

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL: O CASO DOS CERRADOS BRASILEIROS⁽¹⁾

Waldecy Rodrigues⁽²⁾
Jorge Nogueira⁽³⁾ e
Denise Imbroisi⁽⁴⁾

RESUMO

A problemática da sustentabilidade na atividade agrícola está diretamente relacionada com os impactos ambientais, econômicos e sociais provocados pela utilização das tecnologias agrícolas. A discussão sobre o desenvolvimento rural sustentável envolve, fundamentalmente, a análise das escolhas técnicas feitas pelos produtores rurais e seus efeitos sobre a eficiência da produção e as externalidades ambientais geradas no processo. Este trabalho objetiva avaliar economicamente o uso das tecnologias de plantio nos cerrados brasileiros, nas óticas privada e social. Pretende-se problematizar a relação entre a eficiência na combinação de insumos e seus custos privados com a geração das externalidades ambientais e seus custos sociais. A idéia básica é comparar diferentes alternativas de plantio – plantio direto e plantio convencional – quanto a seus custos privados e sociais.

Palavras-chave: desenvolvimento rural, custos sociais da tecnologia, eficiência da produção, plantio direto.

ECONOMICAL EVALUATION OF THE SUSTAINABLE AGRICULTURE: THE CASE OF BRAZILIAN SAVANNAHS

ABSTRACT

The problem of sustainability in agricultural activities is directly related to environmental, economical and social impacts generated by the use of the agricultural technologies. The discussion on the sustainable rural development is based on the analysis of technical choices made by rural producers and their effects on the efficiency of production and upon environmental changes generated in the process. This work is aimed toward an economic evaluation of planting technologies in the Brazilian savannas, in terms of private and social returns. It intends to compare the efficiency in the combination of inputs and their private costs with the generation of environmental externalities and their social costs. The basic idea is to contrast no tillage and conventional tillage systems as to their private and social costs.

Key words: rural development, social costs of technology, efficiency of production, no tillage method.

⁽¹⁾ Aceito para publicação em setembro de 2001.

⁽²⁾ Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente do Departamento de Economia da Universidade de Brasília (ECO/UnB). E-mail: waldecy@zaz.com.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Economia da Universidade de Brasília (ECO/UnB), PhD em Economia. E-mail: jmn0702@unb.br

⁽⁴⁾ Professora do Departamento de Economia da Universidade de Brasília (ECO/UnB). E-mail: imbroisi@unb.br

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A sustentabilidade na atividade agrícola está diretamente relacionada com os impactos ambientais, econômicos e sociais provocados pela utilização de técnicas agrícolas. A busca de um desenvolvimento rural sustentável passa pela análise das escolhas técnicas dos produtores rurais e seus efeitos sobre a eficiência da produção e as externalidades ambientais geradas no processo. Este trabalho avalia economicamente o uso de técnicas de plantio nos cerrados brasileiros, nas óticas privada e social. Pretende-se problematizar a relação entre a eficiência na combinação de insumos e seus custos privados com a geração das externalidades ambientais e seus custos sociais. A idéia básica é comparar alternativas de plantio – plantio direto e plantio convencional – quanto aos seus custos e benefícios privados e sociais.

A exploração agrícola dos cerrados é dependente de insumos, como calcário e fertilizantes. Esse modelo tecnológico, responsável pela expansão da produção de commodities em grandes extensões de terra, tem provocado sérios problemas ambientais: degradação do solo, redução da quantidade e da qualidade de água, perda da biodiversidade e ocorrência de pragas oportunistas que adquirem caráter endêmico. Surge a necessidade de técnicas de cultivo que consideram os seus impactos ambientais, entre as quais se enquadra o sistema do plantio direto – uma técnica que causa menor desgaste do solo, reduzindo, assim, os efeitos nocivos do processo de erosão dos solos e sedimentação dos recursos hídricos.

Entretanto, é necessário questionar quais são os custos e benefícios privados e sociais do uso do plantio direto. Haverá um aumento da eficiência técnica dos produtores rurais com o seu uso? Quais custos serão reduzidos e que agentes econômicos serão beneficiados com a adoção do plantio direto do ponto de vista da prática de manejo ambiental da produção agrícola? Este trabalho parte da hipótese central de que o plantio direto causa uma elevação dos custos privados dos produtores rurais e leva a uma redução dos custos sociais advindos das externalidades ambientais.

No início, apresenta-se teoricamente como o produtor rural obtém a eficiência econômica e quais são os limites e contradições dos processos de eficiência econômica e eficácia social. São discutidos os desvios de mercado que podem impedir a obtenção do bem-estar social, em particular, o conceito de externalidades ambientais que é fundamental para a valoração dos impactos ambientais da produção agrícola. Posteriormente, serão descritos os impactos

econômicos, sociais e ambientais das duas técnicas de plantio e será feita a mensuração das externalidades ambientais por elas causadas, utilizando o Método Custo Reposição e o Método Dose-Resposta. Especificamente, valoram-se os efeitos da erosão sobre a rentabilidade da produção agrícola e os efeitos do assoreamento dos rios sobre outros agentes econômicos que partilham do mesmo recurso ambiental. Por fim, são avaliados comparativamente os custos privados e os custos sociais (ambientais) das tecnologias de plantio convencional e direto, visando determinar a tecnologia mais eficiente para o produtor individual e para o bem-estar social.

EFICIÊNCIA ECONÔMICA, BEM-ESTAR SOCIAL E MEIO AMBIENTE

O principal objetivo da economia do bem-estar é estudar a alocação de recursos que maximiza a satisfação dos consumidores e a eficiência técnica dos produtores. Como os recursos são escassos, a alocação ótima será aquela que maximiza o bem-estar de produtores e consumidores, subordinada às limitações das quantidades disponíveis (Serôa Mota, 1990). Para Pindyck & Rubinfeld (1994), essa situação reflete o ótimo de Pareto; uma alocação é eficiente socialmente quando não pode ser realocada para aumentar o bem-estar de uma pessoa sem que haja diminuição no bem-estar de outra.

A eficiência na produção ocorre quando a produção de uma mercadoria não pode ser aumentada sem que ocorra diminuição da quantidade produzida da outra mercadoria. Em outros termos, a alocação dos insumos feita pelo produtor é sua melhor opção técnica, considerando os custos que tem com o processo produtivo. No entanto, para que um sistema econômico seja considerado eficiente, o fato de produzir com a máxima eficiência técnica possível não é suficiente. Ele também deverá produzir combinações de bens que maximizem a satisfação dos consumidores. Isto significa, em termos teóricos, que a taxa marginal de substituição – $TMgS$ – dos consumidores deve ser igual à taxa marginal de substituição técnica – $TMgT$ – dos produtores.

Como observado na Figura 1, todos os pontos da Curva de Fronteira de Possibilidades de Produção são tecnicamente eficientes. Todavia, apenas o ponto tangencial à Curva de Indiferença do Consumidor traduz a produção mais eficiente do ponto de vista social. Dito de outra maneira, a combinação eficiente de produtos é obtida quando a $TMgT$ entre duas mercadorias (que

mede o custo de produção de uma mercadoria em relação ao custo da produção de outra mercadoria) torna-se igual a TMgS (que mede o benefício marginal do consumo de uma mercadoria em relação ao consumo da outra). Quando a curva de possibilidades de produção tangencia a curva das preferências sociais e a reta dos preços relativos à economia encontra-se no seu máximo bem-estar social levado pelas forças de mercado em condições de concorrência perfeita.

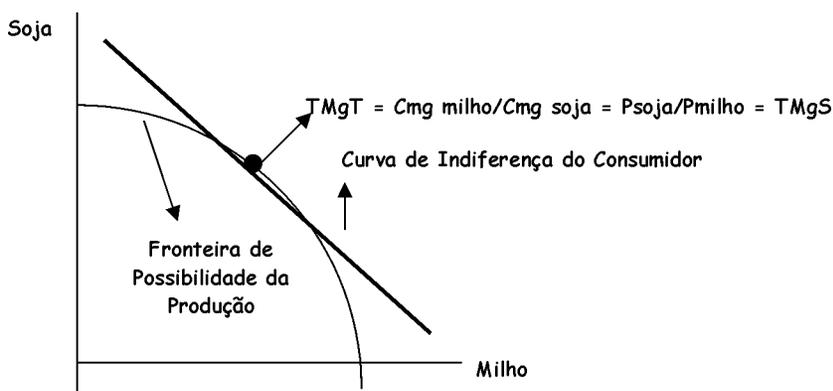


Figura 1. Eficiência da produção.

Fonte: Pindyck & Rubinfeld (1994).

A abordagem da economia do bem-estar, entretanto, não prevê dentro de seus postulados rígidos de concorrência perfeita as distorções surgidas no sistema de mercado. Por exemplo, o poder de mercado afeta a relação dos preços relativos tirando a economia do seu "estado de equilíbrio geral". Além disso, existem: (1) os bens que por circunstâncias peculiares não têm preço de mercado, ou que têm condições não-competitivas de custos e receitas marginais; (2) as externalidades geradas pelos diversos processos produtivos que afetam outros agentes sociais e que não são computadas nos preços dos mercados individuais.

Pearce (1993) aborda algumas questões interessantes sobre o problema do bem-estar aplicado à questão ambiental. Em primeiro lugar, trata-se do

bem-estar de quem? Pode-se falar do incremento do bem-estar da geração atual, mas não se pode saber seus efeitos sobre os custos que serão transferidos para as gerações seguintes. O objetivo social baseado em aumentar o bem-estar imediato não é, necessariamente, consistente com o bem-estar de longo prazo. Por exemplo, um produtor rural pode maximizar sua produção no curto prazo, realizando sua combinação de fatores mais eficiente possível, levando aos consumidores produtos competitivos em termos de preço e qualidade. Esta estratégia de produção, dependendo da tecnologia adotada, pode esgotar o uso do fator terra no longo prazo.

Nos mercados agrícolas reais não existem condições de concorrência perfeita, gerando no processo de produção agrícola conseqüências ao bem-estar de outros agentes econômicos. Nesse sentido, é importante saber quais são os efeitos das tecnologias agrícolas disponíveis com relação à eficiência econômica e à eficácia social. A eficiência econômica está relacionada com a combinação ótima dos insumos no processo de produção, enquanto a eficácia social refere-se às alterações no bem-estar social causadas por ações dos agentes econômicos. Desta forma, quando um produtor rural está maximizando seus lucros por meio de métodos inadequados de manejo de solo, ele pode estar sendo eficiente do ponto de vista econômico, mas não do ponto de vista social. As externalidades,⁽⁵⁾ por exemplo, não estão refletidas nos preços de mercado, podendo causar a ineficiência econômica e a ineficácia social.

VALORANDO CUSTOS E BENEFÍCIOS SOCIAIS

A produção agrícola causa vários impactos ao meio ambiente que representam custos para os indivíduos e para a sociedade. Entre eles podem ser citados a degradação de solos com a utilização de métodos inadequados de plantio e manejo, os problemas gerados com o uso de agrotóxicos para saúde

⁽⁵⁾ Uma externalidade negativa pode ocorrer quando, para controlar algumas pragas e doenças, o produtor rural lança sobre suas plantações quantidades consideráveis de herbicidas e pesticidas, contaminando os cursos d'água da região e prejudicando outros produtores rurais e a população urbana que depende dela para seu abastecimento; entretanto, esses custos externos não são levados em conta na determinação do preço do produto cultivado pelo agente poluidor. Ocorre uma externalidade positiva quando um grupo de produtores rurais de uma microbacia resolve realizar procedimentos para evitar a erosão do solo e o conseqüente assoreamento dos rios. O volume de água terá um aumento e os custos de captação para o abastecimento terão possíveis reduções, afetando positivamente a eficiência econômica de outros agentes que porventura utilizem o recurso hídrico como insumo para o desenvolvimento de sua atividade.

humana e recursos hídricos, o assoreamento dos rios causado pela retirada das matas ciliares e pelo agravamento do processo de erosão.

A valoração econômica dos impactos ambientais, de forma geral, e dos impactos da atividade agropecuária, de modo particular, enfrenta várias dificuldades metodológicas. Como valorar a queda da qualidade de água devido à sua contaminação? Como calcular as externalidades causadas pela erosão dos solos e o conseqüente assoreamento dos rios? Quais são os reais prejuízos trazidos para a sociedade no desmatamento das matas ciliares? O principal desafio para a ciência econômica aplicada ao meio ambiente é justamente valorar esses danos ambientais (Rodrigues, 1999).

Segundo Nogueira & Medeiros (1997), os métodos de valoração econômica ambiental são técnicas para quantificar em termos monetários os impactos econômicos e sociais das atividades econômicas. Os procedimentos metodológicos de valoração demonstram como devem ser atribuídos valores monetários aos bens ambientais que, geralmente, não têm sistemas de preços privados. Esses autores defendem a idéia de que a atribuição de valores monetários ou da preferência revelada dos consumidores a respeito de um bem ou serviço ambiental pode ser um instrumento útil para avaliação dos ativos ambientais e seus benefícios, e custos marginais de preservação.

Pearce (1993) afirma que o Método Custo de Reposição – MCR – é frequentemente utilizado como uma medida do dano causado. A sua operacionalização é feita pela agregação dos gastos efetuados na reparação dos efeitos negativos provocados por algum distúrbio na qualidade ambiental de um recurso utilizado numa função de produção. O MCR pode ser entendido como uma medida do benefício da reparação do dano. Já o Método Dose-Resposta – MDR – procura valorar a relação existente entre um impacto ambiental (dose) sobre nível de produção ou bem-estar final (resposta). No caso da produção agrícola, para diferentes níveis de erosão, existirão diferentes níveis de produção final. O MDR é aplicado empiricamente da seguinte forma: 1) deriva-se a relação natural entre a dose de poluente e a função de resposta do receptor e 2) escolhe-se um modelo econômico e realiza-se sua aplicação.⁽⁶⁾

⁽⁶⁾ Pearce (1993) e Hanley & Spash(1994) demonstram a viabilidade operacional do MDR, mas alertam para possíveis fragilidades metodológicas relacionadas com relacionamento dose-resposta que se atribui na avaliação do processo produtivo. Na sua aplicação empírica, existe forte dependência do MDR com as ciências naturais para a aplicação de modelos econômicos. Nesse sentido, a maior dificuldade metodológica está no fato de estabelecer relação causa-efeito não-econômica, para depois, sim, modelar economicamente o processo.

Para Nogueira & Medeiros (1997) existe uma grande semelhança entre o MCR e MDR. O MCR considera apenas os gastos com a reparação dos danos provocados pela redução da qualidade do recurso ambiental. Já o MDR enfatiza a relação entre níveis (doses) de degradação e a resposta na redução na quantidade produzida de um bem ou serviço. Observa-se que o MDR e o MCR são métodos que tratam a qualidade ambiental como um fator de produção. Assim, mudanças na qualidade ambiental conduzem a mudanças na produtividade e nos custos de produção. Mudanças na produtividade levam, por sua vez, a mudanças nos preços e níveis de produção, que podem ser observados e mensurados.

Nogueira & Medeiros (1997) argumentam que o MDR pode ser adequado para se valorar economicamente os impactos ambientais causados pelo manejo inadequado dos solos na produção agrícola. Entretanto, Lutz, Pagiola & Reich (1994), ao estudarem a agricultura norte-americana, ressaltam que dados confiáveis sobre a degradação do solo e seus efeitos sobre a produtividade são bastante escassos. No mesmo sentido, Marques (1998), ao valorar economicamente os efeitos da erosão em uma bacia hidrográfica brasileira não considerou a queda da produtividade de longo prazo, em razão da falta de informações específicas sobre a bacia hidrográfica em estudo.

A falta de dados confiáveis para a determinação da perda da produtividade agrícola devido a práticas inadequadas de manejo do solo decorre, basicamente, de dois fatores. Há, ainda, falta de pesquisas de longo prazo da produção agrícola. Por outro lado, parte dos produtores rurais procura repor as perdas dos seus solos via reposição de nutrientes, mantendo assim sua produtividade em níveis estáveis. O MCR pode ser utilizado para preencher essa lacuna, estimando os impactos do processo erosivo na rentabilidade da propriedade rural a partir dos nutrientes que devem ser repostos.

O PLANTIO CONVENCIONAL E O PLANTIO DIRETO

Plantio convencional no Cerrado

Segundo Cunha (1997), a agricultura convencional nos cerrados pode ser caracterizada pela grande escala de produção, pela mecanização intensa e pelo uso intensivo de capital, de fertilizantes químicos e de pesticidas. O aumento da escala da produção agrícola provoca a redução dos custos fixos médios e eleva a produtividade física das culturas produzidas, levando assim à maximização da eficiência da produção, dados os recursos econômicos disponíveis. Esse sistema de exploração gerou sérios problemas ambientais que motivaram

questionamentos sobre a sustentabilidade das técnicas agrícolas tradicionais em um ecossistema frágil como os cerrados brasileiros (Shiki, 1997).⁽⁷⁾

O plantio direto: uma alternativa para o cerrado?

De acordo com Muzzili (1995), o plantio direto – PD – é um processo de semeadura em solo não revolvido, no qual a semente é colocada em sulco, ou covas, com largura e profundidade suficiente para obter uma adequada cobertura e um adequado contato da semente com a terra. O controle de pragas, doenças e ervas daninhas é geralmente feito por meio de métodos químicos, combinados ou não com práticas mecânicas e culturas específicas. Esse plantio é caracterizado pela semeadura realizada diretamente sobre os restos culturais do cultivo anterior, sem nenhum preparo do solo (aração e gradagem) [Colozzi Filho (1997)]. Existe, portanto, maior permanência dos resíduos vegetais na superfície do solo, protegendo-o contra o processo erosivo no período entre dois cultivos. Além disso, quando o solo é manejado sob o plantio de forma adequada, ocorre acumulação de nutrientes e resíduos vegetais nas camadas mais superficiais, ocasionando, portanto, maior fertilidade do solo.

Segundo Landers (1996), o plantio direto foi introduzido no país em 1969, em Não-Me-Toque, RS, com o plantio experimental de sorgo. Em relação às técnicas convencionais de preparo e cultivo do solo, o PD permite eficiente controle da erosão, pela manutenção de uma cobertura morta (palha) sobre o solo. A adoção do PD foi uma reação espontânea de agricultores à falta de sustentabilidade física e econômica do sistema de plantio convencional, intensivamente mecanizado, em função dos efeitos da erosão e do alto investimento em maquinário. As principais características técnicas do plantio direto, que reduzem o impacto erosivo nos solos, são (Landers, 1996):

1. A eliminação do uso de práticas agrícolas convencionais, como a aração e a gradagem, reduzindo a movimentação de máquinas sobre o solo, bem como a pulverização da estrutura física do solo.
2. Criação de uma cobertura permanente de palha na superfície, aumentando a fertilidade do solo.

⁽⁷⁾ Como já destacado, essas externalidades ambientais negativas se manifestam de várias formas: a degradação do solo; a redução da quantidade e da qualidade da água; a redução da biodiversidade e a ocorrência de pragas oportunistas que adquirem caráter endêmico. Esses processos associados têm colaborado com a perturbação do equilíbrio ecológico (Darolt, 1998).

3. Plantio com máquinas especializadas que cortam a palha para inserir simultaneamente a semente e o adubo (racionalização do uso de insumos).⁽⁸⁾

A técnica de plantio direto vem sendo utilizada por um número crescente de produtores na região dos cerrados brasileiros. A partir da Tabela 1, pode-se constatar que, no início dos anos noventa, a área destinada para plantio direto nos cerrados brasileiros correspondia a 8,7% do total destinado em todo o Brasil. Já na safra 1995/96 este percentual subiu para 33,33%. No mesmo período, a área brasileira destinada para o plantio direto crescia 3,5 vezes e nos cerrados brasileiros cresceu cerca de 17 vezes.

Tabela 1. Evolução da área plantada em plantio direto (em ha).

Ano Agrícola	Cerrados	Brasil
1974/75	–	8.000
1976/77	–	57.000
1978/79	–	54.000
1980/81	–	205.000
1982/83	500	260.000
1984/85	2.000	500.000
1986/87	9.000	n.d
1988/89	35.000	n.d
1990/91	87.000	1.000.000
1991/92	180.000	1.350.000
1992/93	270.000	n.d
1993/94	420.000	3.000.000
1994/95	930.000	3.800.000
1995/96	1.500.000	4.500.000

Fonte: Landers (1996).

⁽⁸⁾ Para Saturnino & Landers (1997), por deixar de gradear, arar, escarificar e cultivar, o plantio direto revolucionou conceitos milenares, principalmente pelo avanço da pesquisa com herbicidas, dispensando, com isso, o preparo do solo. Este processo tem efeitos nos custos privados da produção agrícola que se manifestam à medida que o plantio direto é utilizado em safras sucessivas. Este processo do ponto de vista físico, tem os seguintes efeitos: 1. estabilização da temperatura do solo, favorecendo os processos biológicos e a vida do solo, mantendo a umidade do solo ao reduzir a evaporação; 2. age como reciclador de nutrientes, assegurando alta atividade biológica; e 3. aumenta a matéria orgânica no perfil do solo, melhorando a sua estrutura física, ajudando no controle de plantas invasoras, seja por supressão, seja por alopatia.

Aspectos físicos e econômicos do processo de erosão dos solos nos Cerrados Brasileiros

Segundo Campanhola & Rodrigues (1997), pode-se adotar um enfoque simplificador e quantificar as externalidades ambientais negativas de acordo com a importância que o bem perdido ou deteriorado tem para o agrossistema. Nesse caso, o custo da erosão seria dado pelo valor dos nutrientes contidos no solo que foi perdido, ou, em outros casos mais graves, onde a área torna-se inapta para a agricultura, o custo seria obtido pelo preço de mercado da área de terra afetada. Entretanto, esse tipo de abordagem não mede os danos sobre outros bens e serviços ambientais, como por exemplo, perdas da biodiversidade, e, também, não mede outros efeitos decorrentes do processo erosivo que afetam outras partes do ecossistema, como, por exemplo, a qualidade dos recursos hídricos.

Landers (1996) afirma que os solos dos cerrados são bem mais erodíveis que as terras de cultura do sul do país. Os cerrados brasileiros, geralmente, possuem uma textura e topografia favoráveis à mecanização, porém são facilmente erodidos e pouco férteis, dependendo de correções químicas. Entre 1970 e 1990, verificou-se uma forte migração de agricultores do sul do país, em procura de novas fronteiras agrícolas, para a região Centro-Oeste (Landers, 1996). Estando relativamente capitalizados, com o apoio de programas especiais de desenvolvimento agrícola (Prodecer – Programa de Desenvolvimento dos Cerrados), esses agricultores sulistas passaram a aplicar nos Cerrados os métodos convencionais (com o apoio das instituições de pesquisa e extensão rural) com uma tecnologia de pesada mecanização e adubação intensa em solo com boas condições topográficas e pobre em nutrientes. Há fortes indícios de que a tecnologia mecanizada convencional trazida do sul do país não é plenamente sustentável no médio e longo prazos.

Produtividades mais baixas pela perda da qualidade do solo implicam a ocupação de mais terras para a produção, ameaçando dessa forma as áreas de reserva ambiental, incorrendo nos casos mais extremos na degradação das matas ciliares e podendo expandir o processo erosivo para os leitos dos córregos e rios. Para realizar a valoração econômica dos efeitos do processo de erosão sedimentação é necessária uma compreensão prévia dos impactos ambientais causados pelo agente degradador.

O processo de erosão dos solos tem, basicamente, dois tipos de efeitos: internos e externos. Os efeitos internos estão associados à perda da eficiência

da produção agrícola. Nesse sentido, esses efeitos são absorvidos pelos próprios produtores rurais, aumentando, assim, seus custos de produção no médio e longo prazos. Já os efeitos externos são absorvidos por outros agentes econômicos que sofrem, fundamentalmente, com o processo de assoreamento dos recursos hídricos, sendo que estes custos não estão incluídos nos custos privados do produtor/degradador.

O principal efeito ou consequência direta da erosão do solo é uma diminuição da produção agrícola e, portanto, da produtividade no longo prazo (Mc Connell, 1983). No entanto, usualmente as práticas agrícolas que deterioram o solo têm resultados econômico-produtivos imediatos benéficos, partindo daí sua vasta utilização e a dificuldade para trocá-las por práticas de manejo de solo menos erosivas, mas menos rentáveis (Ervin & Ervin, 1982). Os custos internos do processo de erosão podem ser calculados por cultura utilizando as perdas de solo transformadas em perdas de nutrientes, conforme a composição do solo. Considera-se que a perda de terra representa, também, correspondente perda de nutrientes. Tem-se a seguinte equação de determinação dos custos internos (Marques, 1998):

$$\text{Custos internos} = Q_n (P_n + C_a) + (P_p * Q_p),$$

Em que :

Q_n = fertilizantes carreados pela erosão (tonelada/ha/ano);

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

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

P_p = preço da produção agrícola (em R\$);

Q_p = redução da produtividade de longo prazo em virtude da erosão (tonelada/ha/ano).

Nesse trabalho são comparados os custos gerados pelo processo de erosão na utilização de duas técnicas alternativas: plantio convencional (empregando técnicas de aração e gradeamento dos solos) e o plantio direto, que busca o não revolvimento dos solos e a formação de palhada visando aumentar a

produtividade no longo prazo para o município de Mineiros no Estado de Goiás. Verifica-se na Tabela 2 que o plantio convencional gera uma erosão 300,12% superior àquela produzida pelo plantio direto, para a produção de milho e soja. Isso mostra que esta tecnologia é muito mais sustentável no que diz respeito, exclusivamente, ao manejo dos solos.

Tabela 2. Grupos de culturas, áreas ocupadas e perdas de solo no município de Mineiros, GO.

Produtos	Área ocupada (ha) ¹	Erosão no plantio convencional (t./ano) ²	Erosão no plantio direto (t./ano) ²
Soja	44.864	215.347	40.377
Milho	8.672	29.485	20.813
Total	55.536	244.832	61.190

Fonte:¹IBGE -- Censo Agropecuário (1995/1996);² Cálculos feitos a partir de Saturnino & Landers (1997); o arraste de partículas na soja com plantio convencional é de 4,8 t/ha/ano e no plantio direto 0,9 t/ha/ano; no milho os indicadores para o plantio convencional e o plantio são respectivamente 3,4 t/ha/ano e 2,4 t/ha/ano.

Para avaliar os efeitos do processo erosivo sobre a rentabilidade do produtor individual são elaboradas duas hipóteses: 1) toda a produção de milho e de soja no Município de Mineiros, GO, é gerada por meio do plantio convencional (Tabela 3) e 2) toda a produção de milho e de soja é realizada pelo uso do plantio direto (Tabela 4). Utilizando o Método Custo Reposição, verifica-se que os produtores de milho e soja do Município de Mineiros, GO, ao utilizarem a tecnologia tradicional, têm um custo anual com reposição de nutrientes de R\$ 235.126,73, ou seja, um valor médio de R\$ 4,23 por hectare (Tabela 3).

Observa-se que, de acordo com a Tabela 4, se todos os produtores dos municípios utilizarem a tecnologia do plantio direto teriam um custo médio com reposição de nutrientes de R\$ 1,06 por hectare, ou seja, um custo anual com reposição de nutrientes de R\$ 58.949,48.

Tabela 3. Estimativa do valor econômico das perdas de solo no plantio convencional no município de Mineiros, GO.
(Perdas de solo: 244.832 t)

Nutrientes	Concentração de nutrientes no solo (%)	Perdas de nutrientes (t)	Fertilizantes	Kg. Fert. por kg nutrientes ⁽¹⁾	Perdas de fertilizantes (t/ano)	Preços dos fertilizantes (R\$/t)	Valor econômico das perdas em R\$/ano
Nitrogênio	0,096750	236,87	Uréia (45% N)	2,22	525,85	388,00	204.029,84
Fósforo	0,002614	6,40	Superfosfato Simples	5,56	35,58	263,00	9.357,54
Potássio	0,010058	24,62	Cloreto de Potássio	1,66	40,89	220,00	8.995,80
Cálcio+ Magnésio	0,092872	227,38	Calcário dolomítico	2,63	598,01	21,31	12.743,59
Perdas do solo							235.126,13

Fonte: ⁽¹⁾ Indicadores técnicos colhidos em Marques (1998).

Tabela 4. Estimativas do valor econômico das perdas de solo no plantio direto no município de Mineiros, GO.
(Perdas de solo: 61.190 t)

Nutrientes	Concentração de nutrientes no solo (%)	Perdas de nutrientes (t)	Fertilizantes	Kg. Fert. por kg nutrientes ⁽¹⁾	Perdas de fertilizantes (t/ano)	Preços dos fertilizantes (R\$/t)	Valor econômico das perdas em R\$/ano
Nitrogênio	0,096750	59,20	Uréia (45% N)	2,22	131,42	388,00	50.990,96
Fósforo	0,002614	1,60	Superfosfato Simples	5,56	8,90	263,00	2.340,70
Potássio	0,010058	6,15	Cloreto de Potássio	1,66	10,21	220,00	2.246,20
Cálcio+ Magnésio	0,092872	56,83	Calcário dolomítico	2,63	149,46	21,31	3.184,99
Perdas do solo							58.762,35

Fonte: ⁽¹⁾ Indicadores técnicos colhidos em Marques (1998).

Em uma abordagem comparativa dos custos anuais de reposição com nutrientes, verifica-se que os custos com plantio direto representam apenas 25% dos custos incorridos com o plantio tradicional. Entretanto, do ponto de vista econômico, em uma perspectiva de maximização de lucros no curto prazo, os produtores rurais podem preferir a alternativa de ocupar outras áreas na sua propriedade sem arcar com o custo de reposição de nutrientes e/ou sem trocar a técnica de plantio. Nesse sentido, pode ocorrer o desmatamento das reservas florestais e das matas ciliares para o uso como lavouras. Para que possamos perceber todos os custos envolvidos com as duas técnicas de plantio precisamos considerar os efeitos externos do processo erosivo.

Existem vários efeitos externos associados ao processo de erosão, sendo bastante significativo o assoreamento dos recursos hídricos. O processo de assoreamento reduz a disponibilidade de recursos hídricos para outros agentes econômicos que compartilham o recurso ambiental. Desta forma, o processo de erosão causa, indiretamente, o aumento no custo de geração de energia elétrica, o aumento no custo da captação de água para o abastecimento urbano e pode reduzir a disponibilidade de recursos hídricos para regiões que necessitam de projetos de irrigação. Os efeitos econômicos do processo de erosão sobre o custo de captação de água no município de Mineiros (GO) podem ser avaliados partindo da estimativa do total de sedimentos retidos nos córregos, rios e reservatórios (Chaves, 1997).

Custos externos: $R = P \cdot E \cdot n \cdot A \cdot p$

Em que :

R – volume de retenção de sedimentos nos recursos hídricos (t/ano)

P – percentual médio de perda do solo (%)

E – taxa de entrega de sedimentos (%)

n – eficiência média de retenção dos sedimentos nos recursos hídricos

A – área estimada pela ocupação de lavouras (ha)

p – volume do solo carregado para os recursos hídricos (t/ano)

As Tabelas 5 e 6 apresentam, para as culturas do milho e da soja, indicadores para o plantio convencional e o plantio direto no município de Mineiros, GO, respectivamente.

Tabela 5. Estimativa do custo social do assoreamento dos recursos hídricos com a utilização da tecnologia de plantio convencional no sistema de captação de água no Município de Mineiros, GO. n = 1

Cultura	R (t/ano)	P (t/ano)	E (%)	P (%)	A (ha)	P (%)
Soja	10.767,36	4,8	50%	50%	44.864	20%
Milho	1.474,24	3,4	50%	50%	8.672	20%
Total	12.241,60	-	-	-	-	-

Fonte: Indicadores técnicos colhidos em Marques (1998).

Tabela 6. Estimativa do custo social do assoreamento dos recursos hídricos com a utilização da tecnologia de plantio direto no sistema de captação de água no Município de Mineiros, GO. n = 1.

Cultura	R (t/ano)	P (t/ano)	E (%)	P (%)	A (ha)	P (%)
Soja	2.018,88	0,9	50%	50%	44.864	20%
Milho	1.040,64	2,4	50%	50%	8.672	20%
Total	3.059,52	-	-	-	-	-

Fonte: Indicadores técnicos colhidos em Marques (1998).

Considerando a hipótese de que todo o plantio de soja e milho é feito pelo método convencional, o volume de retenção total estimada no município de Mineiros (GO) é de R\$ 12.241,60 t/ano. Medindo as externalidades causadas pelo processo de assoreamento sobre o sistema de captação de água, estima-se que o custo eventual de remoção do sedimento equivale a R\$ 7,33. Desta forma, podem ser calculados os custos sociais do processo de erosão/assoreamento no município de Mineiros sobre o sistema de captação de água em R\$ 89.730,93/ano.

Já considerando a hipótese de que todo o plantio de soja e milho é feito pelo plantio direto, o volume de retenção total estimada no município de Mineiros é de 3.059,52 t/ano. Pode-se, então, estimar os custos sociais do processo de erosão/assoreamento no município de Mineiros sobre o sistema de captação de água em R\$ 22.426,28/ano.

Aceitando-se como válida a hipótese de que a Companhia Municipal de Abastecimento de Mineiros queira manter a mesma disponibilidade de recursos hídricos, a adoção da tecnologia do plantio direto por parte dos produtores de soja e milho geraria uma economia anual para a empresa de R\$ 67.304,65 que corresponde a um quarto do custo anterior de remoção dos sedimentos.⁽⁹⁾

Adicionando-se os efeitos internos e externos do processo erosivo, pode-se estimar que os seus danos sociais com a utilização do plantio convencional são de R\$ 324.857,66 /ano, enquanto que se os produtores utilizarem a tecnologia do plantio direto estes mesmos danos serão equivalentes a R\$ 81.189,13. Entretanto, os impactos ambientais derivados do processo de erosão dos solos não estão relacionados apenas aos seus efeitos sobre o sistema de captação de água municipal e nem somente pelas perdas de nutrientes dos solos. Fica claro, então, que a significativa vantagem do plantio direto está subestimada.

⁽⁹⁾ Com base nesta estimativa, faz-se uma reflexão dentro do raciocínio dos custos marginais de redução da poluição e da redução dos danos marginais. Não seria compensador para as empresas de captação de água subsidiar (instrumento de gestão econômica do meio ambiente para obter a "degradação ótima") um programa de gestão das microbacias no seu curso de captação de água, visando obter práticas sustentáveis por parte dos produtores rurais até o valor de R\$ 67.304,64? Nessa situação, se estaria obtendo um benefício marginal com a redução da sedimentação dos recursos hídricos.

A análise custo-benefício econômica e ambiental

A compreensão tradicional da análise custo-benefício mostra uma comparação dos benefícios de um empreendimento, sobretudo suas receitas geradas, com os seus custos. Pode-se usar a análise custo-benefício para comparar, do ponto de vista econômico, tecnologias alternativas para uma mesma atividade econômica. Hirschfeld (1989) assinala que, neste tipo de comparação, deve-se usar a análise incremental, tendo o valor presente líquido e a taxa interna de retorno como indicadores para a seleção da alternativa mais eficiente.

Um ponto que deve ser observado nesse tipo de análise é o cuidado de comparar valores em unidades de tempo diferenciadas, e a escolha da taxa de desconto (custo de oportunidade) para atualizar valores de fluxos de caixa futuros. Field (1995) aborda algumas questões sobre o problema da temporalidade em análise de alternativas de investimento, considerando a questão ambiental. O desconto é o método utilizado para solucionar o problema temporal na análise custo-benefício. Sua principal função consiste em ajudar a agregar uma série de custos e benefícios que está dispersa durante toda a vida do projeto ou programa.

Field (1995) argumenta, ainda, que existem basicamente duas vertentes de pensamento sobre esta questão. A primeira manifesta que a taxa de desconto deve refletir a forma que as pessoas pensam a respeito do tempo. Qualquer pessoa, normalmente, preferirá R\$ 1 hoje do que R\$ 1 daqui a 10 anos. Ou seja, há uma taxa positiva de preferência no tempo pelo retorno mais rápido do capital aplicado. Assim, a taxa de desconto a ser utilizada para fins de avaliação de investimentos estaria baseada nas taxas pagas pelos bancos nos seus diversos produtos de aplicação financeira. A segunda vertente defende que a taxa de desconto que deve ser utilizada em avaliação de investimentos é a taxa de juros que os empresários pagam para os bancos quando necessitam de recursos para a realização de suas inversões. Essas taxas são mais altas do que aquelas pagas nos produtos de aplicação no mercado financeiro, até mesmo pela existência do spread bancário.

Existem vários problemas com relação ao uso de taxa de descontos para avaliar projetos ambientais de muito longo prazo. Alguns chegam a defender a idéia de que para este tipo de empreendimento a taxa de desconto adequada é

zero, para não prejudicar as necessidades e preferências das gerações futuras. Entretanto, este argumento pode levar à execução de projetos ambientais com retorno muito distante e incerto com altos custos no curto prazo, provocando ineficiência na aplicação desses recursos.

Existem outros instrumentos complementares para analisar a viabilidade de projetos ou escolher tecnologias alternativas para o processo de produção. Field (1995) sugere a adoção do critério de sustentabilidade dos empreendimentos avaliados, evitando o uso indiscriminado deste critério pelo seu grande grau de subjetividade. O autor também ressalta a idéia de que a análise custo-benefício deve mencionar como os benefícios líquidos de algum projeto são repartidos entre os diferentes grupos sociais.

Outra grande limitação da análise custo-benefício é a incerteza com relação às projeções feitas para fluxos no futuro. Em particular, quanto à exploração de recursos naturais e à qualidade ambiental, ninguém é capaz de prever, com segurança, as preferências dos consumidores no futuro. Por exemplo, podem haver mudanças consideráveis nos custos futuros do controle das emissões de poluentes.

No caso específico desse estudo, a Tabela 7 mostra uma comparação entre os custos médios de produção de soja no plantio direto e no plantio convencional. Os custos do plantio convencional são inferiores aos do plantio direto, demonstrando uma pequena vantagem (menos de um por cento) de custos da técnica convencional. O plantio direto, relativamente ao plantio convencional, apresenta um maior custo com insumos (9,48%), principalmente com o uso de dessecantes, e custos inferiores, 35,84%, com relação ao preparo do solo.

Já no caso do milho, a Tabela 8 mostra que o plantio convencional é cerca de 6,3% mais caro do que o plantio direto, verificando-se neste caso a maior eficiência econômica da técnica sustentável. Nessa cultura, o plantio direto tem custo 3,6% superiores nos insumos e 43,5% inferiores no preparo do solo com relação ao plantio convencional, apresentando maior eficiência econômica no resultado geral.

Na análise custo-benefício da soja (Tabela 9) pode ser verificada a eficiência econômica das técnicas de plantio em análise. Tanto o plantio direto

quanto o plantio convencional são viáveis economicamente, pois o B/C é maior que 1 nas duas alternativas, satisfazendo a principal condição de viabilidade econômica da técnica. Pelo valor presente líquido – VPL –, verifica-se que o benefício líquido médio anual descontado do plantio direto é de R\$ 180,71 enquanto no plantio convencional é de R\$ 118,21. A alternativa tecnológica mais eficiente do ponto de vista econômico é o plantio convencional.

Na análise custo-benefício do milho (Tabela 10) fica demonstrado que as duas tecnologias também são viáveis economicamente, pois o B/C é maior que 1 nas duas alternativas. Pelo valor presente líquido – VPL –, constata-se que o benefício líquido médio anual descontado do plantio direto é de R\$ 77,01, enquanto no plantio convencional é de R\$ 60,90. A alternativa tecnológica mais eficiente do ponto de vista econômico é o plantio direto, sendo que o produtor rural com o conhecimento da aplicação do sistema vai escolher essa técnica para o plantio.

No município de Mineiros, GO, os produtores locais estão com muitas dificuldades na prevenção de pragas que, segundo eles, são mais difíceis de controlar com a formação da palhada no plantio direto. Muitos produtores vêm adotando práticas mistas de plantio (direto e convencional) para tirar proveito das vantagens e se precaverem das desvantagens dos dois métodos de cultivo. A principal vantagem do plantio direto é a redução do processo erosivo. Entretanto, segundo os agricultores, no plantio convencional o combate a doenças e pragas é mais simples e eficaz.

No final da década de 80, o plantio direto era considerado praticamente inviável economicamente para os cerrados, a não ser em uma situação de longo prazo (Cunha, 1997). Esse autor demonstra que, no final da década de 1980, o plantio direto tinha custos superiores ao plantio convencional. No cultivo da soja e do milho o plantio direto apresentava custos 6% e 5% superiores ao plantio convencional, respectivamente. Já na avaliação de Landers, em 1996, o plantio direto demonstrava custos menores que o plantio convencional no caso do milho (-1,99%) e na soja a técnica conservacionista apresentava um custo superior em 2,43%, apresentando grande proximidade nos custos privados entre o plantio direto e convencional no caso das duas culturas.

Tabela 7. Custo médio de produção de soja no plantio convencional e no plantio direto no município de Mineiros, GO, na safra de 1998/99.

Itens	Plantio direto (R\$/ha)	Plantio convencional (R\$/ha)
1. Insumos	363,71	332,19
Fertilizantes com micros	119,00	199,00
Inoculante	0,40	0,40
Micronutrientes/Foliar (Zn + Mn + B)	5,00	5,00
Sementes	38,00	38,00
Tratamento com sementes	2,33	2,33
Herbicidas (incluídos desseccantes)	105,02	75,90
Inseticidas	21,60	21,60
Fungicida	14,00	14,00
Aplicação de herbicidas	3,60	1,20
Aplicação de inseticidas	8,78	8,78
Aplicação área de fungicida	10,00	10,00
Calcário/ha/ano	35,98	35,98
2. Operações hora/máq.	53,32	83,10
Subsolagem	-	22,50
Manutenção terraços	-	4,10
Gradagem	-	17,60
Rocagem (Capina)	9,50	-
Plantio	17,88	12,50
Colheita	21,14	21,14
Transporte	5,00	5,00
Total	417,23	415,29

Fonte: Associação dos Produtores de Grãos Mineiros, GO (1999). Indicadores técnicos colhidos em Landers (1994).

Tabela 8. Custo médio de produção de milho no plantio convencional e no plantio direto no município de Mineiros, GO, na safra de 1998/99.

Itens	Plantio direto (R\$/ha)	Plantio convencional (R\$/ha)
1. Insumos	402,63	388,54
Fertilizantes com micros	122,00	122,00
Fertilizantes cobertura	46,50	46,50
Micronutrientes/Foliar (Zn + Mn + B)	5,00	5,00
Sementes	65,00	65,00
Tratamento com sementes	8,95	8,95
Herbicidas	59,89	44,00
Inseticidas	16,30	16,30
Aplicação de herbicidas	3,60	1,20
Aplicação de inseticidas	4,39	4,39
Aplicação de cobertura	-	4,20
Recepção e secagem	36,00	36,00
Calcário/ha/ano	35,00	35,00
2. Operações hora/máq.	55,88	98,85
Subsolagem	-	22,50
Manutenção terraços	-	4,09
Gradagem	-	22,26
Roçagem (Capina)	0,50	-
Plantio	17,88	12,50
Colheita	27,50	27,50
Transporte	10,00	10,00
Total	458,51	487,39

Fonte: Associação dos Produtores de Grãos Mineiros, GO (1999). Dados trabalhados pelo autor. Indicadores técnicos colhidos em Landers (1994).

Tabela 9. Análise custo-benefício da produção de soja/ha/ano.

Anos	Plantio direto		Plantio convencional	
	Custos	Benefícios	Custos	Benefícios
1	434,60	566,67	415,29	566,67
2	434,60	566,67	415,29	566,67
3	417,23	566,67	415,29	566,67
4	417,23	566,67	415,29	566,67
Total	1.335,09	1.769,95	1.297,13	1.769,95
B/C	1,32571		1,36452	
VPL	434,86		472,82	

Total dos fluxos de caixa descontados a uma taxa de 19,49% (Over-Selic agosto/1999).

Tabela 10. Análise custo-benefício da produção de milho/ha/ano.

Anos	Plantio direto		Plantio convencional	
	Custos	Benefícios	Custos	Benefícios
1	470,77	611,37	487,39	564,34
2	470,77	611,37	487,39	564,34
3	458,51	611,37	487,39	564,34
4	458,51	611,37	487,39	564,34
Total	1.454,64	1.909,57	1.522,32	1.762,67
B/C	1,21176		1,14750	
VPL	308,03		226,57	

Total dos fluxos de caixa descontados a uma taxa de 19,49% (Over-Selic agosto/1999).

Rodrigues (1999) reforça a tendência do aumento da eficiência econômica do plantio direto com relação ao plantio convencional. Para a soja, plantio direto, os custos eram superiores ao plantio convencional em apenas 0,47%, enquanto no cultivo do milho a tecnologia conservacionista apresentava custos 5,93% menores do que a tecnologia convencional. Em suma, ao longo da década de 90 foi constatada uma evolução da eficiência econômica do plantio direto em relação ao convencional. Durante este período o plantio direto foi tendo seus custos reduzidos, principalmente, pela redução do preço dos herbicidas desseccantes.

Entretanto, mesmo com a evolução da eficiência econômica do plantio direto, os produtores rurais têm algumas restrições à utilização desta tecnologia: 1) surgimento de pragas e doenças que requerem um nível diferente de manejo pela existência da palhada; 2) falta de preparo adequado para o manejo de herbicidas e 3) a dependência da produção agrícola com relação a grandes empresas multinacionais produtoras de herbicidas desseccantes.

Quais são as externalidades ambientais dos dois sistemas? Quais as alterações na análise custo-benefício quando se agregam os danos e os benefícios ambientais advindos da redução da degradação? Romano (1997) estima que a perda média de solos nas propriedades onde predominam os sistemas convencionais de manejo se situa em torno de 25 t/ha. Já no plantio direto, a perda estimada é de 3 t/ha ano, oito vezes inferior a do plantio convencional.

Com relação ao arraste de partículas do solo, o plantio direto nas duas culturas mostra-se como uma técnica de manejo do solo mais sustentável, pois provoca um menor arraste de partículas do solo (Tabela 11).

Tabela 11. Arraste de partículas do solo em t/ha/ano (erosão).

Método de preparo	Soja	Milho
Plantio convencional	4,8	3,4
Plantio direto	0,9	2,4

Fonte: Saturnino & Landers (1997).

Verifica-se, também, que o plantio direto apresenta menor perda de água do que o plantio convencional (Tabela 12). Quando se reduz a remoção dos solos, sua capacidade de retenção de água é aumentada, diminuindo, assim, o processo de erosão e a sedimentação dos recursos hídricos. Isto mostra novamente que o plantio direto, ao reduzir o impacto de erosão-sedimentação, eleva os benefícios sociais.

Tabela 12. Perdas de água (mm/ha/ano).

Método de preparo	Soja	Milho
Plantio convencional	206	308
Plantio direto	120	171

Fonte: Saturnino & Landers (1997).

O plantio direto é claramente superior ao plantio convencional no que tange à retenção de água no solo e ao arraste de partículas do solo. As tabelas 13 e 14 apresentam uma análise dos custos privados e sociais nos cultivos da soja e do milho. Os custos sociais são estimados a partir dos efeitos do processo de erosão/sedimentação sobre a reposição dos nutrientes e dos efeitos da sedimentação dos recursos hídricos no sistema de captação de água.

Tabela 13. Análise dos custos sociais do processo erosivo na produção de soja/ha/ano.

Anos	Plantio direto		Plantio convencional	
	Custos	Benefícios	Custos	Benefícios
1	435,90	566,67	427,73	566,67
2	435,90	566,67	427,73	566,67
3	418,53	566,67	427,73	566,67
4	418,53	566,67	427,73	566,67
Total	1.339,15	1.769,95	1.335,98	1.769,95
B/C	1,32169		1,32483	
VPL	430,80		433,97	

Fonte: Elaborada pelo autor.

Tabela 14. Análise dos custos sociais do processo erosivo na produção de milho/ha/ano.

Anos	Plantio direto		Plantio convencional	
	Custos	Benefícios	Custos	Benefícios
1	473,39	564,34	496,21	564,34
2	473,39	564,34	496,21	564,34
3	461,13	564,34	496,21	564,34
4	461,13	564,34	496,21	564,34
Total	1.462,82	1.769,95	1.549,87	1.769,95
B/C	1,37239		1,14750	
VPL	518,15		226,57	

Fonte: Elaborada pelo autor.

No caso da soja, no plantio convencional, há um custo social de R\$ 6,22 por hectare/ano, dos quais R\$ 4,50 para a reposição de nutrientes do solo erodido e R\$ 1,72 para cobrir custos com a remoção dos sedimentos dos recursos hídricos. Já o plantio direto gera um custo social de R\$ 1,30 por hectare/ano, do qual R\$ 0,61 para a reposição de nutrientes e R\$ 0,69 para a remoção de sedimentos dos recursos hídricos. O plantio direto reduz em 79,1% os custos sociais advindos do processo de erosão no cultivo da soja.

No caso do milho, a utilização do plantio convencional gera um custo social de R\$ 4,41 por hectare/ano: R\$ 3,16 para a reposição de nutrientes do solo erodido e R\$ 1,25 para cobrir custos com a remoção dos sedimentos dos recursos hídricos. Já o plantio direto gera um custo social de R\$ 2,62 por hectare/ano: R\$ 2,30 para a reposição de nutrientes e R\$ 0,32 para a remoção de sedimentos dos recursos hídricos. O plantio direto reduz em 40,59% os custos sociais advindos do processo de erosão no cultivo da soja, ficando assim demonstrada a sua maior sustentabilidade. A adoção do plantio direto gera um valor presente líquido social 128,70% maior do que plantio convencional.

CONCLUSÃO

Nos últimos anos, o plantio direto melhorou sua eficiência econômica, mediante esforço da área de pesquisa do governo, de grandes empresas multinacionais e das associações dos produtores, porque os herbicidas dessecantes vêm tendo seus preços reduzidos e as técnicas de manejo estão sendo difundidas em larga escala. Em termos ambientais, a técnica do plantio direto apresenta várias vantagens, dentre elas a redução do processo de erosão/sedimentação, que foi a única externalidade ambiental considerada nesse estudo.

No cultivo da soja, o plantio direto é cerca de 0,24% mais caro do que o plantio convencional. O plantio direto com relação ao plantio tradicional tem maior custo com insumos (9,48%), principalmente com o uso de dessecantes, e custos inferiores (-35,84%) com o preparo do solo com relação ao plantio convencional. Por outro lado, o plantio direto reduz em 79,1% os custos sociais advindos do processo de erosão no cultivo da soja.

No cultivo do milho, o plantio convencional é cerca de 6,4% mais caro do que o plantio direto. O plantio direto tem custos 3,62% superiores nos insumos e são inferiores em 43,44% no preparo do solo com relação ao plantio convencional, mostrando maior eficiência econômica no resultado geral. O plantio direto reduz em 40,59% os custos sociais advindos do processo de erosão no cultivo do milho.

Como consequência, a hipótese de que o plantio direto causa uma elevação dos custos privados dos produtores rurais e leva à redução do custo social é aceita para o cultivo da soja e rejeitada para o cultivo do milho. No caso do milho, os custos privados são menores na tecnologia conservacionista, e os benefícios sociais superiores pela redução do processo de erosão e sedimentação.

No caso do milho, portanto, não existe razão econômica que justifique a necessidade de estimular a adoção da tecnologia considerada conservacionista, pois, neste caso, apenas os mecanismos de mercado são suficientes. Em relação à soja, como o plantio convencional é mais eficiente economicamente do que o plantio direto, o poder público pode atuar com a adoção de instrumentos de gestão econômica do meio ambiente para estimular a adoção da tecnologia considerada conservacionista.

Nos próximos anos, mantida a tendência de queda dos preços dos herbicidas, a expansão do plantio direto vai depender, fundamentalmente, dos esforços de o poder público e as organizações dos produtores disseminarem a técnica conservacionista. Nossos resultados podem subsidiar a elaboração de políticas

públicas que estimulem o aumento da utilização do plano direto nos cerrados brasileiros, pois beneficia tanto o produtor rural quanto a sociedade, pela redução dos impactos negativos causados pela produção agrícola, como é o caso das conseqüências da erosão aqui avaliadas.

REFERÊNCIAS

CAMPANHOLA, C.L.; ALFREDO J.; RODRIGUES, G. S. Agricultura e impacto ambiental. In: SIMPÓSIO SOBRE OS CERRADOS DO MEIO-NORTE, 1., Teresina, 9 a 12 dez. 1997. Anais... Teresina, Piauí: Embrapa, 1997. p. 159-168.

CHAVES, H. M. L. Efeitos do plantio direto sobre o meio ambiente. In: SATURNINO, H. M.; LANDERS, J. N. O meio ambiente e o plantio direto. Goiânia: Embrapa, 1997. p.57-66.

COLOZZI NETTO, F. A. Solo sob plantio direto. Londrina: Embrapa, 1997. 235p.

CUNHA, G. Plantio direto. 39 ed. São Paulo: Saraiva, 1997. 28p.

DAROLT, M. R. Plantio direto: pequenas propriedades sustentáveis. Londrina: IAPAR, 1998. 255p

ERVIN C.; ERVIN D. Factors affecting the use of soil conservation practices: hypotheses, evidence and policy implications. Land Economics, v. 58, p. 277-292, 1982.

FIELD, B. C. Economia ambiental – una introducción. Colombia: McGraw Hill, 1995. 587p.

HANLEY, N.; SPASH, C. L. Cost-benefit analysis and the environment. Hampshire, Inglaterra: Edward Elgar, 1994.

HIRCHFELD, H. Engenharia econômica e análise de custos. São Paulo: Atlas, 1989. p.151-164.

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

LUTZ, E.; PAGIOLA, S.; REICH, C. The costs and benefits of soil conservation: the farmers viewpoint. The World Bank Research Observer, v. 9, n. 2, p. 273-295, jul. 1994.

MARQUES, J. F. Custos da erosão do solo em razão dos efeitos internos e externos à área da produção agrícola. *Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília*, v. 36, n. 1, jan./mar. 1998.

McCONNELL K. An economic model of soil conservation. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 22, p. 83-89, 1983.

MUZILLI, O. Atualização em plantio direto. In: FRANCIELI, A. L.; VIDAL, P. *Plantio direto no Brasil*. Campinas: CARGILL, 1985. p. 3-53.

NOGUEIRA, J. M.; MARCELINO A. A. de M.. Quando vale aquilo que não tem valor? Valor de existência, economia e meio ambiente. In: ENCONTRO BRASILEIROS DE ECONOMIA 25., Recife, dezembro, 1997. *Anais...* Recife: ANPEC, dezembro de 1997.

PEARCE, D. *Economic values and the natural world*. Boston: MIT Press, 1993.

PINDYCK, R.; RUBINFELD, D. L. *Microeconomia*. São Paulo: Makron Books, 1994. 968p.

RODRIGUES, W. Avaliação econômica dos impactos econômicos da produção agrícola nos cerrados brasileiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 37., *Anais...* Foz do Iguaçu, Paraná: SOBER, 1999.

ROMANO, P. A. Plantio direto e recursos hídricos. In: SATURNINO, H. M.; LANDERS J. N. *O meio ambiente e o plantio direto*. Goiânia: Embrapa, 1997. p.75-82.

SATURNINO, H. M; LANDERS J. N. *O meio ambiente e o plantio direto*. Goiânia: Embrapa, 1997. 116p.

SERÔA DA MOTTA, R. Análise de custo-benefício do meio ambiente. In: MARGULIS, S. *Meio ambiente: aspectos teóricos e econômicos*. Rio de Janeiro: IPEA, Brasília: IPEA/PNUD, 1990. p. 109-134.

SHIKI, S. Sistema agroalimentar no cerrado brasileiro: caminhando para o caos? In: SHIKI, S.; SILVA, J. G. *Agricultura, meio ambiente e sustentabilidade do cerrado brasileiro*. Uberlândia: Embrapa, 1997. p. 101-152.