
Indústria de baixa tecnologia (IV)	33.606	28,4	38.300	23,8	43.549	27,1
Produtos não industriais	24.292	20,5	30.150	18,8	38.741	24,1

Fonte: MDIC/FUNCEX (2007).

Por meio da referida Tabela, identificou-se que sem embargo a participação média para o período sob análise, para os produtos industriais ter sido 74,1% do valor total das exportações e a dos produtos não industriais ter sido de 21,1%, constatou-se a predominância das indústrias que utilizaram média baixa e baixa tecnologia nos processos produtivos, evidenciando que as exportações continuaram pautando-se nos produtos que usaram maciçamente recursos naturais. Esta histórica performance econômica revelou-se, de forma

<sup>6</sup> Expressão em inglês relativa ao comércio internacional que significa Free on Board (FOB), cuja tradução literal é livre a bordo. Trata-se de uma modalidade de exportação na qual o preço do produto exportado não inclui as despesas do frete, isto é, a partir do embarque, a mercadoria está às expensas do importador.

contundente, através da análise dos dados de 2007, neste ano a participação dos produtos industriais foi de 75,9% do valor total das exportações, entretanto, apenas 6,4% desse valor tinham origem de produtos de indústrias de alta tecnologia, na medida em que a maior representatividade centrou-se nas indústrias de média baixa e baixa tecnologia com 46,8% de participação no total das exportações. Salienta-se, outrossim, que os produtos não industriais participaram com 24,1%, significando que 70,9% do valor total das exportações derivaram-se de setores que incorporaram intensivamente recursos naturais e trabalho.

Este panorama manifestou a associação da atual estrutura produtiva do país com a histórica formação econômica desde o Brasil Colônia, não obstante considerar as diferenças que permeiam as estruturas de produção. Nessa perspectiva, ressalta-se que esta configuração foi decorrente da progressiva especialização da produção não privilegiar os setores dinâmicos relativamente ao comércio internacional. Mas, ao contrário, no Brasil, a dinamização do comércio embasou-se em produtos com rentabilidade decrescente ao longo do tempo, os quais concorreram para a dilapidação das riquezas naturais em um sistema de troca injusto. Em conformidade com Gonçalves (2001), esse processo denomina-se reprimarização da economia brasileira, em função da associação entre déficit estrutural na balança de serviços, por conta da dívida externa, dependência das exportações para gerar divisas e da consequente e emblemática inserção internacional via sobre exploração dos recursos naturais.

Portanto, inferiu-se que a expansão da produção de soja nos cerrados brasileiros, a partir da década de 1970, consolidou a performance apoiada na produção de mercadorias agrícolas para atender o mercado externo. Logo, a despeito de reconhecer a crescente relevância dos componentes industriais na pauta de exportação hodierna, a continuidade do desenvolvimento econômico atrelado aos desígnios de país exportador de gêneros alimentícios, expõe que a estrutura agrário-exportadora, que forjou a organização do território brasileiro, persiste mesmo ocorrendo alterações nas configurações quanto à apropriação das técnicas modernas de produção.

### **3. VALORAÇÃO ECONÔMICA DO MEIO AMBIENTE**

Faz-se importante e premente a internalização dos problemas ambientais pela sociedade e a efetiva implementação do desenvolvimento econômico e social contínuo, harmonizado com a gestão racional dos recursos naturais que segundo Sachs (1986), passa necessariamente pela redefinição de objetivos e planos de ação no sentido de considerar o ambiente como uma dimensão do desenvolvimento, para tanto, deve-se incorporá-lo a todos os níveis de decisão.

Nessa perspectiva, o capítulo abordou o embasamento teórico que norteia a análise econômica da problemática ambiental, destacando o papel preventivo contra as catástrofes ambientais iminentes, bem como discutiu os métodos e técnicas de valoração econômica dos recursos e serviços ambientais, ressaltando o método indireto e a técnica de custo de reposição que serviram de base metodológica para o presente estudo. Nesse sentido, o capítulo distinguiu-se em três itens, no primeiro, apresentaram-se as concepções sobre economia e meio ambiente e as especificidades teóricas e metodológicas; no segundo, tratou-se do valor econômico dos recursos e serviços ambientais; e, no terceiro, salientaram-se os métodos e as técnicas de valoração, bem como as aplicações e limitações técnicas.

#### **3.1 Economia e meio ambiente**

Para Rodrigues Silva (2003), os recursos naturais exerceram um papel central na análise econômica nos primórdios da estruturação da economia enquanto ciência, evidenciado nas teses fisiocráticas, em meados do século XVIII, ao defenderem a origem agrária do valor e no alerta da escola clássica, no início do século XIX, quanto ao possível comprometimento da expansão capitalista pelo desequilíbrio entre o crescimento populacional e a oferta de alimentos. Entretanto, o progresso técnico, o alargamento das fronteiras geográficas e a própria evolução das ciências econômicas, se somaram para a diluição da importância do meio ambiente na teoria econômica ao longo do tempo. Nesse sentido, enfatiza que apenas na década de 1970, a questão ambiental inseriu-se definitivamente na agenda de pesquisa dos economistas, após intensos debates acerca dos limites do crescimento econômico promovidos

pelo Clube de Roma<sup>7</sup>, os quais foram consolidados no Relatório Meadows divulgado em 1972, no qual constavam projeções catastróficas em torno da finitude dos recursos naturais. A partir daí, ocorreu à inserção da ecologia na economia através da incorporação da questão ambiental pela teoria econômica convencional e pelo surgimento de novos paradigmas alicerçados nos limites impostos pelo meio ambiente.

De acordo com Mueller (2007), as duas principais escolas de pensamento econômico sobre o ambiente são a Economia Ambiental Neoclássica e a Economia Ecológica, devido ambas possuírem teorias próprias, resultado de visões específicas de mundo, pois implicam em métodos e metodologias singulares e em perspectivas peculiares acerca da intervenção sobre os mercados. Diferentemente, outras correntes de pensamento como a cepalina, o marxismo ecológico e o ambientalismo dos pobres, ao enfatizarem apenas os obstáculos à melhoria do bem-estar atual e o futuro dos habitantes dos países em desenvolvimento, particularmente os mais carentes, constituem teorias heterogêneas e variadas que ainda não se configuram em escolas de pensamento minimamente estruturadas sob o ponto de vista do meio ambiente. Portanto, em função desse panorama optou-se por analisar, nesta dissertação, apenas a Economia Ambiental Neoclássica e a Economia Ecológica.

Conforme May (1995), a Economia Ambiental Neoclássica e a Economia Ecológica apresentam divergências no que tange ao papel efetivo do capital natural para o desenvolvimento sustentável, haja vista que a primeira alicerça-se no conceito de sustentabilidade fraca, pois significa que o capital e o produto em uma determinada economia podem continuamente crescer de forma quase ilimitada, em decorrência de o capital natural ser passível de substituição por outras categorias de capital. E, a segunda embasa-se no conceito de sustentabilidade forte, por não conceber, sem restrições, essa possibilidade de substituição. Portanto, a discordância fundamental entre os dois conceitos e, conseqüentemente, entre as escolas, relaciona-se com a capacidade dos diferentes tipos de capitais serem substituíveis. Assim, essa discrepância exigiu a análise detalhada das referidas correntes de pensamento.

---

<sup>7</sup> Consoante Rodrigues Silva (2003), o Clube de Roma é uma organização civil sem fins lucrativos, criada em 1968, composta por cientistas, industriais e políticos, com o objetivo de discutir e analisar os limites do crescimento econômico, levando em conta o uso progressivo dos recursos naturais.



### 3.1.1. Economia Ambiental Neoclássica

Segundo Romeiro (2003), esta corrente representa o *mainstream*<sup>8</sup> neoclássico, por compreender que os Recursos Naturais (RN) não representam, no longo prazo, um limite absoluto à expansão econômica. Pelo contrário, a hipótese implícita é a da substitutibilidade perfeita entre capital, trabalho e RN. Sendo assim, assevera que a escassez dos RN pode ser superada pelo progresso técnico, por gerar condições para substituí-los por capital e trabalho. Essa concepção foi denominada, na literatura, de sustentabilidade fraca.

Destarte, essa linha de pensamento reconhece que a ampliação indefinida das fronteiras ambientais para favorecer o crescimento econômico fundamenta-se nos mecanismos de mercado, em função da Economia Ambiental Neoclássica assentar-se no princípio da escassez, que considera o recurso escasso um bem econômico. Logo, a crescente escassez de um determinado bem ambiental em processo de comercialização, reflete-se na majoração de seu preço, o que fomenta a introdução de inovações técnicas que permitam poupá-lo, substituindo-o por outro recurso. No entanto, quando um bem ou serviço ambiental não se encontrar em negociação, em virtude de ser público, o sistema de preços não terá validade, pois se não há mercado, não há preço.

Em conformidade com Almeida (2002), os neoclássicos consideram falha de mercado como externalidade, por que significa que impacto sobre o consumo ou a produção de um bem gera efeitos maléficos ou benéficos a outros consumidores e/ou produtores, e estes não são compensados pelo mercado via sistema de preços.

Nessa perspectiva, concorda-se com Margulis (1990, p. 136) ao exemplificar externalidade negativa,

(...) quando uma fábrica de produção de cimento (...) polui o ar, uma série de efeitos incide sobre as pessoas que vivem na cidade onde está a fábrica instalada (inclusive, possivelmente, outros produtores), fazendo com que estes tenham que incorrer em custos, quer para se protegerem da poluição, quer por virem a sofrer seus efeitos adversos. Como a fábrica está tomando uma decisão (poluir o ar) que afeta o bem-estar de outros agentes da economia (consumidores e outros produtores) sem os consultar a respeito, diz-se que a fábrica está impondo uma externalidade ou custos externos à economia dos agentes afetados.

---

<sup>8</sup> Em conformidade com Sandroni (1995), trata-se de um termo em inglês que significa a corrente central do pensamento econômico em um determinado momento histórico.

Ademais, destaca-se que as externalidades ocorrem porque o meio ambiente é de domínio universal, portanto, encerra propriedade difusa, o que denota reconhecer que em uma economia de livre mercado, nenhum agente específico pode ter direitos exclusivos sobre o meio ambiente, por não possuir preço, por isso não poderá exigir qualquer compensação por seu uso ou dano. Essa configuração manifesta, por um lado, que o agente poluidor não incorre em custos por prejudicar outros agentes e, por outro lado, que o referido agente não tem incentivo econômico para reparar os danos causados.

Tal conformação, ao reclamar alternativas para internalizar os custos das externalidades, requereu a premência de incorporar o critério de Pareto<sup>9</sup>, que para Almeida (2002, p.28) exprime que,

(...) a intervenção governamental, tão execrada pelos neoclássicos, parece ser necessária quando se trata de problemas relacionados ao meio ambiente. Sugerem, então, a adoção de mecanismos de mercado (instrumentos que operam como incentivos econômicos) que simulam um ‘preço’ da degradação ambiental que os poluidores devem incorporar aos seus custos privados; ou seja, acabam por ‘internalizar’ as externalidades.

Em consonância com Almeida (2002), a noção de internalização das externalidades é o pilar fundamental da Economia Ambiental Neoclássica, em virtude de reduzir os recursos naturais à lógica de mercado, privatizando-os, isto é, precificando-os. Por conseguinte, essa abordagem ressalta que a privatização dos bens públicos consiste na possibilidade objetiva e única de proteger os bens ambientais.

De acordo com Mueller (2007), a escola neoclássica compreende que a ocorrência de qualquer fenômeno na sociedade humana é um caso especial do funcionamento de mercados livres. Todavia, ao longo do tempo, foi-se identificando vários fenômenos externos ao âmbito do funcionamento de mercados, então as externalidades dos processos produtivos passaram a assumir papel central na Economia Ambiental Neoclássica.

Logo, amparado na crença da sustentabilidade fraca e no otimismo tecnológico, a referida escola trata o esgotamento de um recurso natural como um mero evento, apesar de reconhecer que pode existir exploração ineficiente. Ao mesmo tempo, considera que no âmbito do critério de Pareto as políticas adequadas inspiradas em mecanismos de mercado podem facilmente resolver problemas ambientais.

---

<sup>9</sup> De acordo com Sandroni (1995), tal termo constitui-se em um dos critérios para determinar se uma dada alteração 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 provocar um aumento na satisfação de pelo menos um indivíduo, sem piorar a situação de nenhum outro.

### 3.1.2 Economia Ecológica

A gênese da Economia Ecológica remonta ao século XIX, período da elaboração das “Leis da Termodinâmica”<sup>10</sup> pela físico Sadi Carnot, cujo ponto de partida centra-se na noção de fluxos energéticos liberados pelos sistemas econômicos em forma de calor. Apesar da aplicação das Leis no âmbito das pesquisas da Física, essas continuaram marginalizadas até os anos 1970 na Economia, quando readquiriu força política junto aos movimentos que questionavam as possibilidades de crescimento ilimitado. A análise de Georgescu-Rogen (1971) foi pioneira na internalização dessa abordagem pela economia referenciada nos fluxos de energia e nos princípios da entropia.

Em contraposição à Economia Ambiental Neoclássica, a Economia Ecológica concebe o sistema econômico como um subsistema de um todo maior que o contém, impondo restrição absoluta à sua expansão. Logo, capital e recursos naturais são essencialmente complementares, o que significa que o conceito imbricado é o de sustentabilidade forte. Assim, o argumento da substitutibilidade, somente, não é totalmente falso, porque realmente ocorrem certos níveis de substituição relacionados a casos específicos de recursos naturais, como a substituição de metal por plástico ou a utilização de vários produtos sintéticos em distintos segmentos da economia. Como também, reconhece o progresso científico e tecnológico como fundamental para maximizar a eficiência no uso dos recursos naturais em geral. Nesse aspecto, a Economia Ecológica compartilha com a Economia Ambiental Neoclássica a convicção de que é possível instituir uma estrutura regulatória baseada em incentivos econômicos capaz de aumentar imensamente a eficiência.

Nessa perspectiva, reputa-se que a Economia Ecológica versa sobre a problemática do uso dos recursos naturais e as externalidades do processo produtivo, com ênfase na utilização

---

<sup>10</sup> Segundo Merico (2002, p.98), os fluxos de energia na natureza correspondem ao campo de estudo da termodinâmica. As duas Leis da termodinâmica podem ser entendidas pela expressão “a energia total do universo permanece constante e a entropia do universo continuamente tende ao máximo”. A primeira Lei enuncia que a quantidade de energia do universo é constante, isto é, não pode ser criada, nem destruída, apenas transformada de um estado para outro. A segunda Lei, conhecida como Lei da entropia, preceitua que a energia tende inexoravelmente a condição de energia não disponível, ou seja, impossível de ser reutilizada para o trabalho, a essa quantidade de energia indisponível dá-se o nome de entropia. O economista romeno Georgescu-Rogen assevera que o processo de crescimento econômico nada mais é do que o processo de transformação de materiais de baixa entropia (matérias-primas) em materiais de alta entropia (mercadorias acabadas, rejeitos) que tomam a forma de poluição e degradação ambiental, pois é energia indisponível, a qual se acumula no ambiente e danifica os ecossistemas. Ressalta-se, a partir dessa constatação, que a obra de Georgescu-Rogen introduz a ideia de irreversibilidade e de limites na teoria econômica, que decorre da Lei da entropia em contraposição à primeira Lei da termodinâmica, na qual se baseia implicitamente a teoria econômica convencional através da crença do crescimento ilimitado.

sustentável dos bens e serviços ambientais e na capacidade dos ecossistemas de suportar a carga imposta pelo funcionamento dos mercados, considerando os custos e benefícios da ação antrópica. Consoante Costanza (1994), a Economia Ecológica consiste em uma abordagem transdisciplinar, pois estuda disciplinas tradicionais, integrando-as e analisando-as para consolidá-las em visões disciplinares diferenciadas, que contemplem os inter-relacionamentos entre os sistemas econômico e ecológico.

Segundo Buarque (1994), a Economia Ecológica entende as relações da vida, no sentido de que o espaço físico da economia transcenda os limites das empresas e da nação, abrangendo assim toda a dimensão ecológica, para que o tempo das análises não se restrinja ao curto prazo, mas que incorpore o longo prazo, ou seja, o futuro, nos quais os efeitos das decisões econômicas se fazem sentir.

Para May (1995), a Economia Ecológica se posiciona contra as catástrofes ambientais iminentes, ao defender a conservação dos recursos naturais mediante a ótica que leve em conta as necessidades potenciais das gerações futuras. Esse contexto pressupõe que os limites ao crescimento econômico decorrentes da escassez dos recursos naturais e da capacidade de suporte são reais e não superáveis por meio do progresso tecnológico, o que significa que ao lado dos mecanismos tradicionais de alocação e distribuição geralmente aceitos na análise econômica, a referida formulação acrescenta o conceito de escala, ao referir-se ao volume físico de matéria e energia que é convertido e absorvido nos processos entrópicos da expansão econômica.

A relevância dessa versão reside no fato de que o estudo da economia em relação ao ambiente natural, apesar de não ter uma precisão analítica, possui como característica principal a sustentabilidade, em função da capacidade de suporte dos ecossistemas. Tal configuração, por um lado, expõe a questão ambiental como obstáculo central para a limitação da escala de produção ao nível sustentável e, por outro lado, torna imperativo a necessidade de investigar os princípios operacionais da sustentabilidade e as ferramentas econômicas que os evidenciam.

Além disso, como visto anteriormente, a problemática ambiental tem sido tratada no pensamento econômico, no âmbito da microeconomia, devido internalizar no preço de um produto os custos dos efeitos ambientais externos da produção para que o preço final do mesmo reflita a degradação do ambiente. Contudo, enfatiza-se que a economia requer uma definição de escala quanto ao tamanho e volume físico do fluxo de matéria e energia de baixa entropia adequada ao ambiente natural, na medida em que a biosfera como a fonte de todos os materiais que alimentam a economia e o lugar de despejo de seus rejeitos, é finita, logo o

subsistema econômico não pode ultrapassar a capacidade de sustentação do ambiente natural indefinidamente. Caso o subsistema econômico transgrida os limites, os processos de manutenção da vida no planeta podem se romper. Assim, como não há a possibilidade de internalizar essa externalidade generalizada, representada pela destruição dos ecossistemas básicos necessários à vida, a alternativa deverá alicerçar-se na incorporação dos danos aos preços dos produtos e serviços.

Dessa forma, de acordo com Cavalcanti (1996), um processo produtivo ecologicamente sustentável exige o conhecimento do nível de dependência do sistema econômico em relação ao meio ambiente, seja como fonte de recursos ou como depositário de lixo e de resíduos da dissipação de matéria e energia. Nesse sentido, a atividade econômica consubstancia-se como sustentável quando considera três funções ambientais dos ecossistemas: ser provedor de recursos; ser absorvedor e neutralizador dos dejetos da atividade econômica; e, ser responsável pela manutenção da oferta de serviços ambientais, desde as condições de amenidade propiciadas pela natureza a funções como a de estabilidade climática.

No entanto, para Pearce & Turner (1991), a demanda por tais bens e serviços ecossistêmicos serão maiores caso sejam ofertados a preço zero. Apesar dos valores econômicos positivos da biodiversidade, dos recursos naturais e dos serviços ambientais, ao tratá-los como se tivessem preço nulo, corre-se o risco de manejá-los insustentavelmente, ou até mesmo de exauri-los.

Destarte, na concepção de Figueroa (1996), quando o sistema econômico criado pelo homem não se encontra compatível com o sistema ecológico oferecido pela natureza, faz-se indispensável à readaptação das relações entre ambos, assentada na avaliação econômica do meio ambiente, que não objetiva precificar a natureza, mas tão somente demonstrar o seu valor econômico e o dano irrecuperável, caso tenha ocorrido degradação.

Tal cenário revela como princípio básico a interação entre ambiente e sistema econômico, por meio do efeito que este provoca no ambiente e através do impacto que os recursos naturais causam na economia. Por conseguinte, fazer a valorização do ambiente natural e incluí-la na análise econômica é, pelo menos, uma tentativa de corrigir as tendências negativas do livre mercado, na medida em que visa evitar o desperdício de recursos em processo de relativo esgotamento, haja vista o risco de que a liberdade de mercado possibilite que as empresas internalizem os lucros e externalizem os custos à sociedade.

Sem embargo a percepção de que o valor monetário do bem ambiente natural parece sob certos aspectos, inadequados, sua relevância reside no fato de ser usado como padrão de

medida, visando indicar ganhos e perdas para a utilidade e bem-estar. Sendo assim, conclui-se que a internalização dos custos ambientais durante o processo produtivo, enquanto contabilização dos impactos se constitui numa eficiente ferramenta para a alocação racional dos recursos naturais e para a valoração ambiental, os quais são essenciais para mitigar e/ou extinguir a degradação dos recursos naturais, antes que ultrapasse o limite da irreversibilidade.

### 3.2 Valor econômico

A partir da década de 1980, o valor econômico do meio ambiente tem sido objeto de intenso debate. Assim, a Economia do Meio Ambiente, que se alicerça nos fundamentos da teoria neoclássica, desenvolveu e aprofundou conceitos, métodos e técnicas para a valoração do meio ambiente com a finalidade de torná-los padrão de medidas.

De acordo com Merico (1996), para a determinação de valor econômico de um recurso natural, faz-se necessário a distinção entre valor de uso e valor intrínseco ou de não uso. O primeiro refere-se ao uso que se faz do bem ambiental, como a extração de recursos minerais ou vegetais. O valor intrínseco, denominado também de valor de não uso, de existência, passivo e de legado, compreende o valor de um bem, mesmo potencial, em função da própria existência, tal como uma espécie vegetal ou animal em área específica. Logo, o Valor Econômico Total (VET) de um recurso consiste no Valor de Uso (VU) e no Valor de Não Uso (VNU), sendo que o VU se distingue em Valor de Uso Direto (VUD), Valor de Uso Indireto (VUI) e Valor de Opção (VO).

$$\text{VET} = \text{VU} + \text{VNU} \text{ ou}$$

$$\text{VET} = (\text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO}) + \text{VNU}$$

O VU é atribuído pelas pessoas que realmente usam ou usufruem do meio ambiente em risco. Então, o VUD é determinado pela contribuição direta que um dado recurso natural proporciona ao processo produtivo e ao consumo. Já o VUI reflete os benefícios derivados basicamente dos serviços que o ambiente dispõe para suportar o processo de produção e consumo, o qual está associado com as possibilidades presentes do uso dos recursos. Enquanto, o VO consiste na parcela que os cidadãos estão dispostos a pagar para que um

recurso não seja utilizado na produção para evitar exauri-lo no presente, com o objetivo de garanti-lo para uso futuro.

Para Romeiro (2004), o VNU é de difícil aferição por representar um valor atribuído à existência do meio ambiente independentemente do uso atual e futuro. Destarte, os valores de existência não se relacionam ao uso pela geração presente e nem pelo possível uso das gerações futuras dos recursos ambientais, mas, sobretudo, dizem respeito à satisfação pessoal de saber que os bens estão disponibilizados sem que o indivíduo tenha vantagem direta ou indireta dessas disponibilidades, ou seja, manifestam-se, por exemplo, através da disposição positiva a pagar dos agentes econômicos pelo não-desmatamento da Floresta Amazônica, mesmo quando não vislumbram a mínima possibilidade de visitá-la ou consumir qualquer dos seus produtos.

### **3.3 Métodos de valoração**

Segundo Ortiz (2003), diferentes autores classificam de distintas maneiras os métodos de valoração econômica ambiental com o objetivo de expô-los didaticamente, contudo este estudo centrou-se nos métodos diretos e indiretos. Os primeiros procuram captar as preferências das pessoas utilizando-se de mercados hipotéticos ou de mercados de bens complementares para obter a Disposição a Pagar (DAP) dos indivíduos pelo bem ou serviço ambiental. Já os segundos visam obter o valor do recurso por meio da função de produção, relacionando o impacto das alterações ambientais a produtos com preços no mercado. No sentido de facilitar a análise, apresenta-se na Figura 1 os principais grupos de métodos e seus respectivos subgrupos.

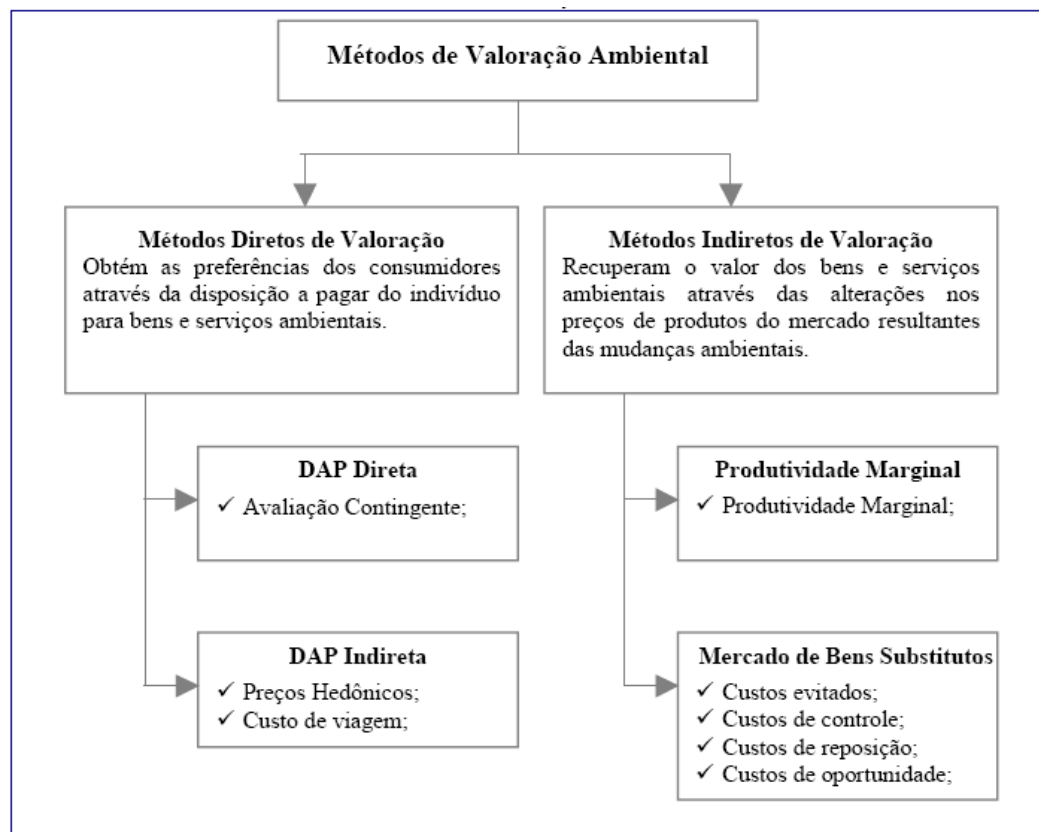


Figura 1: Métodos de valoração ambiental.

**Fonte:** Romeiro (2004, p. 5).

Para Romeiro (2004), cada método de valoração traz consigo limitações na captação dos diversos valores do bem ambiental, na medida em que não se identifica a supremacia de um método em relação a outro, mesmo porque não há como precisar o real valor de um determinado recurso ambiental. Dessa forma, a correta escolha de um método deverá considerar o objetivo da valoração, a eficiência do método para o bem específico e as informações disponíveis para o estudo. Ao mesmo tempo, devem-se explicitar, no processo de análise, as limitações metodológicas e as conclusões restritas às informações disponíveis. Enfatiza, também, que os métodos indiretos são mais simples e menos onerosos, devido estimarem o impacto de uma alteração ambiental na produção de bens e serviços comercializáveis, como exemplo, demonstra-se que o incremento da poluição em um rio, afeta a produção pesqueira, provocando como consequência a redução dos rendimentos da comunidade ribeirinha. Embora as estimativas indiretas sejam, em geral, subestimadas, pois captam apenas valores de uso dos recursos ambientais, muitas vezes são suficientes para viabilizar o uso sustentável de um ambiente.



Entretanto, existem situações em que o valor de um recurso ambiental provém de valores de não uso, relacionados à ética, cultura, religião ou preservação de habitats naturais. Nestas circunstâncias, são os métodos diretos que possuem a capacidade para captar os valores utilizando-se da DAP direta da população pelo bem ou serviço ambiental. Com a finalidade de aprofundar o estudo, analisar-se-ão os métodos e as técnicas de valoração ambiental.

### **3.3.1 Métodos indiretos de valoração**

Em consonância com Serôa da Motta (1998), os referidos métodos estimam o valor de um recurso ambiental através da função de produção, com o objetivo de calcular o impacto de uma alteração marginal do recurso ambiental na atividade econômica, utilizando como referência produtos no mercado passíveis de modificação na provisão do bem ambiental. Para tanto, exigem o conhecimento da relação entre a desordem ambiental e o impacto econômico na produção, a qual é avaliada diretamente pelo preço de mercado do produto afetado (produtividade marginal) ou em um mercado de bens substitutos (custos evitados, de controle, de reposição e de oportunidade).

#### **3.3.1.1 Produtividade marginal**

A técnica de produtividade marginal, segundo Merico (2002), atribui um valor ao uso da biodiversidade de tal maneira que a quantidade ou qualidade de um bem ambiental relaciona-se diretamente à produção de outro produto com preço definido no mercado. Destarte, se expressa o recurso ambiental no processo produtivo pela função dose-resposta, cujas variáveis são o nível de provisão do recurso ambiental e o nível de produção da mercadoria, na perspectiva de mensurar o impacto no sistema produtivo, dado uma variação marginal na provisão do bem ou serviço ambiental e a partir desta variação, estimar o valor econômico de uso do recurso ambiental.

De acordo com Pearce (1993), a construção da função dose-resposta envolve duas etapas básicas. A primeira exige a elaboração de uma função matemática que expressa a dose de poluição ou degradação, relacionada à resposta do ativo ambiental poluído ou degradado na produção. E, a segunda corresponde à formulação de um modelo econômico que mesure o impacto financeiro destas alterações no processo produtivo. Todavia, salienta-se que a

elaboração da referida função não é simples, caso as relações ecossistêmicas e tecnológicas sejam demasiadamente complexas, pois requerem a inclusão de múltiplas variáveis.

Esta configuração, para Romeiro (2004), dificulta as relações causais ambientais, em virtude dos diversos benefícios tenderem a ser afetados pela diminuição da qualidade ambiental. Assim, para o conhecimento dos referidos benefícios ou danos gerados, faz-se indispensável o entendimento dos processos biológicos, das capacidades técnicas e das interações com as decisões dos produtores e o impacto da produção no bem-estar da população.

Nesse sentido, destaca-se que a técnica de produtividade marginal além de estimar apenas uma parcela dos benefícios ambientais, apresenta a tendência de determinar valores subestimados, haja vista que a função de produção capta somente valores de uso direto e indireto do recurso ambiental. Este cenário expressa que os valores de opção e de existência, como a preservação das espécies, não integram as estimativas desta técnica de valoração ambiental.

Como exemplos axiomáticos da função dose-resposta, citam-se o nível de contaminação da água, que representa a dose de poluição, a redução da qualidade das águas e a conseqüente diminuição da produção pesqueira que corresponderá à resposta. E, o número de predadores naturais das pragas que prejudicam a produção agrícola como dose e a queda da produtividade como resposta.

### **3.3.1.2 Mercado de bens substitutos**

De acordo com Ortiz (2003), quando as condições não permitem obter diretamente o preço de um produto afetado por uma alteração ambiental, pode-se estimá-lo por substituto existente no mercado. Para tanto, o procedimento metodológico parte do princípio de que a perda de qualidade ou escassez do bem ou serviço ambiental irá aumentar a procura por substitutos na tentativa de manter o mesmo nível de bem estar da população.

Com base nessa assertiva, admite-se que as estimativas também são, em geral, subdimensionadas por considerar apenas os valores de uso direto e indireto dos recursos ambientais, uma vez que os valores de opção e de existência não fazem parte da estimativa dos benefícios gerados pelo recurso ambiental por se referirem a atributos insubstituíveis.

Enfatiza-se, outrossim, a dificuldade em encontrar recursos que substituam, com perfeição, os benefícios gerados por dado recurso natural, devido as complexas propriedades e

o pouco conhecimento das funções do bem ambiental. Com o objetivo de analisar mais detidamente este método, estudam-se quatro técnicas: custos evitados, de controle, de reposição e de oportunidade.

#### **a) Custos evitados**

Para Mueller (2007), o uso desta técnica prepondera em investigações de mortalidade e morbidade humana, em virtude de estimar o valor de um recurso ambiental através dos gastos com atividades defensivas substitutas ou complementares, que podem ser entendidas como uma aproximação monetária da mudança no atributo ambiental. Assim, quando uma pessoa paga para ter acesso à água encanada ou compra água mineral, supõe que esteja avaliando todos os possíveis males da água poluída e indiretamente valorando sua DAP pela água descontaminada. Ou a inversão de investimento pela indústria automobilística em acessórios para aumentar a segurança dos automóveis, como *airbags*, também reflete a preocupação dos compradores com a diminuição do risco de morte em acidentes de trânsito, o qual pode gerar uma estimativa do valor dado à vida humana.

#### **b) Custos de controle**

Já esta técnica representa os gastos necessários para evitar a variação do bem ambiental e garantir a qualidade dos benefícios à disposição da população, como no caso do tratamento de esgoto para mitigar a poluição dos rios e o sistema de controle de emissão de poluentes de indústria para conter a contaminação da atmosfera.

Dessa forma, esta técnica, por limitar o consumo presente do capital natural, contribui para manter o nível sustentável da exploração, permitindo o aproveitamento dos recursos naturais pelas gerações futuras.

Para Merico (2002), as dificuldades desta técnica relacionam-se à estimativa dos custos marginais de controle ambiental e dos ganhos advindos da preservação, na medida em que os investimentos de controle ambiental tendem a propagar resultados positivos. Por conseguinte, em função da ausência de um consenso quanto ao nível adequado de sustentabilidade, presenciam-se entraves para ajustar os custos aos benefícios marginais e determinar o nível ótimo de provisão do recurso natural.

### **c) Custos de oportunidade**

Embora desejável do ponto de vista ambiental, a preservação engendra custos sociais e econômicos, os quais devem ser compartilhados entre os diversos agentes que usufruem das *benesses* da conservação, haja vista trazerem consigo o custo de oportunidade das atividades econômicas que poderiam estar sendo desenvolvidas na área de proteção, representando, portanto, as perdas econômicas da população em virtude das restrições de uso dos recursos ambientais.

Em conformidade com Ortiz (1997), no caso de um parque ou reserva florestal com exploração restringida, o custo de oportunidade de sua preservação seria o benefício de uma possível atividade de extração de madeira. Mas, por outro lado, o ganho ecológico da preservação poderia ser expresso pela renda gerada em atividades sustentáveis como o ecoturismo e a coleta de ervas medicinais.

Contudo, segundo Romeiro (2002), algumas precauções devem ser consideradas na estimativa decorrente de determinadas atividades econômicas insustentáveis provocarem danos irreversíveis e, conseqüentemente, reduzirem ou mesmo exaurirem a oferta do bem ou serviço ambiental ao longo do tempo.

### **d) Custos de reposição**

Conforme Marques (1998), no custo de reposição, a estimativa dos benefícios gerados por um recurso ambiental será dada pelos gastos necessários para reposição ou reparação após o dano, como o caso do reflorestamento em áreas desmatadas e da fertilização para manutenção da produtividade agrícola em áreas onde o solo foi degradado.

Nesse sentido, as estimativas baseiam-se em preços de mercado para recuperar o bem ou serviço danificado, partindo do pressuposto que o recurso ambiental possa ser devidamente substituído. Porém, por maiores que sejam os gastos envolvidos na reposição, nem todas as complexas propriedades de um atributo ambiental serão repostas pela substituição do recurso, na medida em que os reflorestamentos não recuperam toda a biodiversidade existente na floresta nativa, assim como a adubação química jamais reporá integralmente a fertilidade do solo que levou milhões de anos para se constituir. Este contexto não obstante expressar a real possibilidade da subestimação das estimativas expõe, também, os prejuízos econômicos causados pela alteração na provisão do recurso natural.

Em que pese os limites da efetiva aplicabilidade dos métodos e técnicas de valoração ambiental, reconhece-se a grande utilidade dos mesmos para avaliação de impactos ambientais, em particular, da produção agrícola. Dessa forma, Pearce (1993) assevera que o custo de reposição é frequentemente utilizado como uma medida compensatória do dano causado, em função de alguma restrição da sustentabilidade da produção agrícola no longo prazo. Sendo assim, esta técnica mostra-se como a mais apropriada para a valoração econômica dos efeitos do processo erosivo em decorrência do plantio de soja nos solos do cerrado do Piauí.

Ademais, Campanhola *et alli* (1997) salientam a relevância em se adotar um enfoque simplificador para quantificar as externalidades ambientais negativas de acordo com a importância que o bem exaurido ou deteriorado encerra para o agrossistema.

Destarte, no caso do cerrado piauiense, o custo da erosão foi estimado pelo valor dos nutrientes contidos no solo deteriorado. Entretanto, este tipo de abordagem não mensura os danos causados a outros bens e serviços ambientais envolvidos, por exemplo, perda da biodiversidade e da qualidade dos recursos hídricos. Logo, destaca-se que para realização da valoração econômica dos efeitos do processo de erosão/sedimentação fez-se necessário a compreensão prévia dos impactos ambientais ocasionados pelo agente degradador. Nessa perspectiva, analisar-se-ão, no próximo capítulo, as relações naturais entre causas e efeitos do processo de erosão agrícola no cerrado piauiense.

## **4. VALORAÇÃO ECONÔMICA DA DEGRADAÇÃO DO SOLO NO CERRADO PIAUIENSE**

Este capítulo objetiva valorar economicamente através do método do custo de reposição de nutrientes (MCR), os efeitos internos da erosão do solo derivado dos sistemas de plantios de soja no cerrado piauiense sob os sistemas convencional e direto. Para tanto, dividiu-se o capítulo em seis itens. O primeiro, o segundo e o terceiro versaram sobre o processo de inserção da leguminosa no Brasil, Nordeste e Piauí, respectivamente, evidenciando que a lógica prevalecente é similar ao histórico modelo primário-exportador. No quarto, abordaram-se os efeitos antrópicos decorrentes do uso econômico do Cerrado e os riscos à biodiversidade do bioma. No quinto, debateu-se teórica e conceitualmente a erosão e apresentaram-se os tipos de solos do Cerrado e, finalmente, no sexto item, analisaram-se os resultados da valoração dos efeitos internos da erosão no cerrado do Piauí nos sistemas de plantio.

### **4.1 Expansão da produção de soja no Brasil e a manutenção do sentido agrário exportador**

Segundo Alves (2005), as décadas de 1960 e 1970 foram de especial importância para a formação das estruturas produtivas do campo brasileiro, em função das conjunturas econômicas, internas e externas, favoráveis à expansão agrícola moderna, decorrente da crescente urbanização e da crise do petróleo. O contexto mundial de aumento do consumo de novas mercadorias agrícolas (cana-de-açúcar, soja, laranja e trigo) desencadeou a necessidade de implementação de políticas públicas para garantirem o abastecimento do mercado externo de alimentos e reduzir o impacto da elevação dos preços dos combustíveis fósseis, substituindo-os pelo álcool, da cana-de-açúcar, e, ao mesmo tempo, possibilitar a geração de divisas para financiar o nascente parque industrial. Além disso, a expansão da urbanização foi determinante para a inversão de investimentos na agropecuária para atender as demandas por alimentos no mercado interno.

Não obstante este cenário, a progressiva urbanização nacional não secundarizou a sina primário exportadora. Ao contrário, a agropecuária continuou sendo palco de grande

volume de investimentos públicos, concentrando-se, incisivamente, nos produtos de maior inserção no mercado externo que requerem tecnologia moderna. Alicerçado nesse panorama, para Delgado (1982) o dinamismo e a abrangência significativa da modernização no campo derivou da institucionalização do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), com a finalidade de fomentar o capital agropecuário, implantar nova substituição de importações de meios de produção para a agricultura patrocinada pelo II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND)<sup>11</sup> e proporcionar superávit nas transações externas. Logo, o SNCR consistiu na base para o financiamento da agropecuária moderna com decisiva intervenção estatal.

Em consonância com Monteiro (2002), as políticas públicas mais efetivas para o incentivo à ocupação produtiva dos cerrados brasileiros foram o SNCR, o Fundo de Investimento do Nordeste (FINOR-Agropecuário), o Fundo de Investimentos Setoriais (FISSET), o Fundo de Financiamento à Exportação (FINEX), além de Programas<sup>12</sup> específicos como o Programa Desenvolvimento dos Cerrados (POLOCENTRO), Programa de Pólos Agropecuários e Agrominerais da Amazônia (POLOAMAZÔNIA), Programa de Desenvolvimento de Áreas Integradas do Nordeste (POLONORDESTE) e o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER).

Conforme Oliveira (2002), o último Programa assentou-se na parceria entre os governos brasileiro e japonês a partir de 1974, com o objetivo de transferir capitais de grandes empresas dos dois países para médios e grandes produtores agrícolas, com vistas tornar aptas as regiões do território nacional para a produção em larga escala de culturas com melhor inserção no mercado externo, o qual se conformou em um dos sustentáculos da expansão da soja.

Assim, o Estado passou a atuar como fiador incondicional de grandes grupos econômicos, os quais se constituíram em condutores impulsionados pelas exigências dos mercados interno e externo, dos novos processos produtivos e definidores das culturas a serem implementadas em conformidade com os critérios de rentabilidade de curto prazo.

---

<sup>11</sup> Consoante Sandroni (1995), o II PND foi um plano econômico criado no governo do general Ernesto Geisel em 1974, com o objetivo de superar o atraso do setor de bens de capital e incrementar a produção de alimentos e energia. O Plano firmou-se politicamente graças ao capital financeiro nacional e às oligarquias tradicionais.

<sup>12</sup> Para Monteiro (2002), tais Programas iniciaram-se na década de 1970 com a finalidade de promover a ocupação da fronteira agrícola, em especial a região do Cerrado brasileiro, embasado no otimismo fundado na teoria das vantagens comparativas, em função da grande disponibilidade de terras boas e a baixo custo, que representava um recurso de extrema importância numa conjuntura internacional de aumento dos preços das matérias-primas e alimentos. Desta forma, os Programas regionais implementados à época romperam com os anteriores, cuja ênfase situava-se nos desequilíbrios regionais, que deveriam ser resolvidos via ações governamentais. No caso dos Programas de incorporação da fronteira agrícola, a questão da desigualdade regional não estava colocada, mas sim a necessidade de modernização agrícola.

Para Siqueira (2004), em virtude dessa configuração, a soja transformou-se na principal mercadoria para atingir as metas de crescimento das exportações, produzida, prioritariamente, no interior do Brasil, na medida em que atendia eficazmente os interesses de setores econômicos hegemônicos, haja vista a disponibilidade de terras a baixos preços para os grandes produtores com perspectiva de cultivos rentáveis. As terras localizavam-se preponderantemente no bioma Cerrado, nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste.

Nesse sentido, salienta-se que além do ambiente institucional propício, a disseminação da soja decorreu da conjuntura favorável ao consumo de alimentos, no pós Segunda Guerra Mundial<sup>13</sup>. Outrossim, derivou da introdução da “Revolução Verde” que incorporou novos processos tecnológicos, acelerou a produção agrícola e incitou a adaptação da cultura em distintos ambientes naturais. Para Brum (1988, p. 44),

A chamada ‘Revolução Verde’ foi um projeto que tinha como objetivo explícito contribuir para o aumento da produção e da produtividade agrícola no mundo, através do desenvolvimento de experiências no campo da genética vegetal para a criação e multiplicação de sementes adequadas às condições dos diferentes solos e climas e resistentes às doenças e pragas, bem como da descoberta e aplicação de técnicas agrícolas ou tratamentos culturais mais modernos e eficientes. Através dessa imagem humanitária, ocultavam-se, no entanto, poderosos interesses econômicos e políticos ligados à expansão e fortalecimento das grandes corporações a caminho da transnacionalização.

Destarte, os produtores ao adotarem as inovações, generalizaram o plantio da leguminosa, precipitando mudanças contundentes no consumo de proteínas do homem e dos animais. Diante disso, consoante Bertrand (1987, p. 64), os EUA tornaram-se, no século XX, os principais produtores de soja e responsáveis pela difusão em escala mundial de um “novo modelo de produção e consumo”.

Ademais, salienta-se de acordo com Alves (2005), que a dinamização do cultivo da soja no Brasil requereu, não só a mecanização do processo produtivo e políticas públicas indutoras, mas também a pesquisa científica. Assim, em perspectiva de longo prazo, o plantio da soja se consolidou graças às pesquisas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) a partir da década de 1970, ao desenvolver melhoramento e diversificação de sementes, de forma a adaptá-las a distintos ambientes naturais. A necessidade de posicionar a

---

<sup>13</sup> De acordo com Bertrand (1987), a adoção da torta de soja em combinação com o milho para ração animal e a proliferação do uso do óleo de soja como matéria-prima para fabricação de margarinas e óleo de cozinha, substituindo outras substâncias graxas, como as manteigas e as gorduras animais foram um componente relevante para o aumento do consumo da leguminosa.



soja entre um dos mais importantes produtos agrícolas da pauta de exportação, exigiu a destinação de recursos para pesquisas específicas, a disponibilidade de estrutura física própria e técnicos especializados para desenvolver novos experimentos, daí instituição da EMBRAPA-SOJA na cidade de Londrina - PR.

Conforme Siqueira (2004), este conjunto de fatores possibilitou que a América do Sul se tornasse, nos primeiros anos do século XXI, a maior área sojicultora, ultrapassando, inclusive, as tradicionais regiões produtoras, como a América do Norte e a Ásia. No Brasil, o cultivo da leguminosa expandiu-se rapidamente, haja vista que em praticamente três décadas de produção intensiva, passou a ocupar a segunda posição no mundo, perdendo apenas para os EUA.

De acordo com o Ministério da Agricultura (2006), no estudo Projeções do Agronegócio: mundial e Brasil, o país deve ultrapassar os EUA na produção de soja em nove anos, significando que até 2017 será responsável por 34% da produção e por 46,5% das exportações mundiais. Ressalta-se, também, que o complexo da soja contribuiu sobremaneira para a positividade da balança comercial brasileira através da geração de receitas cambiais, como exposto no Gráfico 1.

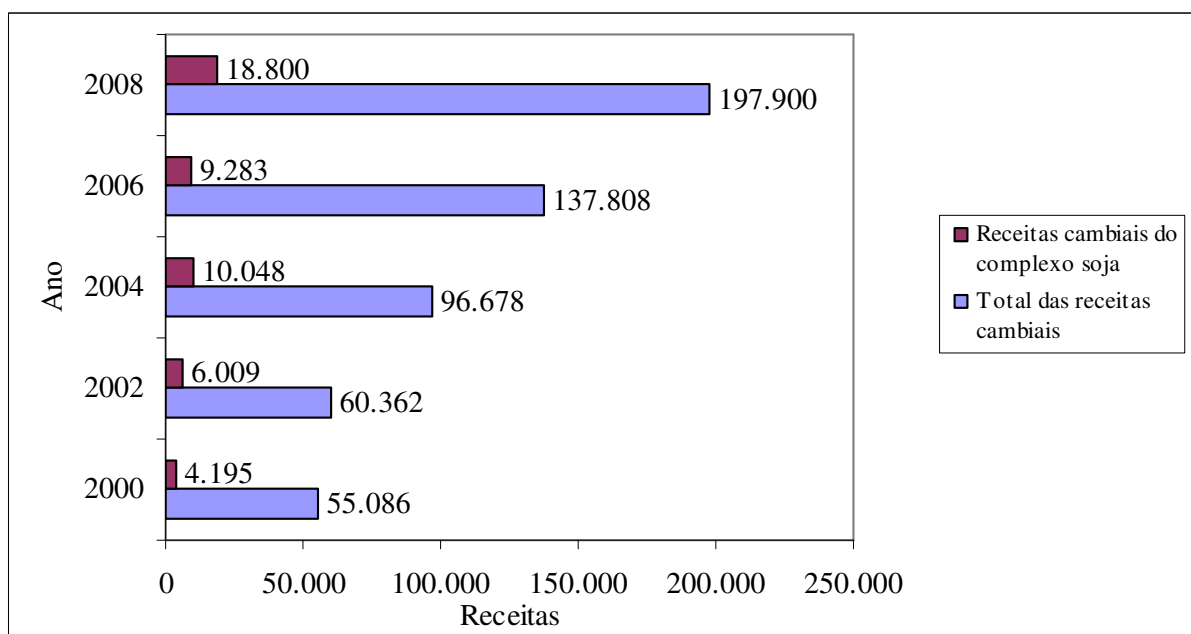


Gráfico 1 – Evolução do total das receitas cambiais e receitas oriundas do complexo soja, entre 2000 e 2008, em milhões US\$, Brasil.

**Fonte:** Elaboração própria a partir dos dados da FUNCEX (2007).

Por meio do Gráfico 1, identificou-se que, no período sob análise, o crescimento das receitas cambiais derivadas do complexo soja foram superiores as receitas totais, 348,15% e 259,25%, respectivamente. Além disso, o incremento médio das exportações de 43,51% ao ano evidenciou que, caso esse ritmo continue, o valor das receitas cambiais do complexo será duplicado a cada 2,3 anos. Em valores absolutos, destaca-se que a média das exportações do complexo foi de US\$ 9,6 bilhões de dólares. Enfatiza-se, também, a relevância da participação relativa da soja e seus derivados no total das receitas de exportações, uma vez que se situaram em 2000, 2002, 2004, 2006 e 2008 em 7,6%, 9,9%, 10,3%, 6,7% e 9,4%, respectivamente. Este cenário de dinamismo da sojicultura, perante a pauta de exportações brasileira, patenteou o significativo papel desempenhado pela leguminosa como gerador de divisas, o que a tornou relevante para a estabilidade macroeconômica do país.

Com a finalidade de explicitar a supremacia da soja em relação ao montante exportado quando comparada com outras culturas, particularmente, o milho que compete nos mesmos segmentos da cadeia agroalimentar (ração, óleos, margarinas e grãos), apresenta-se o Gráfico 2.

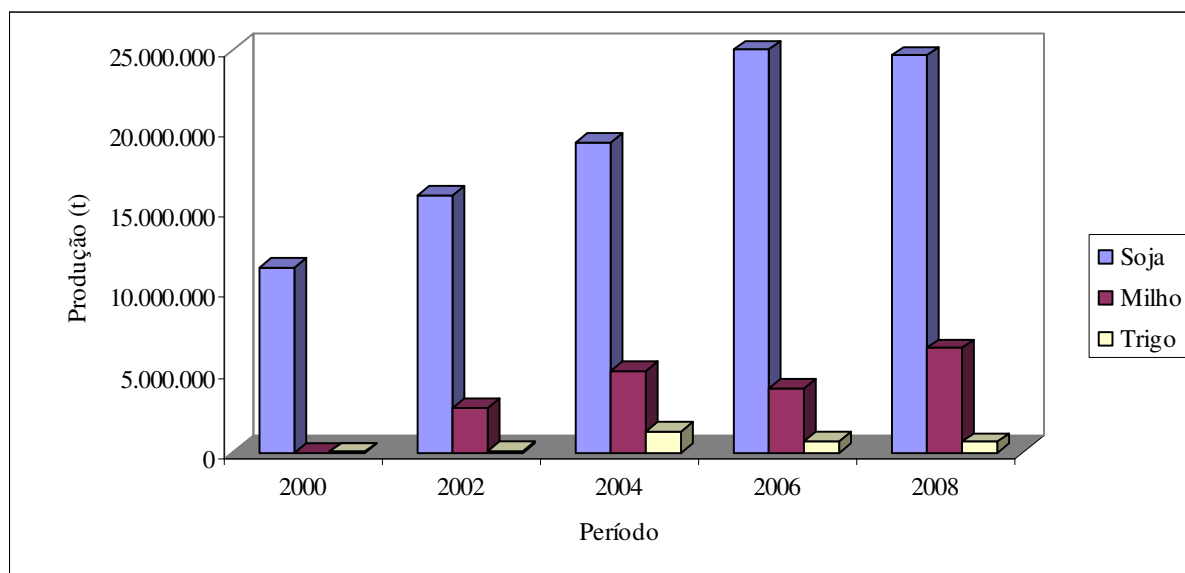


Gráfico 2 – Volume de exportação brasileira de soja, milho e trigo em grãos, de 2000 a 2008, em toneladas.

**Fonte:** Elaboração própria a partir dos dados da FUNCEX (2007).

Consoante ao Gráfico 2, no período sob análise, observou-se que o volume médio da exportação de soja foi de 19,25 milhões de toneladas ao ano, com realce para 2006 e 2008 quando os volumes exportados atingiram 24,9 e 24,6 milhões de toneladas, respectivamente. Já a média do volume exportado do milho foi de apenas 3,6 milhões de toneladas, ou seja, 5,3 vezes menor que a média de exportação da soja. Salienta-se que, no período referenciado, o *boom* nas exportações de milho ocorreu a partir de 2002, derivado da elevação do preço internacional da *commodity* e do câmbio favorável aumentarem a competitividade do grão brasileiro no exterior, pois até então a produção era voltada exclusivamente para o mercado interno. Ademais, enfatiza-se que as exportações de trigo foram irrelevantes, reflexo da política agrícola da década de 1990 ter preterido a produção doméstica relativamente à importação da Argentina. Assim, essa configuração expressou a hegemonia da soja em termos de volume exportado.

No intuito de explicitar monetariamente o montante das exportações das referidas culturas, apresenta-se o Gráfico 3.

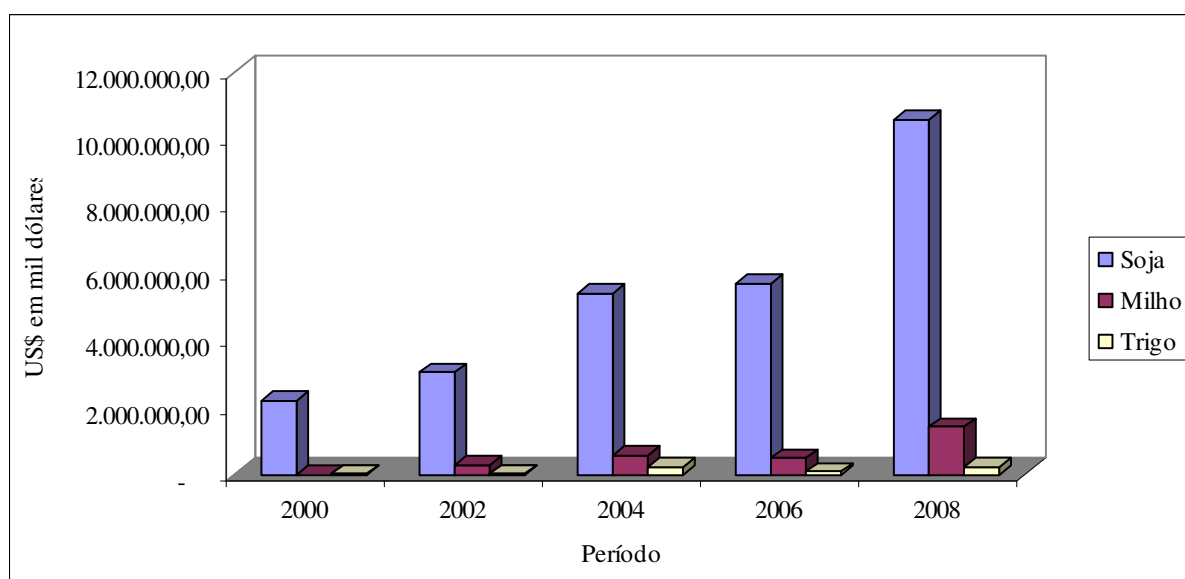


Gráfico 3 – Valor da exportação brasileira de soja, milho e trigo em grãos, de 2000 a 2008, em mil dólares.

**Fonte:** Elaboração própria a partir dos dados da FUNCEX (2007).

Verificou-se por meio do Gráfico 3, a evolução exponencial das receitas de exportação do grão de soja, em virtude da taxa média de crescimento para o período ter sido

de 52,1% ao ano, inclusive no biênio 2006/2008, apresentou um incremento de 86,7%, o que evidenciou um recorde de valor exportado de US\$ 10,5 bilhões de dólares no último ano. As receitas de exportação do milho e do trigo representaram, em média, apenas 10,2% e 1,8% das exportações da leguminosa, respectivamente. Em função de a soja ter se tornado a cultura mais rentável, demonstrou o papel relevante que a sojicultura ocupou no cenário do agronegócio brasileiro.

Dessa forma, a supremacia em valores de produção e de exportação, em comparação com outras *commodities* e a magnitude das exportações da soja e seus derivados perante o total das receitas cambiais do país, expressaram não somente a centralidade da leguminosa na estrutura agrícola brasileira, mas também sua importância econômica para a manutenção de saldos positivos na balança comercial, logo, sobressaiu-se sua posição hegemônica *vis-à-vis* outros produtos não-agrícolas. Ademais, patenteia-se que apesar do uso de técnicas modernas no plantio, a estrutura agrária que envolveu a produção de soja se assemelhou às de diversas conjunturas da história da agricultura, como a cana-de-açúcar e o café, ou seja, alicerçou-se na grande propriedade e na monocultura. Este panorama significou que o cultivo de soja representou a continuidade da reprodução de estruturas de modernização vigentes no país desde 1500, cujas bases foram construídas sob exigência do mercado internacional, sobre exploração dos recursos naturais e apoio decisivo do Estado.

#### **4.2 Inserção da soja nos cerrados do Nordeste**

A região Nordeste caracterizada pela reduzida expressão econômica, sustentada na pecuária extensiva e na agricultura de subsistência, até meados do século XX, transformou-se, a partir da década de 1970 com a inserção produtiva dos cerrados, em produtor de mercadorias agrícolas, notadamente de grãos, os quais se destinam para a agroindústria, culminando em mudanças significativas na configuração das áreas rurais e urbanas, as quais adquiriram novos contornos espaciais, econômicos e demográficos em função da presença de agricultores migrantes do Sul e do Centro-Oeste do país e de empresas de grande porte.

Segundo Alves (2005), a produção granífera impulsionou a dinâmica econômica da região do cerrado, contudo, constatou-se que as infra-estruturas para o pleno suporte ao processo produtivo foram instaladas nas sedes dos municípios, incitando assim, modificações

nas zonas urbanas, como em Luiz Eduardo Magalhães na Bahia, Balsas no Maranhão e Uruçuí e Bom Jesus no Piauí, em virtude de atender as novas demandas dos empreendedores agrícolas.

Para Carneiro (1984), as características geográficas dos cerrados nordestinos<sup>14</sup> assentaram-se na existência de particularidades espaciais em relação ao restante do Nordeste brasileiro, quanto às formas fisiográficas e ao tipo de ocupação humana. No primeiro caso, predominam os chapadões planos recobertos de vegetação de cerrado, com a extensão dos limites administrativos perpassando o oeste da Bahia, o sudoeste do Piauí e o sul e leste do Maranhão, os quais representam apenas um fragmento dessa unidade ecológica cujo prolongamento acompanha vastas áreas de todos os estados do Brasil Central e partes de Minas Gerais e São Paulo.

Sendo assim, para Diniz (1984, p. 12) as condições geográficas que possibilitam essa diferenciação encontram-se na porção centro-oeste do Nordeste e compreende,

(...) 75 municípios do sul do Maranhão, sul do Piauí e oeste da Bahia. Abrange uma superfície de mais de 362 mil quilômetros quadrados, indo desde a depressão semi-árida do São Francisco, a leste, aonde as precipitações anuais não chegam a 800 milímetros, até as chapadas e chapadões do oeste, com precipitações anuais geralmente acima de 1200 mm, constituindo os gerais.

Ademais, Araújo (1995, p.135) associou esta base físico-geográfica às atividades econômicas implementadas a partir da década de 1990, ou seja, a relacionou a “áreas de moderna agricultura de grãos que se estendem dos cerrados do oeste baiano ao sul do Maranhão e Piauí”.

Nessa perspectiva, Haesbaert (1996, p. 382), denominou de “novo nordeste” a região dos cerrados nordestinos haja vista que a,

(...) ebulição econômica (e o aumento brutal das desigualdades sociais com as migrações do sertão impulsionadas pelo mito do ‘eldorado’ da soja) faz com que muitos denominem estas áreas de ‘novo’ Nordeste, e alguns políticos (inclusive com apoio de grupos sulistas) já começam a articular novos recortes político-administrativos capazes de corroborar essa nova divisão territorial do trabalho, ditada pela modernização seletiva da agricultura.

---

<sup>14</sup> De acordo com dados do IBGE (2006), os cerrados nordestinos ocupam 27% do estado da Bahia, 65% do Maranhão e 37% do Piauí, representando 29,7% do Nordeste. É o bioma de maior produção de grãos da região.

De acordo com Alves (2005), dada à dinamicidade dessa região, pôde-se intuir que influenciou o leste do Tocantins, em decorrência de ambas vivenciarem semelhante modernização da agropecuária e manterem estreitos vínculos econômicos, uma vez que essa região do Norte do país tornou-se importante fornecedora de grãos de soja para as unidades esmagadoras da Bunge<sup>15</sup> Alimentos S.A de Luis Eduardo Magalhães (BA) e Uruçuí (PI), o que acirrou a emergente disputa territorial sobre a posse de determinadas áreas de platôs planos que despontam para a produção de soja nas divisas dos estados de Tocantins, Bahia, Maranhão e Piauí.

Sem embargo este contexto salienta-se que as primeiras ocupações na abrangência nordestina desse bioma, ocorreram com o extrativismo vegetal, agricultura de subsistência e pecuária extensiva, os quais contribuíram para a construção dos contornos regionais que possibilitaram a implementação da agricultura moderna atual.

Dessa forma, esse novo cenário dos cerrados alicerçado no uso de técnicas modernas com vistas à elevação da produtividade, de acordo com a Tabela 2, conformou um sistema de infra-estrutura que proporcionou maior rapidez ao transporte dos grãos até as indústrias de beneficiamento<sup>16</sup> ou aos portos exportadores<sup>17</sup>.

Tabela 2 – Produção de soja no Brasil e no Nordeste, safras 2000/2001 e 2007/2008.

Espaço Territorial	Área (em mil ha)			Produtividade (em kg/ha)			Produção (em mil toneladas)		
	Safra 00/01	Safra 07/08	Var (%)	Safra 00/01	Safra 07/08	Var (%)	Safra 00/01	Safra 07/08	Var (%)
Brasil	13.969,8	21.233,1	52,0	2.751,0	2.818,8	2,5	38.431,8	59.852,1	55,7
Nordeste	963,6	1.577,6	63,7	2.157,0	3.026,5	40,3	2.075,9	4.771,5	129,9

**Fonte:** Elaboração própria a partir dos dados da CONAB (2008).

<sup>15</sup> Em conformidade com Sandroni (1995), Bunge Alimentos S.A consiste em um conglomerado multinacional composto por 44 empresas produtoras de alimentos e fertilizantes. De origem holandesa, chegou ao Brasil em 1905 e ao Piauí, em 2002.

<sup>16</sup> Situadas na cidade de Luiz Eduardo Magalhães, na Bahia e em Uruçuí, no Piauí.

<sup>17</sup> Segundo Alves (2005), Piauí e Maranhão escoam a produção de soja através do porto de Itaqui/MA e a Bahia por meio dos portos de Aratu e Ilhéus.

De acordo com a Tabela 2, a produção nordestina de grãos representou nas safras 2000/2001 e 2007/2008, 5,4 % e 7,9% da produção nacional, respectivamente. A produção da soja da região cresceu 129,9% no período sob estudo, equivalendo a 2,3 vezes o incremento da produção nacional que foi de modestos 55,7%. Tal fato deveu-se à elevação da produtividade de 40,3%, enquanto a brasileira foi de apenas 2,5%, ou seja, o acréscimo da produção foi derivado do maior rendimento por hectare e não pela expansão da área cultivada, tendo em vista que quanto à área plantada, o Nordeste e o Brasil tiveram performances semelhantes de 63,7 e 52%, respectivamente.

### **4.3 Inserção da soja no cerrado piauiense**

O sudoeste do estado do Piauí inseriu-se nas últimas três décadas do século XX, no processo de modernização da agropecuária capitalista, cujas expressões primordiais assentaram-se na incorporação da ciência e da tecnologia ao processo produtivo, na imigração de grupos econômicos hegemônicos, como a Bunge Alimentos S.A e na mobilização de agricultores empreendedores capitalistas de outras regiões do país. Todavia, a estratégia produtiva deu-se de maneira retardatária em relação às demais áreas de cerrados nordestinos, uma vez que ocorreu somente no início dos anos 1990.

A apropriação das terras do sudoeste do Piauí<sup>18</sup> pelos agentes do agronegócio coincidiu com a chegada dos primeiros grupos econômicos em 1970; com a implementação de políticas governamentais como, FINOR e Fiset; com a construção ou melhoramento da infra-estrutura viária, de telecomunicações e de energia elétrica; e, pela grande disponibilidade de terras devolutas comercializadas a preços irrisórios, o que permitiu a transferência de áreas para o domínio de empresas ou agricultores individuais, notadamente, as planas que são propícias à mecanização. Tais terras encontram-se sob efeitos da antropização, os quais serão objetos de valoração econômica.

Os mecanismos de incentivos econômicos e financeiros no cerrado piauiense se fortaleceram na década de 1990, com a perspectiva da construção de corredores viários de exportação para o escoamento da produção para os grandes portos do Nordeste,

---

<sup>18</sup> Consoante Monteiro (2002), o processo de ocupação e do uso das terras do cerrado piauiense ao longo dos anos 1970 e 1980, tiveram caráter eminentemente patrimonialista, tendo em vista que os arranjos institucionais criados pelos governos federal e estadual, viam mecanismos de crédito e incentivos para a modernização agropecuária agravaram a situação da população local em benefício dos grandes proprietários, através da valorização especulativa das terras, tal situação concentrou ainda mais a estrutura fundiária e a renda na região.

principalmente, o complexo portuário de Itaqui/Ponta da Madeira, em São Luís-MA. Além disso, os diversos governos do Estado mostraram a imagem do cerrado como a última fronteira agrícola do Brasil, com condições de abrigar os empreendedores agrícolas, para tanto, disponibilizou incentivos fiscais para facilitar a aquisição de terras.

Sendo assim, Alves (2005), a partir de meados da década de 1990, a intensificação no cerrado da imigração de sulistas e de empresas associadas ao agronegócio provocou a modernização da produção agrícola sul-piauiense, a qual era alicerçada na pecuária extensiva e na agricultura de subsistência. Sem embargo tais explorações ainda prevalecerem, pois elas estão perdendo importância relativa quanto à produção granífera destinada para as grandes empresas processadoras e para o mercado externo.

Esta nova configuração produtiva foi embasada, por um lado, na expressiva expansão do cultivo de soja e, por outro lado, pela redução da produção de milho e arroz, como apresentado no Gráfico 4.

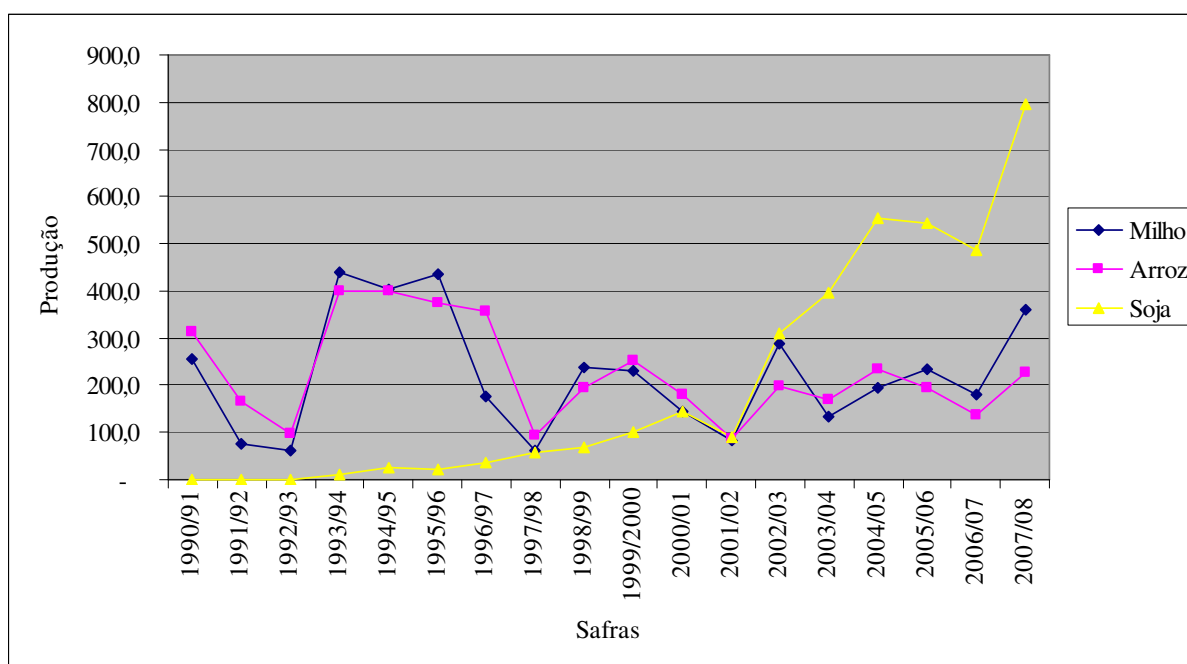


Gráfico 4 – Produção de milho, arroz e soja no Piauí, safras de 1990/1991 a 2007/08, em mil toneladas.

**Fonte:** Elaboração própria a partir dos dados da CONAB (2008).

Através da série histórica constante no Gráfico 4, visualizou-se que a produção da soja no cerrado piauiense acompanhou a cronologia dos fatos relevantes para a consolidação



do agronegócio na região, isto é, efetivou a instalação dos produtores na década de 1990 e da Bunge Alimentos S.A em 2002. A produção da leguminosa na safra 1990/1991 foi extremamente incipiente, pois contou com apenas 400 kg. Porém, com a progressiva migração de produtores agrícolas ao Piauí, entre as safras 1991/1992 e 2000/2001, a produção cresceu celeremente, atingindo inclusive a taxa média de crescimento de 35,2% ao ano. Durante a série temporal, o plantio de soja registrou decréscimo apenas na colheita de 2001/2002 de 36%. Ressalta-se que o *boom* na produção ocorreu simultaneamente à instalação da fábrica de esmagamento de soja, em Uruçuí, devido a Bunge Alimentos S.A ter acrescido a demanda e financiado a produção, atuando no mercado como monopsonista<sup>19</sup>. Outrossim, verificou-se que na safra de 2002/2003 a 2007/2008, a taxa média de crescimento elevou-se para 59,6% ao ano, apresentando recorde de produção na última colheita de 795,7 mil toneladas, o que demonstrou, por um lado, a progressiva expansão da sojicultura e, por outro lado, manifestou a necessidade de se conhecer a magnitude dos impactos econômicos e ambientais envolvidos.

Percebeu-se, ainda, através da série sob análise, que as curvas de produção do arroz e do milho assinalaram comportamentos similares em relação às variações e as quantidades produzidas. Segundo a EMBRAPA (2003), tal contexto, em oposição ao cultivo de soja, decorreu do fato de prevalecer o pequeno produtor de origem familiar na produção dos referidos grãos no Piauí. Esta realidade expôs a prática do consórcio entre culturas, na qual o arroz era plantado aleatoriamente entre as fileiras do milho, daí a relação imbricada entre ambas. Assim, inferiu-se que a instabilidade dos plantios no período, deveu-se a agricultura familiar ser extremamente vulnerável à volatilidade de variáveis exógenas como, disponibilidade de crédito, condições climáticas e expectativas em relação aos preços.

Esta configuração não possibilitou identificar, claramente, um padrão no comportamento da produção do milho e do arroz, não obstante constatar-se que a safra 2001/2002 constituiu-se em um ponto de inflexão, situando-se a esquerda do ponto, nas safras anteriores a 2001/2002, a produção de milho e de arroz ter sido superior a produção de soja, localizando-se a direita do ponto, nas safras posteriores a 2001/2002, houve uma reversão do cenário. Assevera-se, então, que a instalação da Bunge Alimentos S.A modificou a estrutura agrícola do Piauí, adaptando-a, ainda que tardiamente, aos desígnios do mercado externo.

---

<sup>19</sup> Para Sandroni (1995), uma empresa monopsonista posiciona-se no mercado como única compradora, ou principal compradora de uma mercadoria, em geral, matéria-prima ou produto primário. Nesse caso, mesmo quando vários produtores fortes ofertam o produto, os preços não são determinados pelos vendedores, mas sim pelo único comprador.

Com a finalidade de analisar comparativamente a evolução da soja em relação à área plantada, produtividade e produção no Piauí e Nordeste, expõe-se a Tabela 3.

Tabela 3 – Área plantada, produtividade e produção de soja, no Piauí e Nordeste, safra 2000/2001 e 2007/2008.

Espaço Territorial	Área (em mil ha)			Produtividade (em kg/ha)			Produção (em mil toneladas)		
	Safra 00/01	Safra 07/08	Var (%)	Safra 00/01	Safra 07/08	Var (%)	Safra 00/01	Safra 07/08	Var (%)
Nordeste	962,6	1.576,6	63,78	2.157	3.027	40,33	2.075,9	4.771,5	129,85
Piauí	62	253,6	309	2.300	3.138	36,43	142,6	795,7	458

**Fonte:** Elaboração própria a partir dos dados da CONAB (2008).

De acordo com a referida Tabela, observou-se o significativo desempenho da sojicultura piauiense relativamente a outras áreas nordestinas pioneiras na produção da leguminosa. As taxas de crescimento da produção situaram-se em 458% e 129,85%, no Piauí e Nordeste, respectivamente. Quanto à área ocupada, as diferenças aprofundaram-se, pois registrou um crescimento 4,8 vezes superior ao Nordeste, correspondendo a um incremento de 309% ante 63,78% da região. Tal ritmo de expansão, com média de 44,14% ao ano, elucidou quão veloz o grão avançou no Estado. No entanto, enfatiza-se a superioridade da evolução da produtividade do Nordeste em relação ao Piauí, com 40,33% e 36,43%, respectivamente. Como consequência, desse panorama, constatou-se que, no período sob análise, quando comparada ao Nordeste, o incremento da produção da soja piauiense se deu, principalmente, em virtude da expansão da área, e menos que proporcionalmente pelo aumento da produtividade, o que a tornou menos eficiente do ponto de vista técnico e ambiental<sup>20</sup>.

Esta conformação manifestou a progressiva ocupação do cerrado piauiense com a produção granífera para atender a demanda do mercado externo e a necessidade de mensurar

<sup>20</sup> É possível se utilizar do conceito de elasticidade para ilustrar a eficiência na utilização da área ocupada. Segundo Sandroni (1995), elasticidade é uma medida de sensibilidade entre duas variáveis, a partir da qual se pode inferir o impacto percentual na variável dependente, em decorrência de uma variação percentual na variável independente. Da relação entre a variação percentual da produção pela variação percentual da área ocupada, obtém-se a elasticidade produção-área, um indicador de eficiência da utilização da área ocupada, portanto, um indicador de sustentabilidade ambiental. O resultado da referida relação ilustra o impacto na produção, derivado de variações na área ocupada. Quanto maior (menor) o resultado, maior (menor) será a eficiência. No caso em análise, os resultados corroboram a assertiva de que a produção no Piauí foi menos eficiente em relação ao Nordeste, os indicadores encontrados foram de 1,48 e 2,03, respectivamente.

os impactos econômicos e ambientais na região. Nessa perspectiva, ressalta-se que a intensificação da produção moderna, iniciou a apropriação em escala ampliada dos recursos naturais pelo capital, ocasionando conseqüentemente, os agravamentos dos passivos ambientais. Assim, a ocupação da “última fronteira agrícola” pela soja e, principalmente, sua magnitude, expôs a obrigatoriedade da análise dos custos explícitos e implícitos desse processo, pois os agentes econômicos envolvidos - governos, produtores e sociedade – não devem tomar decisões norteadas por informações assimétricas.

#### **4.4 Ação antrópica e os riscos à biodiversidade do Cerrado**

O Cerrado (Figura 2) por ser o segundo maior bioma brasileiro, sendo superado em área apenas pela Amazônia, ocupa 21% do território nacional e é considerado a última fronteira agrícola do país. O termo Cerrado é comumente utilizado para designar o conjunto de ecossistemas (savanas, matas, campos e matas de galeria) que começa na Região Sudeste e estende-se para o Centro-Oeste, Norte e pequena porção do Nordeste, com clima estacional, caracterizado por um período chuvoso, de outubro a março, e, outro seco, de abril a setembro, conhecido como veranico (BORLAUG, 2002).



Figura 2: Localização do bioma Cerrado no Brasil.

**Fonte:** IBGE (2004).

De acordo com Daher & Lopez (2008), a pluviosidade média varia de 900 mm a 2000 mm por ano. A temperatura média anual é de 22 °C no sul da região e 27°C no Norte. Este conjunto de fatores é extremamente positivo do ponto de vista do potencial fotossintético que é elevado o ano todo. Os solos por serem caracterizados pela baixa fertilidade, em função da deficiência da grande maioria dos nutrientes como P, K, Ca, Mg, S, Zn, B, Cu, consistiam em fator limitante à incorporação efetiva às atividades produtivas. Porém, as tecnologias<sup>21</sup> derivadas de pesquisas realizadas pela EMBRAPA, modificaram completamente esse quadro no agronegócio brasileiro, possibilitando que a produtividade se elevasse aos níveis comparáveis e até superiores às produtividades dos melhores solos do Brasil.

Conforme o MMA (2008), o domínio do bioma Cerrado ocupa 204 milhões de hectares, dos quais em torno de 127 milhões (62%) possuem solos com condições favoráveis à mecanização agrícola. Estima também que dos 120 milhões de hectares (59%) de área

---

<sup>21</sup> Para os referidos autores, as tecnologias envolviam: a calagem; o uso do gesso agrícola, a adubação fosfatada corretiva, a adubação potássica corretiva, a adubação corretiva com micronutrientes e manejo da matéria orgânica.

ocupada do bioma, cerca de 48 milhões (23%) eram de pastagem cultivada, 27 milhões (13%) de pastagem nativa, 10 milhões (5%) de culturas anuais e 38 milhões (18%) de outros usos (como culturas perenes, florestais e urbanização).

Segundo o MMA (2005), não obstante a propalada impressão errônea de que o Cerrado é um bioma biologicamente pobre, a realidade a contradiz uma vez que a região conta com aproximadamente 5% da biodiversidade do mundo. Ou seja, possui em torno de 6.000 espécies de árvores, 12.600 de plantas, além de imensa variedade de peixes e outras formas de vida. O significativo grau de endemismo da biota do Cerrado é demonstrado pela presença de 40% das plantas lenhosas e 50% das espécies de abelhas.

Para Felfili (2006), o Cerrado brasileiro exibe a maior riqueza florística entre as savanas mundiais, sendo reconhecido internacionalmente como área prioritária para a conservação da biodiversidade do planeta, por registrar cerca de 230 a 250 espécies de plantas vasculares em 0,1 ha. A distribuição das espécies dar-se em mosaico, geralmente com combinações de menos de 100 espécies lenhosas por hectare, com poucas dominantes (vinte) e as demais raras, sendo que espécies abundantes em uma área podem ser raras ou ausentes em outras.

A fauna do Cerrado apresenta baixo grau de endemismo, pois as espécies de mamíferos totalizam 212, sendo somente 18 endêmicas, os répteis 184, mas 20 são específicas e 15 espécies ameaçadas, e os anfíbios 113, sendo 32 endêmicas e 3 ameaçadas. O bioma é responsável por mais de 50% das espécies de aves encontradas no Brasil, perfazendo 837 aves, destas 90,7% se reproduzem no bioma e apenas 3,4% são endêmicas (MACHADO et al., 2008).

Ademais, o bioma é percebido como o “o berço das águas”, por abrigar nascentes de bacias hidrográficas da América do Sul. Em termos de área, abrange 78% da bacia do Araguaia-Tocantins, 47% do São Francisco, 48% do Paraná/Paraguai e 66% do Parnaíba. Quanto à contribuição para a quantidade de água das bacias, o Cerrado é responsável por 71% na bacia do Araguaia/Tocantins, 94% no São Francisco, 71% no Paraná/Paraguai e 50% no Parnaíba (BRANDÃO & ARAÚJO, 2001).

O Cerrado, além de sua relevância global para a conservação da biodiversidade, é uma região importante para o desenvolvimento econômico do país. O PIB brasileiro somou cerca de US\$1,3 trilhão em 2007 e o bioma contribuiu com 25% desse total. No setor

agropecuário, o bioma participou com 34% das lavouras permanentes, 29% das lavouras temporárias e 30% da pecuária nacional (IBGE, 2008).

A despeito dessa conformação econômica, salienta-se que a evolução da atividade agropecuária configura-se como uma das principais atividades causadoras de alterações nas paisagens da região e dos respectivos impactos ambientais. Conforme o MMA (2005), cerca de 40% do bioma já foram completamente desmatados em apenas 40 anos e convertidos para usos antrópicos intensivos como agricultura, pastagem plantada, reflorestamento, represas, hidrelétricas, áreas urbanas e áreas degradadas. Os 60% de área ainda coberta por vegetação nativa, não significam a integralidade de áreas bem conservadas, já que incluem vegetação secundária e vegetação utilizada com pastagem, submetida a queimadas de alta frequência, a remoção de lenha para a produção de carvão vegetal e extrativismo vegetal e animal. Dessa maneira, considera o Cerrado um dos *hotspots*<sup>22</sup> mundiais de biodiversidade, pois pelo menos 137 espécies de animais existentes estão ameaçadas de extinção em função do grande avanço da agricultura e da sobre exploração de produtos nativos.

Dias (2008) identificou como externalidades negativas associadas à ocupação agrícola do Cerrado o desmatamento, a fragmentação da cobertura vegetal primitiva remanescente, a perda de patrimônio genético de espécies nativas, a forte aceleração das taxas de erosão dos solos, a compactação dos solos, a contaminação dos solos e das águas com resíduos de fertilizantes e agrotóxicos, os aumentos das perdas de água e redução da infiltração, a diminuição da biodiversidade e das ocorrências de surtos, pragas e doenças, e a intoxicação da população com resíduos tóxicos.

Ainda segundo o autor, a agricultura moderna praticada na região é insustentável, devido à alta taxa de compactação dos solos e a perda de capacidade de infiltração pela destruição da estrutura de microagregados causarem elevadas taxas de erosão dos solos e o incremento da vulnerabilidade das culturas ao estresse hídrico; o uso abusivo e incorreto de agrotóxicos, fertilizantes e calagem provocarem a poluição das águas; o manejo impreciso de sistemas de irrigação e a destruição das matas ciliares, tenderem a comprometer o balanço hídrico regional, que por sua vez coloca em risco a perenidade dos rios e o abastecimento das

---

<sup>22</sup> De acordo com o MMA (2005) o conceito de *hotspots* apoia-se em duas bases: endemismo e ameaça. As espécies endêmicas são mais restritas em distribuição, especializadas e suscetíveis à extinção, em face das mudanças ambientais provocadas pelo homem, em comparação com as espécies que têm distribuição geográfica ampla. O endemismo de plantas é escolhido como primeiro critério para definir um *hotspot*, porque as plantas dão suporte a outros tipos de vida. O nível de ameaça é fortemente definido pelo grau de perda de *habitat*, isto é, quando a área perde pelo menos 70% da cobertura original onde se abriga espécies endêmicas.

idades; o desmatamento desmedido e a instalação de monoculturas, eliminarem os inimigos naturais e polinizadores das propriedades agrícolas; e, a ocorrência de queimadas, resultarem em aumentos das emissões de gases de efeito estufa e partículas, alterando os fluxos de massas e energia, repercutindo em mudanças climáticas por toda a América do Sul, em decorrência das movimentações de grandes correntes de ar.

Por conseguinte, reconheceu-se que a ocupação e uso dos Cerrados têm ocasionado diversos danos ambientais, sendo assim, faz-se mister estabelecer ações que possibilitem a recuperação ou o redimensionamento de posturas políticas e intervenções econômicas insustentáveis. Nessa perspectiva, ressalta-se o estudo sobre o meio ambiente, relativamente à conservação e capacidade de suporte, com vistas evitar ou mitigar os impactos ambientais derivados de ações antrópicas.

## **4.5 Erosão do solo**

### **4.5.1 Características e formação dos solos**

Para Antoniazzi (2008), o solo é percebido como o berço da vida, em virtude de ser o palco onde se desenvolve a diversidade de vidas e a maioria das atividades produtivas. Contudo, como corolário dos fatores econômicos, a ação exploratória do homem tem extrapolado os limites, modificando o equilíbrio natural. Dessa forma, o solo pela ótica da produção, é apenas um recurso de composição variável que contém elementos químicos e minerais, matéria orgânica decomposta, ar (ocupando espaços porosos) e água com os respectivos solutos. No entanto, salienta-se que o solo é responsável por serviços ambientais<sup>23</sup> vitais, como a reciclagem de materiais, pois se encontra diretamente aliado à base da cadeia alimentar, atuando como o *lócus* dos vegetais e concentrando os decompositores. Logo, a manutenção e evolução da vida dependem da energia do sol, de elementos da água, do ar e, principalmente, do solo.

Para o referido autor, apesar da relevância histórica do solo para a sociedade, os primeiros estudos, datam do final do século XIX, quando expuseram que a atuação do clima

---

<sup>23</sup> Antoniazzi (2008) assevera que além da reciclagem de materiais, o solo responsabiliza-se pela produção de húmus, ciclagem de nutrientes e energia, fixação de nitrogênio atmosférico, produção de compostos complexos que causam agregação do solo, decomposição de xenobióticos e controle biológico de pragas e doenças, proporcionando, assim condições ideais para uma biodiversidade extremamente elevada.

e dos organismos em uma dada superfície, com determinada condição topográfica, com o decorrer do tempo constituía a formação de camadas mais ou menos paralelas em relação à superfície, que tinham características e formas diferentes daquelas do material de origem. Com base nessa conformação, o solo passou a ser reconhecido como parte do ecossistema terrestre, com características próprias.

De acordo com Santos *et al.* (2005), por meio do perfil do solo, verificam-se as diversas camadas de coloração e de feições morfológicas, as quais se denominam de horizonte do solo, que possibilitam a caracterização e classificação, através de um corte vertical de dois metros de profundidade. Cada horizonte apresenta uma simbologia e uma identificação própria, como representado na Figura 3.

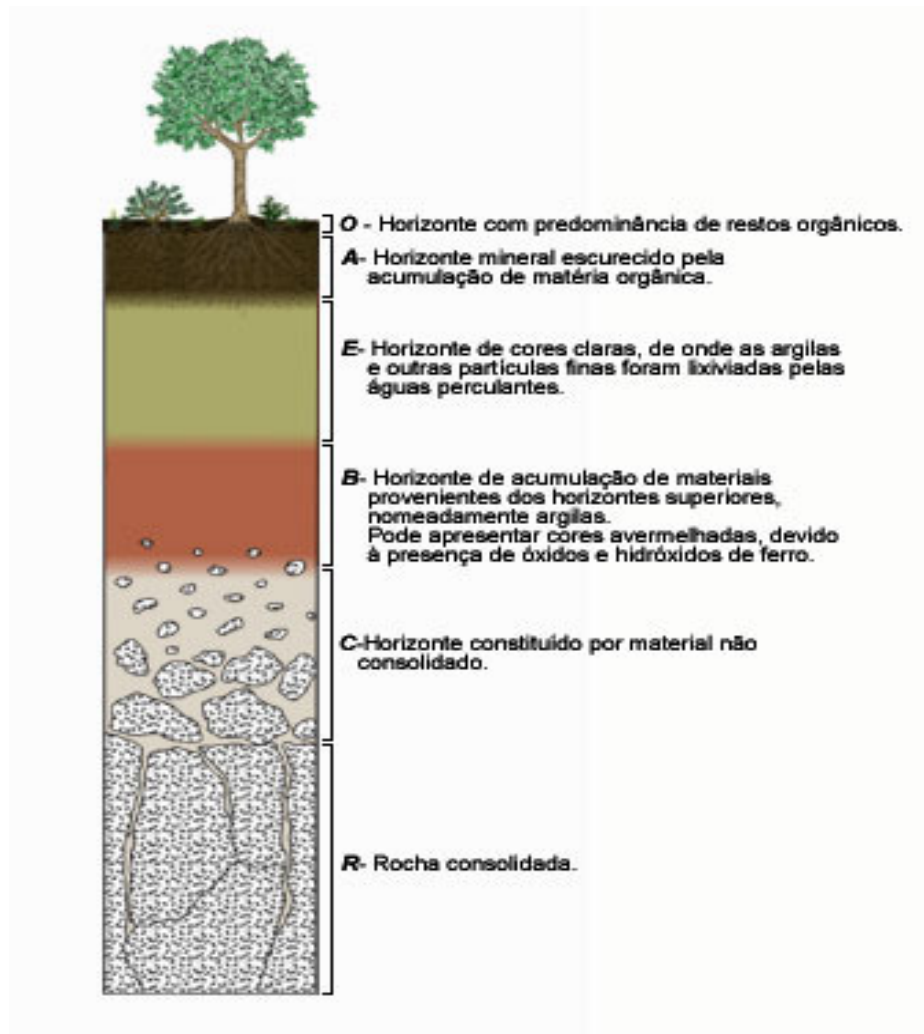


Figura 3: Perfil hipotético de solo contendo os horizontes principais.

Fonte: Adaptado de Press & Siever (2001).



Não obstante a Figura 3 evidenciar um tipo de solo hipotético, alguns dos horizontes combinados podem ser encontrados em diferentes tipos de solos. Nesse sentido, detectou-se que a parte superficial, que é a mais distinta do material original, exibe, em sua quase totalidade, compostos orgânicos conformando o horizonte O. A camada denominada de horizonte A, conta com menor quantidade de matéria orgânica e coloração mais escura, o horizonte E que se posiciona logo abaixo do A, apresenta cores claras e textura mais arenosa, já o horizonte B compreende mais argila e coloração mais clara que o horizonte anterior. O horizonte C é formado pelo material original e o horizonte R é a rocha. As características físicas do solo, como a cor, textura, estrutura, porosidade e permeabilidade são aspectos importantes para auxiliar na condução do tratamento do solo para protegê-lo contra o processo erosivo.

Segundo Resende *et al.* (1981), a cor é um indicativo para a utilização, devido apresentar variadas tonalidades em consonância com a cor do material que o originou, pois sofrem influência de fatores adversos da constituição, como a umidade, a maior ou menor presença de matéria orgânica, água e óxido de ferro. Os solos mais escuros, geralmente, possuem maior concentração de matéria orgânica e são mais úmidos. E, a textura do solo relaciona-se diretamente com as características do material originário e dos agentes naturais de sua formação. Destarte, a análise da textura requer o conhecimento da distribuição quantitativa das classes de tamanho das partículas que constituem o solo, através da classificação granulométrica.

De acordo com Bertoni *et al.* (1999), nenhum solo é formado por uma única partícula, mas por areia, silte e argila que em conjunto manifesta a diferença entre os tipos de textura, que na nomenclatura brasileira denominam-se de arenosa, média, argilosa e muito argilosa. Ademais, salienta que de maneira genérica os solos arenosos são mais soltos e de fácil penetração das raízes das plantas, os muito arenosos, com pouca argila na composição, são pobres em fertilidade e não conseguem reter umidade. Logo, para elevação da produtividade, necessitam de irrigação e fertilizantes, além de complementação de matéria orgânica para melhorar a retenção da umidade e dos nutrientes. Os solos com muita argila apresentam alta capacidade de absorção e retenção da umidade, mas pouca aeração, prejudicando a produtividade. Já os argilosos, com boa agregação e espaços porosos, podem ser altamente produtivos.

Para Prado (1991), em função da estrutura do solo ser definida a partir dos arranjos das partículas elementares que o forma, determina as formas de trabalho na terra, a permeabilidade da água, a resistência à erosão e o comportamento e crescimento das raízes das plantas. Assim, uma estrutura adequada deve exibir poros e espaços porosos para a aeração, contribuindo para a infiltração e o desenvolvimento das raízes das plantas, com agregados bastantes densos e coesos, dado que com o impacto das gotas da chuva, os agregados tendem a dispersarem, e os mais estáveis facilitam a infiltração e possuem maior resistência à erosão, uma vez que a estabilidade relaciona-se ao tipo de argila, aos elementos que estão associados com a argila, à natureza dos produtos de decomposição da matéria orgânica e ao tipo de população microbiológica do solo.

Conforme Bertoni *et al.* (1999, p. 43), a porosidade do solo consiste na parcela dos espaços que é concernente aos líquidos e gases em relação aos espaços referentes ao solo em si. Dessa forma, “o volume de poros em condições médias, representa a metade do volume do solo”. Nesse sentido, destaca-se que ao mesmo tempo em que os solos com texturas mais finas, compostas predominantemente de partículas pequenas ou argila, possuem maior porosidade e necessitam de zelo para manter a aeração.

Já para Prado (1995), os solos arenosos encerram baixa porosidade, porém contam com constante aeração. Destarte, comparando os solos cultivados com os não cultivados, percebeu que os primeiros caracterizaram-se pela menor porosidade, pois a redução do teor de matéria orgânica, aliado ao efeito da compactação e as gotas da chuva, provocaram a diminuição dos agregados maiores do solo, causando a restrição dos poros. Salienta-se, ainda, que na medida em que a permeabilidade é condição para o solo absorver água, através da infiltração, em milímetro por hora, mantém relação direta com a porosidade dos solos. Diante disso, nos arenosos, que contém poros maiores, a permeabilidade é mais rápida, enquanto nos argilosos se processa de forma lenta, devido a maior impermeabilidade. Por conseguinte, para o planejamento de práticas conservacionistas, faz-se imprescindível informações sobre a permeabilidade dos solos, para impedir a inviabilidade das técnicas empregadas.

Além das características expostas, destaca-se a relevância das classes de solos para mitigar as incertezas sobre os mecanismos e técnicas eficientes no controle da erosão. No Brasil, o sistema de classificação de solos é realizado sob a coordenação do Centro Nacional de Pesquisa de Solos da EMBRAPA, com o auxílio de várias instituições de ensino e de pesquisa. Assim, embasado nas descrições de Macedo (1996), Correia. (2004), Prado (1995) e

Reatto (1998), dentre as 14 ordens inventariadas no país, analisaram-se as classes relativas ao objeto sob investigação.

Para Diniz (2007), o Latossolo é a classe de solos que abrange a maioria das regiões do país e caracteriza-se por ser profundo de aspecto poento (estrutura granular ou do tipo pó de café), com coloração homogênea que varia do amarelo ao vermelho-escuro, com exceção do horizonte A, com coloração mais escura. Apresenta baixa fertilidade natural, respondendo de maneira satisfatória à adubação e/ou correção. Ademais, enfatiza que a maior parte da área é propícia à mecanização, o que contribui sobremaneira para a exploração agrícola, como o café, cana-de-açúcar, pastagens e grãos.

Segundo Macedo (1996), os referidos solos diferenciam-se pela cor e quantidade de óxido de ferro, desmembrando-se na coloração vermelho-arroxeadada, de fácil identificação por exercer forte atração por um ímã. As colorações vermelha e vermelho-escura são muito variáveis quanto à fertilidade e textura, próprio para utilização agrícola em virtude da facilidade de mecanização e distribui-se em distintas regiões do país, porém prepondera no Planalto Central. A vermelho-amarela que oscila quanto ao relevo, compreende área plana até ao ondulado forte com textura e fertilidade natural, sendo as maiores expressões geográficas do país e do cerrado piauiense, em cujas áreas montanhosas cultivam-se pastagens e café e, nas áreas planas, produzem-se grãos e pastagens. O latossolo de cor amarela conta com baixo teor de ferro, com ocorrência de torrões aliados a uma camada endurecida na transição do horizonte A para o B. No latossolo húmico, o horizonte A caracteriza-se por ser bastante espesso e com alta concentração de matéria orgânica, comum em áreas de elevada altitude, onde a temperatura é mais amena.

Conforme Reatto (1998), os Nitossolos exibem cores variadas, do amarelo ao vermelho-escuro, diferindo do Latossolo pela menor profundidade e acúmulo de argila no horizonte B em relação ao horizonte A, dificultando a infiltração da água. Por situar-se em relevo mais montanhoso e ser argiloso no horizonte B, são muito suscetíveis à erosão. Sem embargo tais características não inviabilizarem a atividade agrícola, ressalta-se que os solos requerem manejo racionais com vistas à conservação.

Na concepção de Correia (2004), os Cambissolos são pouco desenvolvidos, geralmente rasos ou com profundidade mediana, podendo apresentar remanescentes de rochas no horizonte B. São heterogêneos quanto à cor e as propriedades químicas e físicas, oscilando

da elevada fertilidade a infertilidade e da textura média a muito argilosa. Esta conformação dificulta a generalização do uso agrícola e da suscetibilidade à erosão.

Consoante Diniz (2007), os Neossolos Litólicos são rasos, com espessura inferior a 50 cm, expressando que o horizonte A mantém contato direto sobre a rocha. Ocupam áreas de topografia mais ondulada, frequentemente associados ao afloramento rochoso e a Cambissolos em todo o território nacional. As principais limitações ao uso agrícola são evidenciadas pela pequena espessura e baixa fertilidade natural. Enquanto, os Neossolos Quartezarênicos são profundos, arenosos, compostos principalmente de quartzo. Em função da excessiva drenagem não armazenam água, logo são de baixa fertilidade, o que restringe a utilização das pastagens e reflorestamento, apesar de contarem com perímetros irrigados para cultivo de fruticultura. E, os solos de várzeas encontram-se em ambientes altamente encharcados, devido permanecerem, praticamente, todo o ano cobertos de água. Tal situação provoca a redução da intensidade de ferro e a presença de coloração mais acinzentada, genericamente conhecido como hidromórfico. Todavia, enfatiza a existência de ambientes de drenagem mais livre, que em razão das cheias recebem materiais, formando solos em camadas, não possibilitando, em virtude do espaço temporal, a formação de horizontes com sequência do tipo A, B, e C. Tais solos denominam-se Neossolos Flúvicos.

Por conseguinte, com base nessa configuração, inferiu-se que o solo é um recurso natural finito, limitado e não renovável. E, em face do incremento progressivo das taxas de degradação a partir do desenvolvimento da agricultura mecanizada, reflexo das ações antrópicas, reconheceu-se a importância de analisar os distintos tipos de solos próprios do cerrado piauiense, com a finalidade de identificar o manejo adequado, com vistas à produção racional sem comprometimento do meio ambiente.

#### **4.5.2 Processo erosivo**

Segundo Carvalho *et al.* (2001), sob condições naturais o solo apresenta cobertura vegetal que o protege contra o impacto das gotas de chuva e age como obstáculo ao transporte das partículas que passam a ser desagregadas. Outrossim, as raízes das plantas asseguram a infiltração da água, reduzindo a intensidade das enxurradas e o transporte de terra, para manter o solo inalterado. Pois, sob interferência do homem, o solo fica desprotegido pelo

menos durante algum período do ano. Nesse contexto, o efeito das gotas de chuva desagrega o solo, dificultando a infiltração de água, formando enxurradas que assoream as baixadas.

Esse cenário, conforme Bastos Filho (1995, p. 37), deixa claro que,

A erosão do solo é um fenômeno natural que se mantém em equilíbrio com o dinâmico processo de formação dos solos, sendo causado pela interação de fatores naturais: topográficos, climáticos, edáficos e biológicos. Entretanto, o rompimento deste equilíbrio, por exemplo, através da ação humana, removendo ou modificando a cobertura vegetal original, se traduz numa forte aceleração do processo erosivo, comprometendo os longos anos necessários para a formação do solo.

Com base neste panorama, explicita-se no Quadro 1, os limites naturais de formação e erosão do solo.

Taxa de formação natural	0,5 a 2,5 mm/ano
Taxa de erosão natural	0,0 a 1,0 mm/ano

Quadro 1 - Taxa de formação e erosão natural do solo.

**Fonte:** Bastos Filho (1995).

Através do referido Quadro, verificou-se que variações dentro dos intervalos de formação e erosão não alteram o equilíbrio do solo. Contudo, atividades antrópicas podem rapidamente incrementar as taxas de erosão, o que invariavelmente, levará para além do que Bellinazzi Jr. *et al.* (1981) chamam de limites de tolerância, ou seja, o ponto a partir do qual se pode estabelecer o que são perdas aceitáveis e se as perdas devem ser interrompidas ou controladas para não deteriorar o solo.

De acordo com Freire (1997), as perdas aceitáveis são as que geralmente ocorrem sob condições naturais, isto é, são expressas pela relação:

$VFS = VE$ , onde;

VFS = Velocidade de Formação do Solo;

VE = Velocidade da Erosão.

Nessa perspectiva, a identificação de perdas que prejudicam o solo, significa a não aplicação da relação acima. Então, a mensuração das perdas aceitáveis por meio dos métodos de Smith & Stamey (1964 *apud* FREIRE, 1997) manifestam que os solos profundos podem perder até 12 t/ha ano, enquanto os solos com pouca profundidade não devem perder mais do que 3,5 t/ha ano, pois pode ameaçar a capacidade de produção num curto período de tempo.

Como afirma Bastos Filho (1995), a erosão hídrica apresenta-se através de três estágios. O primeiro, denominado de erosão laminar, se expressa quando o dano assume caráter irreversível, ou seja, evidenciado pela recorrente remoção das camadas superficiais da terra. O segundo, caracterizado pelos sulcos, é conhecido como estágio intermediário, pois ocorre quando a enxurrada se concentra em alguns pontos, abrindo pequenas valetas com poucos centímetros de profundidade na superfície do terreno, os quais rapidamente evoluem. O terceiro estágio, denominado de voçorocas, consiste na continuidade do segundo e decorre do aprofundamento dos sulcos, os quais podem impactar vastas extensões, derivado do volume de terras carregadas. Este cenário torna a área economicamente inaproveitável, redundando em sérios danos econômicos e ambientais.

Por conseguinte, para a perda do solo não comprometer a produção faz-se necessário o emprego de práticas de controle da erosão que respeitem a capacidade de uso do solo. Todavia, apesar de existirem técnicas eficientes de controle da erosão testadas e divulgadas pelos órgãos de pesquisa e extensão rural, a utilização ainda é incipiente pelos produtores rurais. Sobre esse fenômeno, Cunha *et al.* (1993, p. 41) reconhecem que esta situação continuará ocorrendo,

Enquanto a oferta de terra for elástica, a adoção de tecnologias que sejam poupadoras do recurso em questão só seria feita pelo produtor caso fosse criada escassez via regulamentação, ou criando tecnologias que além de poupar o recurso solo, reduza também os custos de produção.

Nessa perspectiva, o dito autor realça que, sem embargo em regiões tropicais os fatores causadores da erosão serem a água (erosão hídrica) e o vento (erosão eólica), este estudo versou somente sobre a erosão hídrica, em virtude desta predominar no cerrado piauiense, pois a remoção das camadas delgadas e uniformes do solo provocaram danos, ocasionados pelo arrastamento de partículas mais leves do solo, pois são as mais ricas e ativas e pouco perceptíveis numa escala curta de tempo.

No Brasil, a erosão hídrica tem contribuído seriamente para acelerar a redução da produtividade do solo, em consequência do uso de práticas inadequadas nas atividades agrícolas. No entanto, para Bertoni *et al.* (1999), além da erosão hídrica, a lavagem de elementos nutritivos solúveis nas águas de percolação que se infiltram a profundidades inacessíveis para as raízes das plantas, a combustão acelerada da matéria orgânica que resultam do clima subtropical e tropical ou das queimadas e o consumo sem a devida reposição dos elementos nutritivos extraídos da terra pelos produtos agrícolas, são agentes de deterioração da fertilidade do solo.

Enfatiza-se, que para Oliveira (2004), em campos agrícolas onde se presencia o rompimento do equilíbrio natural, sem a contenção do processo erosivo, os efeitos danosos são potencializados, na medida em que em área plantada e solo mantido descoberto, perde por ano cerca de 3 a 6 vezes mais solo do que em área idêntica com vegetação densa, além das perdas consideráveis de água pela incapacidade de absorção.

Portanto, ressalta-se que a erosão do solo, enquanto fenômeno natural, resultante do próprio processo de formação do solo, sempre ocorreu e continuará a ocorrer. Contudo, contrariamente, a erosão acelerada origina-se do manejo inadequado dos solos produtivos e da exploração das terras marginais, proveniente do comportamento do produtor, que para compensar as perdas incorridas na produção, incorpora terras antes inexploradas, implicando em um ciclo perverso com sérias repercussões para o meio ambiente.

#### **4.5.3 Erosão do solo agrícola e os impactos econômicos e ambientais**

O recorrente debate sobre preservação/manutenção de ecossistemas, alterações climáticas, desmatamentos, poluição de distintos tipos e formas, biodiversidade, dentre outros, revelou o solo como um recurso natural primordial, em função da relação de dependência da humanidade, tanto de forma direta (produção de víveres) quanto indiretamente (abrigo e utensílios para caça), ou seja, à proporção que os debatedores perceberam que o solo é fundamental para a sobrevivência, o homem despertou para a investigação da composição, dos mecanismos de uso e conservação dele.

Segundo Martins (2003), a grande contribuição para a produção de alimentos advém do Brasil por encerrar cerca de 20% do solo agricultável do mundo. Logo, o país

possui imensa responsabilidade no manejo dessa reserva, por ser um recurso estratégico, não renovável e de relevância social, econômica e ambiental para a sociedade.

De acordo com Martins (2003), a erosão hídrica é um problema de magnitude mundial. Estima que 140 bilhões de hectares de solo de boa qualidade estarão degradados até 2010. No Brasil, a perda anual de solo por erosão acelerada era de aproximadamente 600 milhões de toneladas e somente o estado de São Paulo respondeu por 32,3%, isto é, por 194 milhões de toneladas de terra carregadas pela erosão oriunda do uso intensivo ou indevido do solo. Este montante representou uma remoção de 10 cm de solo em uma área de 200.000 hectares, contabilizando um prejuízo anual de 200 milhões de dólares em termos de nutrientes.

De acordo com Dias (2008), na região dos Cerrados, a perda de solo e fertilizantes têm sido significativa, haja vista que as taxas anuais de perda de solo em áreas de Latossolos com declividade de 5,5% com cobertura natural encontravam-se em torno de 0,1 t/ha a 0,2 t/ha e aumentaram para uma média de 8 t/ha, 12 t/ha e 36 t/ha com os plantios de soja, arroz e milho, respectivamente. Já as áreas de terra aradas apresentaram taxas de 53 t/ha. Nesse sentido, com base nas taxas de erosão da soja e do arroz, conjectura-se que a implementação da agricultura mecanizada pode elevar as perdas de solo em até 100 vezes. Porém, ressalta-se que a perda de solo de toda a região era de 180 milhões de toneladas ao ano.

Conforme Daher & Lopez (2008), relativamente aos fertilizantes, o manejo inadequado dos solos aumenta celeremente a privação de nutrientes, uma vez que podem chegar aos seguintes níveis: P, catorze vezes; Ca e Mg, duas vezes; K, uma vez; e, matéria orgânica, cinco vezes. Esta configuração onera significativamente a produção agrícola dos Cerrados.

Na concepção de Marques (1998), os passivos ambientais causados pelo processo de erosão do solo podem ser agrupados em efeitos internos e externos à área de produção agrícola. Os internos manifestam-se pela diminuição da produção, da produtividade, da renda do produtor agrícola, da capacidade de infiltração da água, da oferta de alimentos, da área agrícola, da valorização da propriedade do agricultor, além da deficiência de nutrientes e de material orgânico, e da deterioração de sementes e mudas, impactando os custos de produção derivado dos gastos adicionais com fertilizantes e irrigação, com replantio e com prejuízos em investimentos em sistemas de produção melhorados.



Apesar das insuficientes publicações no Brasil sobre os efeitos internos da erosão, destacam-se: Marques (1998), que calculou a perda de solo da bacia hidrográfica do Sapucaí-SP em 9.679.760 t/ano, resultando em um custo de reposição de nutrientes de US\$ 5.377.913,00; Marques & Pereira (2004), que mensuraram as estimativas do valor econômico dos danos ao solo agrícola, na bacia hidrográfica do Rio Jaguarí-SP, o qual foi da ordem de US\$ 715.000,00 por ano, cujo estrago de solo correspondeu a 674.728 t/ano; Marques (1998), que atribuiu valor aos efeitos internos da erosão do solo do município de Santo Antônio do Jardim - SP, da ordem de 23.000 toneladas/ano para perda de solo e R\$ 43.979,00 para custo de reposição; e, Rodrigues (2005), que identificou a deterioração de solo em 244.832 t/ano e o custo de reposição em R\$ 227.482,46, para o plantio de soja e milho no município de Mineiro-GO.

Segundo Antoniazzi (2008), a erosão também ocasiona efeitos deletérios aos recursos hídricos. Dessa forma, os impactos da erosão do solo externos à propriedade são classificados em dentro e fora dos corpos d'água. Estes últimos são caracterizados pelo aumento dos danos das inundações e das dificuldades de condução da água, incremento das necessidades de tratamento de água e obstrução de poros do solo. Os efeitos dentro dos corpos d'água evidenciam o acréscimo dos desgastes de equipamentos, diminuição da qualidade da água e do valor para usos recreativos, eutrofização, obstrução da navegação, consequências nocivas para a vida aquática e redução dos leitos dos rios.

Não obstante os impactos externos da erosão dos solos serem diversos e por isso necessitem de grande volume de informações para poder analisá-los em conjunto, verifica-se que a maioria dos estudos existentes analisa-os isoladamente. Inclusive os mais comuns versam sobre os efeitos na produção de hidrelétricas no tratamento de água para uso doméstico e a perda de espaços recreativos em represas. Ilustra-se essa realidade por meio da constatação de Ortiz (1997), que o aumento nos custos de tratamento de água na Bacia do Corumbataí – SP atribuída à erosão, foi de R\$ 548.318,00 por ano, pois significou que cada família abastecida pela água produzida na bacia pagou R\$ 0,62 mensais adicionais em virtude dos processos erosivos.

Portanto, percebeu-se que a amplitude dos efeitos da erosão transcende os limites da propriedade rural. No entanto, tendo em vista a complexidade que se reveste a identificação da totalidade dos impactos ambientais dos efeitos internos e externos da erosão e da extensão destes, optou-se, nessa pesquisa como objeto de investigação, a avaliação

monetária do custo de reposição de nutrientes do solo agrícola no cerrado piauiense decorrente da produção de soja, no sentido de averiguar como a degradação impacta a região.

#### 4.6 Valoração econômica da erosão no cerrado piauiense

Na medida em que o uso de tecnologias pelos produtores rurais é determinado pela eficiência e rentabilidade econômica, os impactos subsequentes da utilização expõem o dilema entre eficiência econômica e eficácia social, associado às escolhas técnicas dos agentes maximizadores de lucros.

Nessa perspectiva, em função da necessidade de expandir a fronteira agrícola para atender interesses da política macroeconômica, os cerrados brasileiros começaram a ser sistematicamente ocupados com produção agropecuária em larga escala. Assim, esse cenário caracterizado pelo cultivo intensivo de *commodities*, alicerçado na utilização de tecnologias e insumos modernos, produzidos por oligopólios transnacionais, foi responsável por diversas externalidades negativas nos solos, nos recursos hídricos e na biodiversidade do bioma.

Em consonância com Cunha *et al.* (1993), a problemática da erosão dos solos, no início dos anos de 1980, incentivou os empreendedores agrícolas a buscarem tecnologias alternativas conservacionistas, dentre as quais desponta o plantio direto<sup>24</sup>. Porém, a difusão da referida tecnologia mostrou-se inviável para os Cerrados, devido aos elevados custos de implantação. Contudo, na década de 1990, a redução do preço do herbicida dessecante tornou este sistema produtivo economicamente vantajoso, devido à aproximação dos custos da tecnologia convencional.

---

<sup>24</sup> Como esclarece WWF (2008), o plantio direto é a técnica de semeadura na qual a semente é colocada no solo não revolvido (sem prévia aração ou gradagem leve niveladora) usando semeadeiras especiais. Um pequeno sulco ou cova é aberto com profundidades e larguras suficientes para garantir a adequada cobertura e contato da semente com o solo. Ademais, recomenda o não uso de implementos, como o arado e grade leve niveladora que são comuns na agricultura brasileira e no preparo do solo antes da semeadura. Uma vez adotado o plantio direto, a técnica não deve ser utilizada intercaladamente com arado, grade niveladora e grade aradora. Salienta que a manutenção de restos de culturas, como trigo, milho, aveia e milheto na superfície do solo são fundamentais para a eficiência do plantio direto, deixando grande parte coberta com palha. Com o auxílio de um trator passa-se um rolo-faca ou uma roçadeira para espalhar a palha seca e, em seguida, com uma semeadora específica, o terreno é semeado "rasgando-se" em linha a palha que cobre o terreno e depositando a semente e adubo no pequeno sulco. Esta técnica constitui-se numa prática conservacionista, devido grande parte do terreno ficar coberta de palha (cobertura morta ou *mulch*) e protegida da erosão, pois, caso haja uma chuva forte, o impacto da gota da chuva será amortecido pela palha antes de atingir a superfície do solo.

Por conseguinte, para o cálculo das perdas econômicas oriundas da erosão faz-se premente salientar as técnicas de plantio adotadas, sob pena dos resultados diferir substancialmente da realidade. Porém, como não existem estatísticas precisas de área plantada por sistema de plantio no cerrado piauiense, consideram-se duas hipóteses: 1) toda a produção de soja é realizada através do plantio convencional; e, 2) toda a produção de soja é implementada por meio do plantio direto. No intuito de obter informações e parâmetros para a análise do comportamento dessas perdas, durante um determinado período de tempo, optou-se por calculá-las em dois momentos distintos, ou seja, para as safras de 2000/2001 e 2007/2008.

Todavia, faz-se mister enfatizar que a grande dificuldade para a aplicação das técnicas de valoração ambiental centra-se na ausência generalizada de dados, principalmente, quanto aos indicadores físicos de referência próprios de cada ecossistema. Contudo, em virtude da inexistência de informações a respeito da área sob investigação, lançou-se mão de estudos de áreas com particular semelhança quanto ao tipo de solo (latossolos) e cultura (soja) predominante na região, realizados por Dedecek *et al.* (1986), Marques (1998), e Rodrigues (2005).

Nessa perspectiva, evidencia-se que os custos internos da erosão devem ser calculados com base nas transformações das perdas de solo em perdas de nutrientes, considerando a composição do solo. De acordo com Campos (2000, p. 17), "(...) do ponto de vista econômico, o custo da erosão não depende da quantidade física de terra perdida, mas dos efeitos econômicos dessas perdas", o que denota que os dados físicos demonstram a grandeza qualitativa do processo erosivo, mas não são suficientes para aferir as medidas econômicas dos impactos. Dessa forma, faz-se premente conhecer o valor monetário do rendimento perdido, estimado através dos custos de reposição de nutrientes.

Para tanto, admite-se que a perda de solo corresponde à perda de nutrientes. Sendo assim, Marques (1998) expõe a equação de determinação dos custos internos:

**Custos internos = (Qn x Pn) + Ca + (Pp x Qp)<sup>25</sup>**, onde:

Qn= fertilizantes carreados pela erosão (tonelada);

Pn = preço dos fertilizantes (R\$);

Ca = custo de aplicação dos fertilizantes (R\$);

<sup>25</sup> Orientando-se por Marques (1998), diante da inexistência de informações sobre a redução da produtividade no longo prazo, como no caso do presente estudo, reconheceu-se como verdadeira a hipótese de que a reposição de nutrientes é suficiente para a manutenção da produtividade. Portanto, atribuiu-se valor zero às variáveis Pp e Qp, tornando-as nulas para efeito de cálculo.

Pp = preço da produção agrícola (R\$);

Qp = redução da produtividade de longo prazo devido a erosão.

Para a obtenção dos custos internos, é imprescindível calcular preliminarmente a erosão de todo o cerrado piauiense decorrente da produção de soja. A obtenção desse dado resultou do produto das perdas de solo, por hectare, sob sistemas de plantio, pela área ocupada com soja, como explicitado na Tabela 4.

Tabela 4 – Área ocupada com soja e perda de solo no cerrado piauiense, plantio convencional e direto, safras 2000/2001 e 2007/2008.

Safras	Área ocupada <sup>1</sup> (ha)	Erosão no plantio convencional <sup>2</sup> (t/ano)	Erosão no plantio direto <sup>2</sup> (t/ano)
2000/2001	62.000	620.000	496.000
2007/2008	253.600	2.536.000	2.028.800

**Fonte:** Conab (2008)<sup>1</sup>; Calculados com base nos dados de Dedecek *et al.* (1986)<sup>2</sup>.

Constatou-se, em consonância com a Tabela 4, que nas safras consideradas, as perdas físicas de solos nos plantios convencional e direto de soja foram de 10 t/ha/ano e 8 t/ha/ano, respectivamente. Identificou-se, também, que o plantio convencional gerou uma erosão 25% superior ao direto, evidenciando a relevância desta tecnologia para a sustentabilidade do manejo do solo.

Em função do elevado potencial para a sojicultura, em 2002, a Bunge Alimentos S.A instalou-se em Uruçuí, provocando, por um lado, a incorporação de novas áreas ao agronegócio de soja, cujo aumento expressivo foi de 309% e, por outro lado, um *boom* na produção. Essa configuração ao mesmo tempo em que proporcionou profundas modificações na estrutura agrícola do Piauí, patenteou a erosão como um relevante indicador do impacto ambiental derivado da relação direta entre as variáveis, área ocupada e erosão.

Nessa perspectiva, Correia (2004) ressalta que o grande desafio para a agricultura reside em elevar a produtividade ao invés de crescer a área ocupada, minimizando a degradação dos solos. No cerrado piauiense, a despeito do crescimento da produtividade no dito período de 36,43%, percebeu-se que a expansão da área cultivada foi 8,4 vezes maior,

indicando que a inclusão de novas terras ocorreu em um ritmo superior ao do maior rendimento por hectare.

Portanto, ressalta-se que as perdas dos solos não refletem apenas a magnitude física do dano, pois com a desagregação de sua estrutura pelo processo de erosão perdem-se também os nutrientes depositados na camada mais superficial, empobrecendo-os. Este cenário manifesta a importância dos nutrientes para o desenvolvimento das plantas, inclusive Dias & Fernandes (2006, p. 3) explicitam que,

Os nutrientes, conforme a quantidade ou proporção, podem ser divididos em duas categorias: macronutrientes (carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e micronutrientes (boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio, zinco, sódio, silício e cobalto). Se o solo não dispuser de suficiente quantidade de qualquer dos nutrientes mencionados, mesmo aqueles minimamente necessários, há prejuízo no crescimento e no desenvolvimento da planta. As deficiências mais comuns são de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (...) Como importante componente das proteínas e da clorofila, o nitrogênio frequentemente é fator primordial no aumento da produtividade agrícola. O fósforo é responsável pelos processos vitais das plantas, pelo armazenamento e utilização de energia, promove o crescimento das raízes e a melhora da qualidade dos grãos, além de acelerar o amadurecimento dos frutos. O potássio é responsável pelo equilíbrio de cargas no interior de células vegetais, inclusive pelo controle da hidratação e das doenças.

Ainda para Dias & Fernandes (2006, p. 4), para o cálculo de reposição de nutrientes são considerados apenas N, P, K e Ca + Mg, pois “os demais macro e micronutrientes, apesar da importância biológica, não tem expressão econômica, por serem utilizados em quantidades muito pequenas”.

Logo, no sentido de elucidar esse processo, demonstra-se a concentração dos principais nutrientes encontrados nos solos na Tabela 5.

Tabela 5 – Concentração dos principais nutrientes do solo, em porcentagem.

<b>Elementos</b>	<b>Valores em %</b>
Nitrogênio (N)	0,096750
Fósforo (P)	0,002641
Potássio (K)	0,010058
Calcário e Magnésio (Ca + Mg)	0,094872

**Fonte:** Marques (1998); Rodrigues (2005).

Para Daher & Lopez (2008), a disponibilidade dos elementos essenciais para a nutrição vegetal, depende das características do solo em relação a sua qualidade física, química e biológica. Como os solos da região do Cerrado são caracterizados pela baixa fertilidade, apresentam níveis extremamente reduzidos de N, P, K, Ca, Mg, Enxofre (S), Zinco (Zn), Boro (B), Cobre (Cu).

A partir da referida Tabela, comprovou-se a estreita ligação entre erosão e queda da fertilidade natural do solo, pois atrelada a cada tonelada de terra perdida, estão os respectivos percentuais em toneladas de nutrientes. Por exemplo, a cada tonelada erodida, perde-se 0,096750% de Nitrogênio. Evidencia-se, portanto, que a deterioração no processo de erosão não se limita à questão física, na medida em que há também déficit de nutrientes vitais.

Com a finalidade de explicitar essa conexão apresenta-se a Tabela 6.

Tabela 6 – Perda de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K) e Calcário e Magnésio (Ca + Mg) no cerrado piauiense, nos plantios convencional e direto, em t/ano, nas safras de 2000/2001 e de 2007/08.

Tipos de nutrientes	Perda de nutrientes em plantio convencional	Perda de nutrientes em plantio direto	Perda de nutrientes em plantio convencional	Perda de nutrientes em plantio direto
	Safra 2000/2001		Safra 2007/2008	
Nitrogênio (N)	599,85	479,88	2.453,58	1.962,86
Fósforo (P)	16,37	13,10	66,98	53,58
Potássio (K)	62,35	49,88	255,07	204,06
(Ca + Mg)	588,20	470,56	2.405,95	1.924,76

**Fonte:** Elaborada a partir das Tabelas 4 e 5.

Com base nos dados de perda de solo na produção de soja sob sistemas de plantio (Tabela 4) e da concentração de nutrientes no solo (Tabela 5), mensuraram-se os valores, das perdas de nutrientes (Tabela 6). Observou-se que a magnitude física das perdas de nutrientes para as safras 2000/2001 e 2007/2008, nos plantios convencional e direto, configuraram-se na seguinte ordem de grandeza decrescente: N, Ca+Mg, K e P. Salienta-se que tal ordem permaneceu válida para todos os cálculos subsequentes referentes às perdas físicas e que, portanto, expressou a importância relativa dos elementos para a mensuração do custo de reposição.

De acordo com Marques (1998), como consequência da perda de nutrientes, explicitaram-se os impactos ambientais e econômicos. Os ambientais referiram-se a perda da capacidade de reter água, danos à microflora e a microfauna e, principalmente, a redução da fertilidade do solo. Os econômicos manifestaram-se pela necessidade de reposição de tal fertilidade, pois, para cada nutriente natural carregado, utilizou-se um respectivo fertilizante sintético, os quais em conformidade com a Tabela 7 foram: o superfosfato simples para o Fósforo, o cloreto de potássio para o Potássio e o calcário dolomítico para o Cálcio + Magnésio. Para a reposição do Nitrogênio, utilizou-se um mecanismo diferenciado, que posteriormente será detalhado.

Tabela 7 – Valores de conversão de perdas de nutrientes em fertilizantes comerciais.

Elementos	Fertilizantes	Teor médio de Nutrientes	Kg de fertilizantes por Kg de nutriente perdido
P	Superfosfato Simples	18%	5,56
K	Cloreto de Potássio	58%	1,72
Ca + Mg	Calcário Dolomítico	38%	2,63

**Fonte:** Marques (1998).

Segundo Diniz (2007) e Bastos Filho (1995), cada solo possui um nível tolerável de perda por erosão que representa a capacidade natural regenerativa. Em solo tropical, tal nível é muito baixo, como o Latossolo do cerrado piauiense que apresenta baixa fertilidade original, porém, responde de maneira satisfatória à adubação e a correção. Enfatiza-se que no presente trabalho não se considerou a capacidade de suporte do solo, em virtude da inexistência de informações correlatas sobre a região, desta forma contemplou-se a necessidade e a eficiência da reposição integral dos nutrientes pelas taxas de conversão expostas na Tabela 7, sem embargo reconhecer que o solo encerra um limite natural, de difícil mensuração, e, após ultrapassá-lo, torna-se inócua a reposição artificial, e quando sucede a transposição, a valoração é medida através da apreensão do valor de existência do recurso.

Consoante com a Tabela 7, os valores médios de conversão de fertilizantes em nutrientes a partir dos dados fornecidos pelos fabricantes de insumos agrícolas, assentaram em que a cada kg de Fósforo, Potássio e Cálcio + Magnésio, foram necessários 5,56 kg de Superfosfato Simples, 1,72 kg de Cloreto de potássio e 2,63 kg de Calcário dolomítico, respectivamente. Dessa maneira, por meio dos valores das perdas de nutrientes, calculou-se a equivalência em fertilizantes, multiplicando os valores das perdas de nutrientes (Tabela 6), expresso em toneladas, pelos seus equivalentes em fertilizantes (Tabela 7), assim, identificaram-se os valores contidos na Tabela 8.



Tabela 8 – Equivalente em fertilizantes dos nutrientes perdidos no cerrado piauiense, em plantios de soja convencional e direto, em toneladas, safras de 2000/2001 e de 2007/2008.

Fertilizantes /Tipos de plantio	Plantio convencional (Qn 1)	Plantio direto (Qn 2)	Plantio convencional (Qn 3)	Plantio direto (Qn 4)
	2000/2001		2007/2008	
Superfosfato Simples (t)	91,02	72,84	372,40	297,90
Cloreto de Potássio (t)	107,24	85,79	438,60	350,98
Calcário Dolomítico (t)	1546,97	1237,57	6.327,65	5.062,12

**Fonte:** Elaborada a partir das Tabelas 6 e 7.

Diante do disposto na Tabela 8, perceberam-se as quantidades totais por tipo de fertilizantes carregados pela erosão, isto é, a variável (Qn) da equação de Custos Internos. Por efeito meramente didático, optou-se por dividi-la em **Qn 1, Qn 2, Qn 3 e Qn 4**.

Na safra 2000/2001, para a reparação da perda de fertilidade causada pelo carregamento de 16,37 e 13,10 toneladas de P, nos plantios convencional e direto, foram necessários 91,02 e 72,84 toneladas de Superfosfato Simples, respectivamente (Tabela 8), ou seja, consistiu no resultado do produto da perda de nutrientes (Tabela 6) pelo equivalente em fertilizantes (Tabela 7). Para a reposição do K, precisou-se de 107,24 e 85,79 toneladas de Cloreto de Potássio, e para a reconstituição do Ca+Mg utilizou-se de 1.546,97 e 1.237,57 toneladas de Calcário Dolomítico, referentes aos plantios convencional e direto, respectivos.

Na safra 2007/2008, a reposição do P implicou na utilização de 372,40 e 297,90 toneladas de Superfosfato Simples, para o K, fez-se uso de 438,60 e 350,98 toneladas de Cloreto de Potássio e, para Ca+Mg exigiu-se 6.327,65 e 5.062,12 toneladas de Calcário Dolomítico, nos plantios convencional e direto, respectivamente.

Para a ANDA (2008), o comportamento dos preços dos fertilizantes no Brasil é extremamente volátil, devido o país ser altamente dependente da importação de fertilizantes e, portanto, suscetível às variações cambiais. Em 2008, por exemplo, dos 22 milhões de toneladas disponibilizados ao consumidor final, 15 milhões (68%) foram importados, revelando a dependência do Brasil em relação à produção externa. Além disso, a fabricação

dos adubos químicos requer o uso de derivados do petróleo, o que atrela os preços as oscilações da *commodity*.

Como asseveram Dias & Fernandes (2006), no Brasil 40% da demanda nacional de fertilizantes concentra-se no cultivo da soja, demonstrando a importância da adubagem para a produção do grão. Ademais, a quantidade requerida de fertilizantes para a produção de soja (Tabela 8) tem demanda inelástica, tendo em vista não existirem substitutos perfeitos para o produto, o que significa que para o sojicultor não há alternativa frente ao aumento dos preços. Logo, devido o preço dos fertilizantes ser uma das variáveis do custo de reposição de nutrientes, este, também, se consubstancia como instável.

Destarte, com as variáveis **Qn 1**, **Qn 2**, **Qn 3** e **Qn 4** e os preços de mercado dos fertilizantes (**Pn**)<sup>26</sup>, calculou-se o custo de reposição dos nutrientes (exceto N), sem acrescentar o custo de aplicação dos fertilizantes no cerrado piauiense, nos sistemas de plantios convencional e direto, nas safras 2000/2001 e 2007/2008, a preços correntes, conforme as Tabelas 9, 10, 11 e 12.

Os cálculos apresentados, nas Tabelas acima citadas, elucidam os gastos necessários à reposição dos nutrientes perdidos pela erosão através do uso de fertilizantes sintéticos. O valor exposto em cada Tabela expressou o impacto econômico da reposição de P, K e Ca+Mg para toda a área plantada de soja do cerrado piauiense, nas safras e sistemas de plantios, respectivos. O valor por hectare representou o custo adicional incorrido pelo sojicultor decorrente da perda dos referidos nutrientes. Portanto, os valores foram aludidos à primeira parcela da valoração econômica dos danos ambientais derivados da erosão do solo agrícola na região.

---

<sup>26</sup> Trata-se da segunda variável da equação dos custos internos da erosão, foi obtida através de pesquisa direta junto a Empresa de Consultoria Agrícola de nome PAT-VAG, localizada na cidade de Bom Jesus, a mesma presta serviço para produtores de soja da região sudoeste do Piauí. O levantamento centrou-se nos preços correntes dos fertilizantes de dezembro de 2000 a 2008, já incluso o transporte da mercadoria até as propriedades. Tais valores são conhecidos no mercado como “preço posto fazenda”.

Tabela 9 - Cálculo da perda monetária por tipo de fertilizante, em reais por toneladas, a preços correntes, em plantio convencional, no cerrado piauiense, na safra 2000/2001.

Tipos de fertilizantes	Quantidade de fertilizantes (t) ( <b>Qn 1</b> )	Preço de mercado ( <b>Pn</b> ) (R\$)	Valor da perda (R\$)
Superfosfato Simples	91,02	450,00	40.959,00
Cloreto de Potássio	107,24	630,00	67.561,20
Calcário Dolomítico	1546,97	45,00	69.613,65
Valor Total			178.133,85
Valor por hectare			2,87

**Fonte:** Elaborada a partir da Tabela 8.

Na Tabela acima, verificou-se que no plantio convencional, safra 2000/2001, o custo de reposição de nutrientes (exceto N), a preços correntes, foi de R\$ 178.133,85, ou seja, evidenciou que para a reposição de P, K e Ca + Mg foram gastos por hectare R\$ 2,87.

Tabela 10 – Cálculo da perda monetária por tipo de fertilizante, em reais por toneladas, a preços correntes, em plantio direto no cerrado piauiense, na safra 2000/2001.

Tipos de fertilizantes	Quantidade de fertilizantes (t) ( <b>Qn 2</b> )	Preço de mercado ( <b>Pn</b> ) (R\$)	Valor da perda (R\$)
Superfosfato Simples	72,84	450,00	32.778,00
Cloreto de Potássio	85,79	630,00	54.047,70
Calcário Dolomítico	1237,57	45,00	55.690,65
		Valor Total	142.516,35
		Valor por hectare	2,29

**Fonte:** Elaborada a partir da Tabela 8.

Em consonância com a Tabela 10, no sistema de plantio direto, o custo de reposição de nutrientes (exceto N) na safra 2000/2001, a preços correntes, foi de R\$ 142.516,35, o que significou que para manter a produtividade do solo, o sojicultor gastou R\$ 2,29 por hectare plantado. Ademais, ressalta-se que para a safra 2000/2001, nos plantios convencional e direto, da perda monetária com fertilizantes, 39,07%, 37,94% e 22,99% referiram-se aos gastos com

Calcário Dolomítico, Cloreto de Potássio e Superfosfato Simples, respectivamente. Esse panorama explicitou a importância econômica relativa dos componentes.

Destaca-se, ainda, que devido à natureza do Método Custo de Reposição, todos os valores de quantidades físicas ou monetárias exibidos até a Tabela 11, encerram entre si as diferenças percentuais contidas originalmente no cálculo da erosão do cerrado piauiense (Tabela 4), ou seja, revelaram que como a evolução da área plantada no período sob análise foi de 309%, todos os valores que se referiram ao intervalo entre as safras também apresentaram a mesma variação, outrossim, tal constatação foi válida para os valores alusivos aos plantios convencional e direto. Este cenário manifestou que a variação percentual da perda de solo entre os sistemas foi de 25% e que todos os valores subsequentes tiveram idêntica performance. Atribui-se esta conformação ao fato das constantes<sup>27</sup> usadas nos cálculos não alterarem as proporções.

Todavia, a partir da Tabela 11, verificou-se que a magnitude das variações se modificou para as análises entre as safras, pois a variável **Pn** não foi a mesma para as colheitas de 2000/2001 e 2007/2008, portanto, alterou-se as proporções entre ambas. Por esse motivo, a análise de tais variações será realizada simultaneamente a discussão dos resultados consolidados (Tabela 18).

Tabela 11 - Cálculo da perda monetária por tipo de fertilizante, em reais por toneladas, em plantio convencional no cerrado piauiense, na safra 2007/2008.

Tipos de fertilizantes	Quantidade de fertilizantes (t) ( <b>Qn 3</b> )	Preço de mercado ( <b>Pn</b> ) (R\$)	Valor da perda (R\$)
Superfosfato Simples	372,40	640,00	238.336,00
Cloreto de Potássio	438,60	1.800,00	789.480,00
Calcário Dolomítico	6.327,65	80,00	506.212,00
Valor Total			1.534.028,00
Valor por hectare			6,05

**Fonte:** Elaborada a partir da Tabela 8.

<sup>27</sup> As constantes utilizadas foram: perdas de solo por sistemas de plantio (Tabela 4); concentração de nutrientes no solo (Tabela 6) e taxas de conversão de nutrientes em fertilizantes (Tabela 7).

Observou-se que, de acordo com a Tabela 11, o custo de reposição de nutrientes (exceto N), foi de R\$ 1.534.028,00, com um gasto por hectare de R\$ 6,05. Na safra 2007/2008, os preços dos fertilizantes tiveram um aumento nominal de 42,22%, 185,71% e 77,77%, para o Superfosfato Simples, o Cloreto de Potássio e o Calcário Dolomítico, respectivamente. O acréscimo significativo do preço do Cloreto de Potássio modificou a importância econômica relativa dos fertilizantes, na medida em que este último passou a ocupar a primeira posição em termos de dispêndio financeiro, com 51,46% dos gastos, superando o Calcário Dolomítico que representou 32,99%, seguido pelo Superfosfato com 15,53%.

Tabela 12 – Cálculo da perda monetária por tipo de fertilizante, em reais por toneladas, em plantio direto no cerrado piauiense, na safra 2007/2008.

Tipos de fertilizantes	Quantidade de fertilizantes (t) ( <b>Qn 4</b> )	Preço de mercado ( <b>Pn</b> ) (R\$)	Valor da perda (R\$)
Superfosfato Simples	297,91	640,00	190.662,40
Cloreto de Potássio	350,98	1.800,00	631.764,00
Calcário Dolomítico	5.062,13	80,00	404.970,40
Valor Total			1.227.396,80
Valor por hectare			4,84

**Fonte:** Elaborada a partir da Tabela 8.

A Tabela 12 indicou que o custo de reposição de nutrientes total (exceto N), na safra 2007/2008, foi de R\$ 1.227.396,80, enquanto por hectare, foi de R\$ 4,84. Essa situação exprimiu que o impacto econômico dos gastos com fertilizantes é fundamental para subsidiar a elaboração de políticas públicas que visem estimular a indústria nacional de fertilizantes e orientar as medidas de desoneração de importações de produtos estratégicos para o setor agrícola.

Nota-se que o processo da reposição do Nitrogênio nos plantios de soja difere dos procedimentos adotados para o Fósforo, Potássio e Cálcio + Magnésio, em função de exigir a Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN). Assim, com a finalidade de elucidar essa distinção, enfatiza-se segundo Araújo & Carvalho (2006) e Dobereiner (1989), que a FBN é um

processo bioquímico em que o Nitrogênio atmosférico é incorporado diretamente às plantas, após ser transformado em amônia. Essa reação ocorre em estruturas facilmente destacáveis das raízes das plantas, nos nódulos, formadas por bactérias da família *Rhizobiaceae*, denominadas comumente de Rizóbios.

Para Araújo & Carvalho (2006), dentre as áreas de pesquisa da Microbiologia do solo, a FBN tem recebido maior atenção, tendo em vista a aplicação prática do processo está ao alcance de importantes leguminosas cultivadas e aos benefícios econômicos e ambientais decorrentes. Nesse sentido, realça-se a cultura da soja, na qual a inoculação<sup>28</sup> das sementes com a bactéria específica substitui a adubação nitrogenada e proporcionam para o Brasil uma economia de divisas em torno de 3 bilhões de dólares ao ano.

Já concernente aos aspectos ambientais, a FBN, enquanto um processo que não despende energia, não polui e enriquece o solo com Nitrogênio, o que possibilita o aproveitamento do mesmo para outros plantios. Tal circunstância revelou-se como um procedimento sustentável, por manejar racionalmente os recursos naturais com o objetivo de satisfazer as necessidades das gerações atuais e futuras, e manter e melhorar a qualidade ambiental.

Ademais, ressalta-se que o processo se operacionaliza por meio da inoculação das sementes com as bactérias apropriadas, onde a planta entra em contato com o microrganismo para formar a simbiose, isto é, a associação mutuamente proveitosa entre as bactérias e a planta. Tendo em vista essa compreensão, demonstra-se na Tabela 13 o cálculo da FBN no cerrado piauiense.

Tabela 13 – Custo da Fixação Biológica de Nitrogênio no cultivo de soja, em reais por hectare, no cerrado piauiense na safra 2000/2001 e 2007/2008.

Safras	Área plantada (ha)	Quantidade de inoculante* (doses)	Preço de mercado (Pn) (R\$)	Valor (R\$)
2000/2001	62.000	124.000	2,00	248.000,00
2007/2008	253.600	507.200	3,68	1.866.496,00

\* Dose de 200g para cada 50 kg de sementes, sendo necessárias duas doses por hectare.

**Fonte:** Elaboração própria segundo os parâmetros de Resende *et al* (1981).

<sup>28</sup> Em conformidade com Dobereiner (1989), inoculação consiste nas formas de contato das sementes com os rizóbios. Da-se o nome de inoculante, a substância que contém as bactérias.

Segundo Rezende *et al* (1981), no Cerrado, as condições para o desenvolvimento natural da população de Rizóbio no solo são pouco favoráveis em razão da maior acidez dos solos, baixa fertilidade e elevadas temperaturas. Logo, destacam que são necessárias 400g de inoculante para cada 50kg de sementes, que por sua vez consiste na quantidade requerida para semear 1 hectare. Como os pacotes são de 200g cada, aplicou 2 doses de inoculante ou 400g por hectare.

Dessa forma, sobressai-se a relevância de adicionar o custo da FBN ao custo de reposição dos nutrientes P, K e Ca + Mg, pois o conjunto evidencia as expensas derivadas do carreamento dos nutrientes pela erosão dos solos do cerrado piauiense. Portanto, através da Tabela 13, verificou-se que entre as safras de 2000/2001 e 2007/2008 houve um crescimento nominal nos gastos para a FBN de 652,6%, o qual pode ser atribuído ao acréscimo da área ocupada de 309% e dos preços do inoculante de 84% no referido período.

Este contexto revelou que o Nitrogênio foi o elemento de maior importância econômica para a produção da soja, haja vista que custo da FBN para a safra 2000/2001 foi de R\$ 248.000,00, o que representou um valor 39% e 74% maior que a soma de todos os outros nutrientes P, K, Ca+Mg nos plantios convencional e direto, respectivamente (Tabelas 9 e 10). E, na safra de 2007/2008, o valor da FBN foi de R\$ 1.866.496,00, ultrapassando a soma dos demais nutrientes em 21% e 52% para os plantios convencional e direto, respectivamente (Tabelas 11 e 12).

Para a consolidação do cálculo da equação de Custos Internos da erosão, que se constitui no objetivo da investigação, mensurou-se o Custo de Aplicação dos Fertilizantes (Ca), por hectare, como explicitado na Tabela 14.

Tabela 14 – Custo total de aplicação de fertilizantes, a preços correntes em reais, no cerrado piauiense nas safras de 2000/2001 e de 2007/2008.

Safras	Área de aplicação (ha) <sup>1</sup>	Custo de aplicação por ha <sup>2</sup> (R\$)	Custo de aplicação total (R\$)
2000/2001	62.000	6,00	372.000,00
2007/2008	253.600	9,00	2.282.400,00

**Fonte:** CONAB (2008)<sup>1</sup>; Indicador técnico embasados em Oliveira (2004) e coletados junto a empresa PAT-VAT consultoria agrícola, valores referentes a dezembro de 2000 a 2008<sup>2</sup>.

Em função da constatação dos incrementos na área plantada de 309% e do custo de aplicação por hectare em 50%, identificou-se pela Tabela 14, que os custos de aplicação de fertilizantes passaram de R\$ 372.000,00 na safra 2000/2001 para R\$ 2.282.400,00 na safra 2007/2008, patenteando assim um significativo acréscimo em termos nominais de 513,54%. Além do mais, realça-se que a aplicação de fertilizantes na região sob estudo era totalmente mecanizada.

Porém, após definida as variáveis, valores da quantidade total de nutrientes carregados pela erosão (**Qn**), o preço dos fertilizantes (**Pn**) e o custo de aplicação de fertilizantes (**Ca**), calculou-se o custo interno da erosão do solo agrícola para o cerrado do Piauí, como exposto nas Tabelas 15, 16 e 17.

Deste modo, acentua-se que, em virtude de tratar-se de recursos financeiros em diferentes períodos de tempo, fez-se imprescindível a adoção de uma data base e a correspondente atualização. Nessa perspectiva, empregou-se como data base 31/12/2008, por abranger uma temporalidade mais recente possível para a última safra de grãos 2007/2008. Contudo, os valores da Tabela 15 referiram-se aos preços correntes de 31/12/2000, os quais foram atualizados através do Índice Nacional de Preços do Consumidor (INPC)<sup>29</sup>, conforme Tabela 16.

---

<sup>29</sup> Segundo o IBGE (2006), o INPC é um índice divulgado em percentual mensal, cuja variação entre duas datas é calculada pelo acúmulo dos valores nos períodos. Assim, os índices utilizados para a atualização foram:

Dez-00=0,55%; Jan-01=0,77%; Fev-01=0,49%; Mar-01=0,48%; Abr-01=0,84%; Mai-01=0,57%; Jun-01=0,6%; Jul-01=1,11%; Ago-01=0,79%; Set-01=0,44%; Out-01=0,94%; Nov-01=1,29%; Dez-01=0,74%; Jan-02=1,07%; Fev-02=0,31%; Mar-02=0,62%; Abr-02=0,68%; Mai-02=0,09%; Jun-02=0,61%; Jul-02=1,15%; Ago-02=0,86%; Set-02=0,83%; Out-02=1,57%; Nov-02=3,39%; Dez-02=2,7%; Jan-03=2,47%; Fev-03=1,46%; Mar-03=1,37%; Abr-03=1,38%; Mai-03=0,99%; Jun-03=-0,06%; Jul-03=0,04%; Ago-03=0,18%; Set-03=0,82%; Out-03=0,39%; Nov-03=0,37%; Dez-03=0,54%; Jan-04=0,83%; Fev-04=0,39%; Mar-04=0,57%; Abr-04=0,41%; Mai-04=0,4%; Jun-04=0,5%; Jul-04=0,73%; Ago-04=0,5%; Set-04=0,17%; Out-04=0,17%; Nov-04=0,44%; Dez-04=0,86%; Jan-05=0,57%; Fev-05=0,44%; Mar-05=0,73%; Abr-05=0,91%; Mai-05=0,7%; Jun-05=-0,11%; Jul-05=0,03%; Ago-05=0%; Set-05=0,15%; Out-05=0,58%; Nov-05=0,54%; Dez-05=0,4%; Jan-06=0,38%; Fev-06=0,23%; Mar-06=0,27%; Abr-06=0,12%; Mai-06=0,13%; Jun-06=-0,07%; Jul-06=0,11%; Ago-06=-0,02%; Set-06=0,16%; Out-06=0,43%; Nov-06=0,42%; Dez-06=0,62%; Jan-07=0,49%; Fev-07=0,42%; Mar-07=0,44%; Abr-07=0,26%; Mai-07=0,26%; Jun-07=0,31%; Jul-07=0,32%; Ago-07=0,59%; Set-07=0,25%; Out-07=0,3%; Nov-07=0,43%; Dez-07=0,97%; Jan-08=0,69%; Fev-08=0,48%; Mar-08=0,51%; Abr-08=0,64%; Mai-08=0,96%; Jun-08=0,91%; Jul-08=0,58%; Ago-08=0,21%; Set-08=0,15%; Out-08=0,5%; Nov-08=0,38%. Variação no período de 78,3697%; **Fator de atualização: 1,783697.**



Tabela 15 – Total dos Custos Internos causados pela erosão dos solos, a preços correntes em reais, nos plantios convencional e direto no cerrado piauiense para a safra de 2000/2001.

Sistemas de plantios	Custo de reposição de nutrientes	Custo de FBN	Custo de aplicação de fertilizantes	Custo de Reposição Total	Custo por hectare
Convencional	178.133,85	248.000,00	372.000,00	798.133,85	12,87
Direto	142.516,35	248.000,00	372.000,00	762.516,35	12,30

**Fonte:** Elaborada a partir das Tabelas 10, 11, 13 e 14.

Como o Método custo de reposição (*Replacement Cost*), identifica os danos ambientais e estima os custos de restauração do ambiente ao seu estado original, mensuram-se os custos internos ocasionados pela erosão dos solos na região. Logo, com base na Tabela 15, observou-se que as despesas dos efeitos da erosão na safra 2000/2001 foram de R\$ 798.133,85 e R\$ 762.516,35 para os sistemas de plantios convencional e direto, respectivamente. Para Pearce (1993), os valores acima mencionados expuseram o dispêndio necessário para manter a qualidade dos solos disponíveis ao plantio de soja. Contudo, com vistas possibilitar a visualização atualizada dos gastos incorridos, explicita-se a Tabela 16.

Tabela 16 – Total dos custos internos causados pela erosão dos solos, a preços correntes e constantes em reais, em plantios convencional e direto no cerrado piauiense, para a safra de 2000/2001.

Sistemas de plantios	Total a preços correntes	Fator de atualização	Total a preços constantes	Custo por hectare
Convencional	798.133,85	1,783697	1.423.628,95	22,96
Direto	762.516,35	1,783697	1.360.098,12	21,93

**Fonte:** Elaborada a partir da Tabela 15.

De acordo com a Tabela 16, os custos internos de reposição total de nutrientes no cerrado piauiense na safra referida, sob os sistemas de plantios convencional e direto

atualizados foram de R\$ 1.423.628,95 e R\$ 1.360.098,12 e por hectare foram de R\$ 22,96 e de R\$ 21,93. Tais valores expressaram a consolidação da equação de Custos Internos para a safra 2000/2001.

Por meio de cálculos similares, obtiveram-se os dados referentes à safra 2007/2008, como mostrado na Tabela 17.

Tabela 17 – Total dos custos internos causados pela erosão dos solos, a preços correntes em reais, em plantios convencional e direto no cerrado piauiense para a safra de 2007 e 2008.

Sistema de plantios	Custo de reposição de nutrientes	Custo de FBN	Custo de aplicação de fertilizantes	Custo de Reposição Total	Custo por hectare
Convencional	1.534.028,00	1.866.496,00	2.282.400,00	5.682.924,00	22,40
Direto	1.227.396,80	1.866.496,00	2.282.400,00	5.376.292,80	21,20

**Fonte:** Elaborada a partir das Tabelas 11, 12, 13 e 14.

Através da Tabela 17, observou-se que o montante de recursos necessários para reparar os efeitos internos da erosão na área de produção de soja no cerrado do Piauí na colheita 2007/2008 foi de R\$ 5.682.924,00 e R\$ 5.376.292,80 nos plantios convencional e direto, respectivos. Isto é, os empreendedores agrícolas desembolsaram adicionalmente para a manutenção da fertilidade dos solos, R\$ 22,40 e R\$ 21,20 por hectare, concernente aos plantios convencional e direto. Com a finalidade de demonstrar didaticamente a consolidação dos dados calculados (Tabelas 16 e 17), elaborou-se a Tabela 18. Os anexos A, B, C e D expõem os cálculos consolidados do custo de reposição e os resultados da pesquisa.

Tabela 18 - Total dos custos internos causados pela erosão dos solos, a preços constantes em reais, em plantios convencional e direto no cerrado piauiense para as safras de 2000/2001 e 2007/2008.

<b>Safra 2000/2001</b>		
Sistemas de plantios	Custo de reposição	Custo por hectare
Convencional	1.423.628,95	22,96
Direto	1.360.098,12	21,93
<b>Safra 2007/2008</b>		
Sistemas de plantios	Custo de reposição	Custo por hectare
Convencional	5.682.924,00	22,40
Direto	5.376.292,80	21,20

**Fonte:** Elaborada a partir das Tabelas 16 e 17.

De acordo com a Tabela 18, verificou-se que em plantio convencional na safra 2007/2008, o Custo de Reposição (CR) foi de R\$ 5.682.924,00, evidenciando um incremento de 299,18% em relação ao montante de R\$ 1.423.628,95 da safra de 2000/2001. Enquanto, o acréscimo entre as safras para o plantio direto foi de 295,28%, significando que o CR passou de R\$ 1.360.098,12 para R\$ 5.376.292,80.

Com base no cenário descrito, percebeu-se uma inversão quanto ao custo por hectare, haja vista o decréscimo entre as safras 2007/2008 e 2000/2001 ter sido de -2,43% e -3,32% para os plantios convencional e direto, respectivamente.

Todavia, notabiliza-se que esta discrepância é apenas aparente, uma vez que, em termos absolutos, refletiu o aumento médio nos preços dos fertilizantes de 102% e a ampliação da área ocupada de 309% no período sob análise. Alicerçado em Marques (1998), esta conformação derivou do método ser altamente sensível ao comportamento dos preços dos fertilizantes no mercado.

Ademais, destaca-se a assertiva de Merico (2002), de que o Método Custo de Reposição aufere os gastos necessários para repor a capacidade produtiva de um recurso

danificado, os quais são denominados de valor da degradação ambiental. Assim, os CR consistem nos valores reais, a preço de mercado, de alternativas tecnológicas capazes de mitigar ou restaurar serviços ambientais eventualmente destruídos, provocando a diminuição do fluxo desses serviços. Por conseguinte, modificações bruscas nas estimativas da valoração, não implicam, necessariamente, alterações na qualidade ambiental, mas sim a expressão econômica do dano.

Não obstante a safra 2007/2008 ter apresentado valores absolutos superiores para os CR, o custo por hectare constituiu-se como o mais apropriado como indicador ambiental de degradação dos solos, devido relativizar o comportamento dos CR com a área ocupada que, nesse ínterim, passou de 62.000 para 253.600 hectares. Consequentemente, assevera-se que o custo por hectare foi menor em decorrência da acessão mais que proporcional da área ocupada de 309% em relação ao acréscimo dos CR de 299,18% e 295,28%, para os plantios convencional e direto, respectivamente. Esta conformação exprimiu que entre as safras analisadas, constatou-se a redução relativa dos dispêndios essenciais para manter a produtividade dos solos cultivados com soja no cerrado piauiense.

Por tratar-se de estudo pioneiro sobre a região, não existem outras estimativas disponíveis para comparação direta, logo os CR expostos na Tabela 18, são indicativos de grandeza das repercussões econômicas relativas à erosão na região. Nessa perspectiva, no intuito de expressar a relevância dos danos causados e a inevitabilidade de sustentar a produtividade dos solos, compararam-se os resultados obtidos com o valor da produção de soja no Piauí para ambos os períodos e sistemas de plantios. Como o valor da produção de soja consoante IBGE (2006), a preços constantes<sup>30</sup>, para a safra de 2000/2001 foi de R\$ 45.594.862,71, para recuperar os nutrientes carreados pela erosão dos solos, foram requeridos 3,12%, que corresponde a R\$ 1.423.628,95 e 2,98% que equivaleu a R\$ 1.360.098,12 do valor da produção, para os plantios convencional e direto. Por outro lado, como o valor da produção de soja, na safra 2007/2008, foi de R\$ 198.520.000,00, deste 2,8% e 2,7%, representaram R\$ 5.682.924,00 e R\$ 5.376.292,00, para os plantios convencional e direto, respectivamente, consubstanciaram-se nos custos ambientais advindos da produção de soja.

Destarte, em média, os custos internos de reposição da fertilidade em razão do processo erosivo corresponderam a 2,9% do valor da produção de soja ao ano, inclusive porque, conforme Oliveira (2004), danos físicos em ativos produtivos, ocasionados por

---

<sup>30</sup> Como o valor da produção no referido período foi de R\$ 25.562.000,00, para atualizá-lo utilizou-se o INPC, com base em dezembro de 2008, obtendo-se o seguinte resultado:  $25.562.000 \times 1,783697 = R\$ 45.594.862,71$ .

alterações no meio ambiente, constituem degradações que traduzidos em termos monetários, refletem os prejuízos ou os custos que a sociedade está suportando o que significa que tais dispêndios integram o custo social da produção de soja.

Enfatiza-se, ainda, em consonância com Marques & Pereira (2004), que os danos ambientais causados pelo processo de erosão do solo encerram efeitos internos e externos à área de produção agrícola, porém, em virtude dessa dissertação debruçar-se somente sobre a obtenção dos efeitos internos, diversos impactos geradores de custos ambientais não foram objeto de valoração, como os valores de opção, de existência e demais valores de uso, componentes do Valor Econômico Total.

Por isso, a despeito das limitações das estimativas, reconheceu-se que os resultados obtidos consistiram em avanço no sentido de proporcionar, em geral, objetividade às discussões relativas à conservação dos solos e, em particular, o custo de deterioração dos solos no cerrado piauiense.

Através da pesquisa, constatou-se a supremacia do sistema de plantio direto enquanto alternativa sustentável ao plantio convencional, devido o controle da erosão requerer menor custo de reposição de nutrientes, haja vista que nas safras 2000/2001 e 2007/2008 os CR plantio convencional foram 4,6% e 5,7% respectivamente, maior que no sistema direto. Esta realidade demonstrou que a valoração da degradação do solo calculada com base no método de Custo Reposição é importante indicador de sustentabilidade quando utilizado como parâmetro de comparação entre o sistema convencional e direto de produção agrícola, no sentido de apontar claramente as vantagens econômicas e ambientais específicas de cada sistema.

Na avaliação da eficiência dos sistemas de plantios convencionais e conservacionistas, os agricultores se norteiam pelos custos de implantação de curto prazo, os quais normalmente são maiores para o plantio direto por omitirem os passivos ambientais implícitos. Assim, as alternativas conservacionistas apresentam-se como viáveis mediante análise custo-benefício de longo prazo, o que as tornam dissonantes dos critérios imediatistas de rentabilidade do agronegócio. De acordo com Leite (2006), apesar dos benefícios ambientais e socioeconômicos do plantio direto, verificou-se, no cerrado do Meio Norte, o predomínio absoluto do manejo do solo convencional, por isso acreditou-se que os valores dos CR do cerrado piauiense, alusivos a tal sistema de plantio, foram os mais próximos da realidade.

Conforme Merico (2004), a sustentabilidade implica em conhecer o nível de resiliência dos sistemas naturais, ou seja, a capacidade dos mesmos serem pressionados até um determinado limite e retornar ao estado anterior, quando a pressão cessa, em um cenário no qual essa fronteira é rompida, significa que os ecossistemas podem não conseguir regressar à condição original.

Essa situação relaciona-se ao caso dos solos, uma vez que para Lopez (1997) existem dois tipos de danos decorrentes da erosão. O primeiro imputa-se aos danos temporários decorrentes da perda de nutrientes e outros elementos com certo grau de reposição, que modificam o potencial produtivo do solo, gerando como ilação, custo para o empreendedor agrícola, sem reduzir permanentemente a produtividade das terras agricultáveis, ao exemplo dos danos aferidos nesta pesquisa. O segundo refere-se ao dano irreversível derivado do impacto negativo da diminuição da profundidade do solo e da perda da capacidade de reter água sobre o potencial produtivo do solo, causando redução definitiva da produtividade das terras agrícolas. Destaca, outrossim, que a distinção entre ambos é de escala, ou seja, do nível de intensidade, haja vista que uma deterioração temporária pode evoluir para um dano imanente. Este panorama manifesta que, apesar dos custos de reposição serem absorvidos pelos produtores agrícolas, no longo prazo, tais custos podem extrapolar o âmbito privado, pois a fertilidade dos solos constitui-se em um serviço ambiental desejável por toda a sociedade.

Este contexto patenteou que, se por um lado, faz-se preciso identificar qual o nível de pressão antrópica pode ser exercido sobre os solos dos cerrados do Piauí, por outro lado, expressou que a humanidade concentra elevado grau de incerteza a respeito das transformações ambientais, principalmente quanto à capacidade de suporte do ambiente natural relativamente ao processo econômico. Desse impasse, inferiu-se imperativo a manutenção dos estoques de capital natural, inclusive porque segundo Embrapa (2008), o Piauí apresenta a melhor situação em termos de impactos antrópicos entre os estados inseridos na área de abrangência do Cerrado, pois dos 37% de cobertura vegetal do bioma, 92% continuam a existir.

No entanto, a situação pode agravar-se rapidamente, se a lógica de incorporação de novas áreas continuarem a se desenhar como ilustrada por Scheller (2008, p. 1),

No sul do Piauí, o mais jovem desses espaços agrícolas, é muito comum encontrar agricultores que venderam lavouras em regiões onde a agricultura já era desenvolvida para buscar grandes áreas de terra no cerrado nordestino. (...) Quando o potencial da fazenda estiver totalmente ocupado, Sanders terá multiplicado por dez sua área plantada: em Minas Gerais, onde ele ainda administra uma área, as lavouras tomam 2,6 mil hectares. E a diferença do Piauí em relação aos espaços do Sul e do Sudeste, diz ele, é que ainda há área para crescer. A afirmação de Sanders é confirmada pelo Banco do Nordeste. A estimativa da instituição é que a colheita de grãos do cerrado nordestino deve ser multiplicada por quatro nos próximos anos, passando dos atuais 5 milhões para 20 milhões de toneladas de grãos por ciclo. Além disso, o Piauí oferece uma grande vantagem: as terras chegam a custar um terço do que uma área no Paraná ou em Minas Gerais, por exemplo. Quem não tinha uma área própria também encontrou no Piauí uma forma de plantar grandes extensões.

Com vistas conter essa progressiva ocupação faz-se premente a intervenção estatal, no sentido de defender o uso indiscriminado dos bens públicos, como os recursos naturais. Dessa forma, o fortalecimento de políticas públicas relacionadas ao meio ambiente é fundamental para induzir mudanças estruturais.

Nesse sentido, concorda-se com Lopez (1997), a respeito da instituição de políticas públicas para a conservação dos solos sob dois âmbitos. O primeiro dá-se quando a conservação apesar de ser economicamente vantajosa para o produtor, o mesmo não a adota, revelando uma situação que tanto indivíduos como a sociedade seriam beneficiados. O segundo ocorre quando a conservação é economicamente vantajosa para a sociedade e não para o produtor.

Com base nesta assertiva e em conformidade com a análise da presente pesquisa, a intervenção via políticas públicas, no cerrado piauiense, assentou-se na primeira alternativa exposta, já que o plantio direto manifestou-se como uma técnica econômica e ambientalmente superior para o empreendedor agrícola e para a sociedade, por ter provocado uma erosão 25% inferior do que o plantio convencional em ambas as colheitas sob análise e, por outro lado, porque a quantidade de fertilizantes requerida representou 80% do montante utilizado no plantio convencional. No entanto, a insuficiência de consciência ambiental, o incipiente domínio sobre as repercussões da erosão hídrica e as políticas de incentivo para a produção voltada à exportação ofuscaram a percepção do empreendedor agrícola entre o potencial produtivo do conservacionismo e a oportunidade de negócio rentável de curto prazo, condicionando a hegemonia de técnicas de manejo do solo convencionais na região.

Ademais, salienta-se que o uso do solo para a agricultura causa ambiguidades, pois os efeitos deletérios sobre o meio ambiente, particularmente a erosão, geram externalidade negativas, ao passo que a produção agrícola e a adoção de práticas conservacionistas, são benéficas a toda sociedade, ou seja, proporcionaram efeitos positivos. Para Mueller (2007), essa dualidade demanda tomada de decisões a partir de análise custo-benefício visando internalizar as externalidades.

Isto posto, e de acordo com o princípio preservador-recebedor, entende-se que o controle da erosão agrícola pode ser considerado um serviço ambiental produzido pela agricultura, e como qualquer serviço prestado, é passível de ser remunerado. Nesse sentido, para Kosoy *et al* (2006), duas condições são necessárias para os pagamentos por serviços ambientais serem eficientes: eles devem cobrir o custo de oportunidade do uso da terra a ser compensado, pois caso contrário, o proprietário do empreendimento não adotaria a prática conservacionista, como plantio direto; e, o montante a ser pago deve ser inferior ao valor econômico do impacto ambiental, porque o inverso significaria a sociedade sofrer a externalidade.

Sendo assim, ressalta-se que o custo de oportunidade do sojicultor que adota o plantio convencional é dado pela melhor alternativa de emprego do solo da qual se abre mão, isto é, pelo custo do plantio direto. Logo, no cerrado piauiense, o valor da safra 2007/2008<sup>31</sup> foi obtido calculando-se a diferença entre o custo por hectare no plantio convencional de R\$ 22,40 e o custo por hectare no plantio direto de R\$ 21,20, resultando em R\$ 1,20 por hectare. Destarte, a escolha do manejo convencional do solo em detrimento do plantio direto, implicou em gastos adicionais para a manutenção da fertilidade dos solos de R\$ 306.631,20, o qual equivaleu exatamente à diferença entre os CR dos respectivos sistemas. Dessa forma, para o eficiente pagamento, derivado da adoção de práticas conservacionistas no cerrado piauiense, de acordo com os critérios de Kosoy *et al* (2006), os valores deveriam oscilar entre R\$ 1,20 por hectare e não ultrapassarem R\$ 306.631,20 no total, pois tais cifras constituíram-se em parâmetros para a consolidação de um programa de conservação dos solos da região, disponíveis à produção de soja.

Em conformidade com Antoniazzi (2008), entre os instrumentos para a operacionalização dos pagamentos ambientais, sobressaem os contratos de boas práticas

---

<sup>31</sup> Os cálculos para a safra 2000/2001 podem ser realizados por raciocínio análogo, no entanto, não foram expostos, pois não possuem funcionalidade alguma, já que a utilização de instrumentos econômicos visa alterar o incentivo dos agentes em prol de práticas socialmente desejáveis no presente, sendo impossível modificar decisões tomadas no passado.



agrícolas<sup>32</sup> pela efetividade e simplicidade na implementação, os quais são aplicados à região em estudo e consistem em contratos negociados entre proprietários de terras e o poder público que estabelecem detalhadas práticas de manejo dos solos em troca de pagamentos. Ademais, os contratos podem ser definidos como ações que minimizam o efeito nocivo ao ambiente, sem sacrificar a produtividade econômica. Por outro lado, enfatiza que devido à erosão agrícola configurar-se em uma externalidade negativa, o produtor deve pagar pelo dano causado, por meio da instituição de impostos sobre fertilizantes, os quais afetariam as motivações econômicas dos produtores de soja, o que fomentaria a busca por tecnologias conservacionistas.

Salienta-se, que o uso de impostos sobre fertilizantes no cerrado piauiense foi norteado por dois indicadores: perda de solo e CR. As perdas de solo por erosão, derivadas do cultivo da soja na colheita 2007/2008, foram de 2.536.000 e 2.028.800 toneladas/ano para os plantios convencional e direto, respectivamente. Assim, o poder público, a partir desses limites superiores poderiam estabelecer as quantidades de solo degradados que julgaria aceitável e estabelecer alíquotas sobre os nutrientes sintéticos com o intuito de reduzir a área plantada e, conseqüentemente, a perda de solo, obrigando o produtor a aumentar o rendimento por hectare para manter o mesmo nível de produção. De outra forma, os tributos poderiam compor um fundo na magnitude dos CR de R\$ 5.682.924,00 para manejo convencional e de R\$ 5.376.292,80 para plantio direto e destinar os recursos para a preservação e recuperação de áreas degradadas.

Por conseguinte, esse cenário revelou quão importante é a mensuração dos gastos de reposição da capacidade produtiva do solo do cerrado piauiense, no sentido de despertar para a conscientização de inserção de investimentos para a conservação do solo, bem como para a elaboração de mecanismos econômicos que favoreçam a capacidade de suporte dos recursos naturais, notadamente, solos e recursos hídricos. Logo, torna-se premente a criação de um banco de dados agregado pelo MMA e SEMARH, órgãos responsáveis pela promoção, adoção de princípios e estratégias para o conhecimento, proteção e recuperação do meio ambiente, abrangendo diferenciadas culturas, de variadas áreas e tipos de solo, para subsidiar as ações que tratam das questões ambientais nas distintas esferas de governo e na iniciativa privada, na formulação de políticas que promovam a estagnação do processo erosivo e a integridade de áreas agrosilvopastoris com potencial para degradar. Nesse sentido, estudos

---

<sup>32</sup> *Best Management Practices* (BMP) em inglês.

adicionais são imprescindíveis, tanto para desvendar os valores monetários necessários a um programa de conservação, quanto para identificação e quantificação mais ampla dos danos ao meio ambiente e a revelação dos valores econômicos associados.

## 5. CONCLUSÃO

As preocupações com o meio ambiente tomam cada vez maiores proporções, revelando, em consonância com Capra (2000), que o mundo enfrenta uma crise de percepção. Nesse sentido, salienta-se que os problemas contemporâneos não podem ser vistos de maneira isolada, haja vista serem imbricados e interdependentes, necessitando, por conseguinte, de análise sistêmica. Sendo assim, esta dissertação objetivou valorar economicamente a degradação do solo do cerrado piauiense, através dos Custos de Reposição dos nutrientes, considerando o contexto da ocupação e uso dos cerrados pela soja, já que ambos os processos não podem ser entendidos separadamente.

Dessa maneira, ressalta-se que a formação socioeconômica do Brasil assentada na monocultura e latifúndio sob os desígnios do mercado externo é primordial para o entendimento das relações entre natureza e capital que perduram até a atualidade. Não obstante a industrialização, ainda que tardia, a modernização no campo e a pujança do setor terciário proporcionarem à economia brasileira a configuração de desenvolvida, o que a elevou a categoria de “emergente”, o padrão de comércio exterior centra-se na exploração intensiva dos recursos naturais a mercê dos ditames do mercado global.

Em que pese à existência de mercadorias intensivas em tecnologia, as chamadas *commodities*, produtos homogêneos em sua maioria primários, lideram o *ranking* da balança comercial brasileira, em virtude das políticas públicas privilegiarem os cultivos de produtos de maior inserção internacional, como se essa fosse uma maneira autônoma de angariar divisas para a correção dos desequilíbrios macroeconômicos estruturais. Esta concepção fundou-se na análise custo-benefício que ignora a totalidade dos custos envolvidos no processo, causando privatização de ganhos e socialização de perdas, ou seja, a exportação de produtos sem nenhum valor agregado, além de não solucionar os problemas econômicos, devido à deterioração dos termos de troca, é responsável por passivos ambientais, econômicos e sociais que extrapolam os limites dos agentes privados. Este panorama manifestou que, sem embargo o Estado ter sido o agente financiador do agronegócio granífero, não corrigiu as falhas do mercado.

No Piauí, a inserção da soja no cerrado a partir da década de 1990, foi uma espécie de *déjà vu* do caso brasileiro da década de 1970, pois se reproduziu o cenário de terras abundantes a preços irrisórios, de transferência de recursos para grandes produtores

capitalistas através de políticas públicas de fomento visando à rentabilidade de curto prazo, da necessidade de *superávit* na balança de pagamentos e dos preços internacionais favoráveis da leguminosa, dando forma às condições propícias para a exploração econômica da fronteira agrícola.

A ocupação agrícola da região assentada na monocultura de grãos, e no tripé de grandes extensões de terras, mecanização e adubação química provocou externalidades negativas, como o desmatamento, o aumento de emissões de gases de efeito estufa, a perda de patrimônio genético e de *habitat* de espécies nativas, perda de água pela incapacidade de infiltração, a compactação dos solos, a contaminação dos solos e das águas com resíduos de fertilizantes e agrotóxicos e, principalmente, a forte aceleração das taxas de erosão.

Assim, reconheceu-se que, por um lado, a obtenção da estimativa da degradação do solo pela erosão através do método Custo de Reposição é uma *proxy* e, por outro lado, que os valores monetários dos danos causados pela erosão do solo no cerrado piauiense, eram subestimados, uma vez que diversos impactos geradores de custos ambientais não puderam ser avaliados e, portanto, não se refletiram nos valores econômicos calculados. Logo, a valoração econômica em ambientes complexos requer que efeitos da erosão sobre fauna, flora, áreas de recreação, lazer, turismo e outros segmentos naturais ou construídos pelo homem, devam ser objeto de contínua investigação, com vistas encontrar o Valor Econômico Total do recurso.

Apesar dessa conformação, inferiu-se que os valores possuíam representatividade para subsidiar políticas de controle e recuperação do solo, na medida em que as estimativas indicaram ordens de grandeza. Nessa perspectiva, destaca-se que nas safras de 2000/2001 e 2007/2008 nos sistemas de plantios convencional e direto os Custos de Reposição foram expressivos equivalendo em média a 2,9% do valor total da produção de soja. Na safra 2000/2001, o custo por hectare foi estimado em R\$ 22,96 e R\$ 21,93 e na safra 2007/2008 os valores foram de R\$ 22,40 e R\$ 21,20 por hectare, nos plantios convencional e direto, respectivamente. Dessa maneira, concluiu-se que o valor da perda de solo no período analisado mostrou-se relativamente estável, porém, com um reduzido decréscimo na safra 2007/2008 derivado do crescimento exponencial de 309% da área ocupada no período. Ademais, patenteou-se a superioridade do sistema de plantio direto *vis-à-vis* o sistema convencional, em virtude do controle da erosão e, por conseguinte, do menor custo de reposição de nutrientes, o que enfatizou não somente vantagens ambientais, mas também econômicas daquele sistema.

A herança histórica da posição marginal ocupada pela economia piauiense no processo de formação econômica do Brasil, imputou ao Estado, baixo dinamismo econômico, alicerçado em atividades primárias com nível tecnológico elementar como o extrativismo, a pecuária extensiva e o comércio. Dessa forma, a expectativa de inserção da última fronteira agrícola do país no agronegócio, apareceu no imaginário social como um eldorado capaz de alavancar os indicadores socioeconômicos que retratavam a qualidade de vida no Piauí.

Por conseguinte, o presente trabalho visou contribuir para qualificar o debate, tendo em vista que a complexidade da mensuração dos passivos ambientais requer estudos de valoração econômica do meio ambiente, sob pena de se tomar decisões potencialmente danosas com consequências irreversíveis para o cerrado piauiense, haja vista que os solos constituem-se em recurso fundamental para a produção agropecuária. Logo, a abundância de terras aptas à mecanização ofertadas a baixo preço, incentivaram a expansão da área plantada com soja em detrimento do rendimento por hectare, o que aumentou a erosão dos solos e diminuiu o seu nível de resiliência. A omissão do poder público, dos produtores e da sociedade civil em relação a esse processo causará inevitavelmente repercussões perversas para o bioma.

## 6. REFERÊNCIAS

ABIOVE. Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. 2008. Disponível em: <[http://www.abiove.com.br/estatistica\\_br.html//](http://www.abiove.com.br/estatistica_br.html//)>. Acesso em: 01 de dezembro de 2008.

ALMEIDA, L. T. **Política Ambiental**: uma análise econômica. São Paulo: Papirus, 2002.

ALTVATER, E. **O Preço da Riqueza. Pilhagem Ambiental e a Nova (Des)OrdemMundial**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995. p.43-131.

ALVES, V. E. L. **Mobilização e modernização nos Cerrados Piauienses**: Formação territorial no império do agronegócio. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Tese de Doutorado, 2005.

ANANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. 2008. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/estatisticas.aspx//>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2009.

ANTONIAZZI, L. B. **Oferta de serviços ambientais na agricultura**. São Paulo: Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado, 2008.

ARAÚJO, T.B de. Nordeste, Nordestes: que Nordeste? In AFFONSO, R.B.A. & SILVA, P.L.B (orgs). **Federalismo no Brasil**: Desigualdades Regionais e Desenvolvimento. São Paulo: Fundap/Unesp, 1995.

ARAUJO, A. S. F; CARVALHO, E. M. S. **Fixação Biológica de Nitrogênio em leguminosas**. Comunicado Técnico, nº 11, p. 1-4. Editora UFPI, 2006. Disponível em: <<http://www.ufpi.br/cca/download//>>. Acesso em: 10 de outubro de 2008.

ARRIGHI, G. **A Ilusão do Desenvolvimento**. Petrópolis: Vozes, 1997.

BARCELLOS, A.O. **Sistemas extensivos e semi-intensivos de produção**: pecuária bovina de corte nos cerrados. In: R.C. Pereira & L.C.B. Nasser (eds.). Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados. VIII Simpósio sobre o Cerrado. p. 130-136. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Cerrados):Planaltina,1996.

BARRETO, C.A. de. **Agricultura e Meio Ambiente**: percepções e práticas de sojicultores em Rio Verde – GO. São Paulo: Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 2005.

BASTOS FILHO, G. S. **Contabilizando a erosão do solo**: um ajuste ambiental para o produto bruto agropecuário paulista. Piracicaba, 1995. 127p. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1995.

BAUMANN R, C. O & REINALDO, G. **Economia Internacional – Teoria e Experiência Brasileira**: Campus, 2004.

- BELLINAZZI JR, R.; BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETTO, F. **A ocorrência de erosão rural no Estado de São Paulo**. In: Simpósio sobre o controle da erosão, n.2, São Paulo, 1981. Anais: ABGE, 1981.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETTO, F. **Conservação do solo**. 4.ed. São Paulo, Ícone, 1999. 355p.
- BERTRAND, J. P. **O mundo da soja**. São Paulo: Edusp, 1987.
- BIELSCHOWSKY, R. Cinquenta Anos de Pensamento da Cepal – uma resenha. In: \_\_\_\_\_ (org), **Cinquenta Anos de Pensamento da Cepal**. Rio de Janeiro e São Paulo: Record, Cepal, 2000, v.1, p. 13-68.
- BLOISE, G. D. L *et al.* **Avaliação da suscetibilidade natural à erosão dos solos da bacia de Olaria-DF**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.
- BORLAUG, N.E. **Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead**. In: R. Bailey (ed.). **Global warming and other eco-myths**. p. 29-60. Competitive Enterprise Institute, Roseville, EUA: 2002.
- BRANDÃO, R.A. & ARAÚJO A.F.B. A herpetofauna associada às matas de galeria do Distrito Federal. In: J.F. Ribeiro, C.E.L.2001.
- BRUM, A. J. **Modernização da Agricultura: Trigo e Soja**. Petrópolis: Vozes, 1988.
- BUARQUE, C. O pensamento em um mundo terceiro mundo. In: Bursztyn, M. et al. **Para pensar o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Brasiliense, 1994. p. 57-80.
- CAMPANHOLA, C.L.; ALFREDO, J.; RODRIGUES, G.S. **Agricultura e impacto ambiental**. I Simpósio sobre os Cerrados do Meio-Norte. Teresina, 09 a 12 dezembro de 1997. (Embrapa), p.159-168.
- CAMPOS, E. M. G. **Valoração econômica da erosão do solo: metodologia e estudo de caso para o município de Lagoa Dourada / MG**. COPPE / UFRJ, Tese de Doutorado, 2000.
- CAPRA, F. **A teia da vida**. São Paulo: Cultrix/Amana, 2000.
- CARDOSO, F H. **As ideias e seu lugar**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1995.
- CARNEIRO, R; SAMPAIO, Y; GOMES, G. M. **Os programas de desenvolvimento rural: região nordeste**. In: PIMES – Desigualdades regionais no desenvolvimento brasileiro, v.3, Recife: SUDENE, 1984.
- CARVALHO, J. C., LIMA, M. C. & MORTARI, D. Considerações sobre controle e prevenção de voçorocas. 7º Simpósio Nacional de Controle de Erosão, ABGE, Goiânia, GO, 2001.
- CAVALCANTI, C. Condicionantes biofísicos da economia e suas implicações quanto à noção do desenvolvimento sustentável. In: ROMEIRO, A. R. et al. **Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais**. Campinas: UNICAMP, 1996.

CORREIA, J. R.; REATTO, A.; SPERA, S. T. **Solos e suas relações com o uso e o manejo**. In: SOUSA, D.M.G; LOBATO, E. (Ed). Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. 2008. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb//>>. Acesso em 20 de janeiro de 2008.

CONSTANZA, R. Economia Ecológica: uma agenda de pesquisa. In: MAY, P. H.; MOTTA, R. S. **Valorando a Natureza: análise econômica para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Campus, 1994. cap. 7. p.111- 144.

CUNHA, A. S.; MUELLER, C. C.; ALVES, E. R. A.; SILVA, J. E. da. **Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos cerrados**. In: IPEA. Estudos de política agrícola. Brasília: IPEA, 1993.

DAHER, E; LOPEZ, A. S. **Agronegócio e recursos naturais no Cerrado: desafios para uma coexistência harmônica**. In: Savana: Desafios para um equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais, Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2008.

DEDECEK, R.A; RESCK, D.V.S; FREITAS JÚNIOR,E. **Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em latossolo vermelho escuro dos cerrados e de manejo da palhada do milho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Documento, 64. Campinas, v.10, p. 265-272, 1986.

DELGADO, G. C. **Capital Financeiro e Agricultura no Brasil**. Campinas: UNICAMP-ICOM, 1982.

DIAS, V. P; FERNANDES, E. **Fertilizantes: uma visão global sintética**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro: BNDES, n. 24, p. 97-138, set/2006.

DIAS, B. F. S, **Conservação da Biodiversidade do Bioma Cerrado: histórico dos impactos antrópicos no bioma Cerrado**. In: Savana: Desafios para um equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais, Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2008.

DINIZ, J.A.F. Geografia da agricultura. São Paulo: Difel, 1984.

DINIZ, B. P. C. **O Grande Cerrado do Brasil Central: geopolítica e economia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Programa de pós-graduação em geografia humana, Tese de Doutorado, 2007.

DOBEREINER, J. **Microbiologia, uma bactéria para a agricultura**. In: Ciência Hoje, v. 10, n. 55, p. 0-16, 1989.

EMBRAPA (2003) **Sistemas de Produção**. Disponível em: <http://www.sistemasdeproducao.embrapa.br//AgriculturaFamiliar/RegiaoMeioNorte//>>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2009.



FAJNZILBER, F. *Industrialización em América Latina. Cuadernos de Cepal*. Santiago do Chile, Nações Unidas, 1989.

FELFILI, J.M et al. **Potencial econômico da biodiversidade do cerrado**: estágio atual e possibilidades de manejo sustentável dos recursos da flora. In: AGUIAR, L. M. S. (ed) *Cerrado: ecologia e caracterização*. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001.

FIGUEROA, F. E. V. **Avaliação econômica de ambientes naturais** – o caso das áreas alagadas - uma proposta para a represa do lobo (Broa) – Itirapina - SP. São Carlos. Dissertação de Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1996.

FREIRE, O. **Uso agrícola do solo**: impactos ambientais. In: TORNISIELO, S. M. T. (organizador) *Análise Ambiental: estratégia e ações*. Fundação Salim Farah Maluf. Rio Claro, SP. Centro de Estudos Ambientais (CEA) – UNESP, 1997.

FUNCEX. **Fundação Centros de Estudos de Comércio Exterior**. 2007. Disponível em: <<http://www.funcex.com.br/>>. Acesso em: 30 de março de 2007.

FURTADO, C. **O Mito do Desenvolvimento Econômico**. São Paulo: Civilização Brasileira, 1972.

\_\_\_\_\_, C. **A economia latino-americana**. 3 ed. São Paulo: Cia. Nacional, 1986.

\_\_\_\_\_, C. **Raízes do Subdesenvolvimento**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2003.

GEORGESCU-ROEGEN, N. *The entropy law and the Economic Process*. Cambridge: Harvard University Press, 1971.

GONÇALVES, R. **Globalização e Desnacionalização**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2001.

HAESBAERT, R. **Gaúchos no Novo Nordeste**: entre a globalização econômica e a reinvenção das identidades territoriais. In CASTRO, I.E; GOMES, P. (orgs). *Brasil: Questões Atuais da Reorganização do Território*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

HECKSCHER, E. **The Effect of Foreign Trade on the Distribution of Income**. *Ekonomisk Tidskrift*. Cambridge: MIT Press, 1919.

IBGE. MAPA de BIOMAS do BRASIL (2004). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/>>. Acesso em: 10 de agosto de 2008.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios** – Síntese de Indicadores 2006: Comentários. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/estatistica/populacao/trabalhoe\\_rendimento/pnad2006/comentarios/](http://www.ibge.gov.br/estatistica/populacao/trabalhoe_rendimento/pnad2006/comentarios/)>. Acesso em: 13 de agosto de 2008.

\_\_\_\_\_. Sistema IBGE de Recuperação Automática (2008) – SIDRA. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2008.

KOSOY, N; MARTINEZ-TUNA, M; MURADIAN, R; MARTINEZ-ALINER, J. **Payments for environmental services in watersheds**: insights from comparative study of three cases in Central America. *Ecological Economics*, Boston, v. 61, n 2-3, p. 446-455, 2006.

LEITE, L. F. C. **Sistema de plantio direto**: opção para solos dos cerrados do meio norte? 2006. Disponível em: <<http://www.paginarural.com.br/artigos//>>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2009.

LOPEZ, A. A. O. **Análise dos custos privados e sociais da erosão do solo**: o caso da bacia do rio Corumbataí. 106 p. Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 1997.

MACÊDO, J. **Os solos da região dos Cerrados**. In: ALVAREZ V.V.H.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F. Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p.135-167.

MDIC. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. 2008. Disponível em: <<http://www2.desenvolvimento.gov.br/sitio/secex.php//>>. Acesso em: 09 de janeiro 2008.

MMA 2005. Programa Nacional de Conservação e uso sustentável do Bioma Cerrado. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br//>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2007.

MARGULIS, S. **Meio ambiente**: aspectos técnicos e econômicos. Brasília: IPEA, 1990.

MARQUES, J. F; PEREIRA, L. C. **Valoração econômica dos efeitos da erosão**: estudo de caso em bacias hidrográficas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.

MARQUES, J. F. **Custos da erosão do solo em razão dos efeitos internos e externos à área da produção agrícola**. In: Revista de Economia e Sociologia Rural, vol. 36, nº 1, jan. / mar. Brasília: SOBER, 1998.

MARQUES, J. F.; COMUNE, A.E. A teoria neoclássica e a valoração ambiental. In: ROMEIRO, A. R. et al. **Economia do meio ambiente**: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais. Campinas: UNICAMP, 1996.

MARTINS, R. C. **Agricultura, gestão de recursos hídricos e desenvolvimento rural**: a convergência necessária. In: FELICIDADE, N.; MARTINS, R. C.; LEME, A. A. (Org). Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil. São Carlos: RIMA, 2003.

MAY, P.H. Comércio agrícola e meio ambiente na América Latina. *In:* MAY, P.; LUSTOSA, M.C. & VINHA, V. (orgs.) **Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Campus/Sociedade ECOECO, 2003. p.197-218.

\_\_\_\_\_, P.H. (org.) **Economia Ecológica**. Rio de Janeiro. Campus, 1995.

MERICO, L. F. K. **Introdução à economia ecológica**, Blumenau, Ed. Da FURB, 1996.

\_\_\_\_\_, L. F. K. **Introdução à economia ecológica**, Blumenau, Ed. Da FURB, 2002.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (2006). **Projeções do Agronegócio: mundial e Brasil**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 15 de outubro de 2008.

MMA. Mapa de cobertura vegetal dos biomas. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/>. Acesso em: 15 de outubro de 2008.

MONTEIRO, M. S. L. **Ocupação do Cerrado piauiense: Estratégia Empresarial e Especulação Fundiária**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Tese de Doutorado, 2002.

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

OHLIN, B. *Interregional and international trade*. Cambridge: Harvard University Press, 1933.

OLIVEIRA, A. U. de. **A Geografia agrária e as transformações territoriais recentes no campo brasileiro**. *In:* CARLOS, A. F. A (org). *Novos Caminhos da Geografia*. São Paulo: Contexto, 2002.

\_\_\_\_\_, A.M. **Valoração econômica dos danos ambientais causados pela erosão do solo agrícola: um estudo de caso do município de Santo Antônio do Jardim – SP**. Campinas, SP. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, 2004.

ORTIZ, L. A. A. **Análise de custos privados e sociais da erosão do solo: o caso do Rio Corumbataí**. 1997. Tese Doutorado em Economia Aplicada. ESALQ/USP, Piracicaba, 1997.

\_\_\_\_\_, R. A. **Valoração Econômica Ambiental**. *In:* Economia do Meio Ambiente. May, P. H; Lustosa, M. A.; Vinha, (Org). Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

PALMA, J. G. Four sources of deindustrialization and a new concept of the Dutch disease. *In:* Ocampo, J.A. (ed.) *Beyond Reforms*. Palo Alto (CA): Stanford University Press, 2005.

PEARCE, D. W. *Economic values and the natural world*. Massachusetts: The MIT Press, 1993. 129 p.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. **Economics of natural resources and the environmental**. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press, 1991.

PRADO JUNIOR, C. **História Econômica do Brasil**. Editora Brasiliense, 1995.

PRADO, H. **Manejo dos solos**: descrições pedológicas e suas implicações. São Paulo: Nobel, 1991.116p.

PREBISH, R. **Dinâmica do desenvolvimento latino-americano**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1968.

PRESS, F. & SIEVER, R. **Understanding Earth**, Third Edition, W. H. Freeman and Company, 2001.

REATTO, A.; CORREIA, J.R. & SPERA, S.T. Solos do bioma cerrado: aspectos pedológicos. In: Sano S.M.& Almeida S.P. (eds), **Cerrado**: ambiente e flora. EMBRAPA/CPAC, Planaltina, 1998. p. 47-86.

REZENDE, P. M. de, LIMA, L.A. P., JUNQUEIRA NETTO, A. *et al.* **Efeito de doses de inoculantes sobre a nodulação e produção de grãos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. In: Seminário nacional de soja 2., Brasília, 1981. Brasília: EMBRAPA. p. 573-582, 1981.

RICARDO, D. **Princípios de Economia Política e de Tributação**. São Paulo: Nova Cultural, 1996.

RODRIGUES DA SILVA, M. A. Economia dos Recursos Naturais. In: Economia do Meio Ambiente. May, P. H; Lustosa, M. A.; Vinha, V (Org). Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

RODRIGUES, W. **Valoração econômica dos impactos ambientais de tecnologias de plantio em região de Cerrados**. *Rev. Econ. Sociol. Rural* [online]. 2005, v. 43, n. 1, p. 135-153.

ROMEIRO A R.; MAIA, A G.; REYDON, B. P. Valoração de recursos ambientais – metodologias e recomendações disponível em texto para discussão 2004. <<http://www.eco.unicamp.br/ecoeco/artigos/artigos.htm/>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2007.

ROMEIRO, A. **Economia ou economia política da sustentabilidade?** Introdução. In: MAY, P.; LUSTOSA, M.C. & VINHA, V. (orgs.) Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática. Rio: Ed. Campus, 2003. p. 1-29.

ROMEIRO, A. R. **Economia ou economia política da sustentabilidade?** Campinas: Unicamp. Instituto de Economia, set. 2002. 28p. (Texto para Discussão, n. 102).

ROWTHORN, R ; WELLS, J R. **De-industrialization and Foreign Trade**. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

SACHS, I. **Ecodesenvolvimento**: crescer sem destruir. São Paulo: Vértice, 1986.

SANDRONI, P. H. R. **Novíssimo Dicionário de Economia**. 3. ed. São Paulo: Best-Seller (Nova Cultural), 1995.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C. & ANJOS, L.H. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 5.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.

SEN, A. **Desenvolvimento como Liberdade**. Companhia das Letras, São Paulo-SP, 2000.

SERÔA DA MOTA, R. Manual para valoração econômica de recursos ambientais. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1998. 218p.

SHELLER, F. **Produtores de grãos multiplicam área plantada no cerrado nordestino**. 2008. Disponível em: < [http://g1.globo.com/Noticias/Economia\\_Negocios//](http://g1.globo.com/Noticias/Economia_Negocios//)>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2009.

SIQUEIRA, T. V. de. **O ciclo da soja: o desempenho da cultura da soja entre 1961 e 2003**. In BNDS Setorial, nº 20, Rio de Janeiro: Setembro, 2004.

SMITH, A. **A riqueza das nações: investigação sobre sua natureza e suas causas**. São Paulo: Nova Cultural, 1996.

SOUZA, N.J.de. **Desenvolvimento Econômico**. 5a ed. São Paulo: Atlas, 2005.

TAVARES, M. C. **Da Substituição de Importações ao Capitalismo Financeiro**. Rio de Janeiro: Zahar, 1971.

WWF. World Wide Fund for Nature. Disponível em: <<http://www.wwf.org.br>>. Acesso em: 04 de abril de 2008.

YOUNG, C. E. F. **Comércio e Meio Ambiente: a Inserção da Indústria Brasileira**. In: Aspectos Estratégicos da Política Comercial Brasileira. IPEA/IPRI Brasília, 2001.

YOUNG, C. E. F; LUSTOSA, M. C. J. **A questão Ambiental no esquema centro-periferia**. Revista Anpec. vol.4. n.2, 2003.

# ANEXOS

## ANEXO A

Valor econômico do custo de reposição de nutrientes da produção de soja, plantio convencional, no cerrado piauiense na safra 2000/2001.

Nutrientes	Concentração de nutrientes no solo (%)	Perdas de nutrientes (ton.)	Fertilizantes	Kg fertilizante / Kg nutrientes	Perdas de fertilizantes (Ton/ano)	Preço de fertilizante (R\$)	Valor econômico de reposição (R\$/ano)
Fósforo	0,002614	16,37	Superfosfato simples	5,56	91,02	450,00	40.959,00
Potássio	0,010058	62,35	Cloreto de potássio	1,72	107,24	630,00	67.561,20
Cálcio + Magnésio	0,094872	588,20	Calcário dolomítico	2,63	1.546,97	45,00	69.613,65
Perda de solo em Ton. (a)	620.000	-	-	-	-	-	178.133,85
Custo de aplicação (b)	-	-	-	-	-	-	372.000,00
FBN (c)	-	-	-	-	-	-	248.000,00
Valor total (a+b+c)							798.133,85
Valor atualizado (Dez/2008)							1.423.628,95

## ANEXO B

Valor econômico do custo de reposição de nutrientes da produção de soja, plantio direto, no cerrado piauiense na safra 2000/2001.

Nutrientes	Concentração de nutrientes no solo (%)	Perdas de nutrientes (ton.)	Fertilizantes	Kg fertilizante / Kg nutrientes	Perdas de fertilizantes (Ton/ano)	Preço de fertilizante (R\$)	Valor econômico de reposição (R\$/ano)
Fósforo	0,002614	13,10	Superfosfato simples	5,56	72,84	450,00	32.778,00
Potássio	0,010058	49,88	Cloreto de potássio	1,72	85,79	630,00	54.047,70
Cálcio + Magnésio	0,094872	470,56	Calcário dolomítico	2,63	1.237,57	45,00	55.690,65
Perda de solo em ton. (a)	496.000	-	-	-	-	-	142.516,35
Custo de aplicação (b)	-	-	-	-	-	-	372.000,00
FBN (c)	-	-	-	-	-	-	248.000,00
Valor total (a+b+c)							762.516,35
Valor atualizado (Dez/2008)							1.360.098,12



## ANEXO C

Valor econômico do custo de reposição de nutrientes da produção de soja, plantio convencional, no cerrado piauiense na safra 2007/2008.

Nutrientes	Concentração de nutrientes no solo (%)	Perdas de nutrientes (ton.)	Fertilizantes	Kg fertilizante/ Kg nutrientes	Perdas de fertilizantes (Ton/ano)	Preço de fertilizante (R\$)	Valor econômico de reposição (R\$/ano)
Fósforo	0,002614	66,98	Superfosfato simples	5,56	372,40	640,00	238.336,00
Potássio	0,010058	255,07	Cloreto de potássio	1,72	438,60	1.800,00	789.480,00
Cálcio + Magnésio	0,094872	2.405,95	Calcário dolomítico	2,63	6.327,65	80,00	506.212,00
Perda de solo em ton. (a)	2.536.000	-	-	-	-	-	1.534.028,00
Custo de aplicação (b)	-	-	-	-	-	-	2.282.400,00
FBN (c)	-	-	-	-	-	-	1.866.496,00
Valor total (a+b+c)							5.682.924,00

## ANEXO D

Valor econômico do custo de reposição de nutrientes da produção de soja, plantio direto, no cerrado piauiense na safra 2007/2008.

Nutrientes	Concentração de nutrientes no solo (%)	Perdas de nutrientes (ton.)	Fertilizantes	Kg fertilizante/ Kg nutrientes	Perdas de fertilizantes (Ton/ano)	Preço de fertilizante (R\$)	Valor econômico de reposição (R\$/ano)
Fósforo	0,002614	53,58	Superfosfato simples	5,56	297,90	640,00	190.662,40
Potássio	0,010058	204,06	Cloreto de potássio	1,72	350,98	1.800,00	631.764,00
Cálcio + Magnésio	0,094872	1.924,76	Calcário dolomítico	2,63	5.062,12	80,00	404.970,40
Perda de solo em ton. (a)	2.028.800	-	-	-	-	-	1.227.396,80
Custo de aplicação (b)	-	-	-	-	-	-	2.282.400,00
FBN (c)	-	-	-	-	-	-	1.866.496,00
Valor total (a+b+c)							5.376.292,80