

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE TECNOLOGIAS DE AGRICULTURA DE BAIXO CARBONO EM REGIÕES DE CERRADO

*Economic evaluation of low carbon farming technologies in
brazilian savannas*

Waldecy Rodrigues
Juliana Aguiar Melo

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE TECNOLOGIAS DE AGRICULTURA DE BAIXO CARBONO EM REGIÕES DE CERRADO

Economic evaluation of low carbon farming technologies in brazilian savannas

Waldecy Rodrigues
Juliana Aguiar Melo

Resumo: No atual cenário de aquecimento global, a expansão para novas áreas tem pressionado o aumento do desmatamento tendo como consequência o aumento na emissão de gases de efeito estufa. Neste contexto sobre aquecimento global, o Brasil se propõe a estimular e implantar, uma agricultura de baixa emissão de carbono. A mudança só ocorre se a tecnologia a ser adotada trouxer maiores ganhos ao produtor. Assim, mostrou-se nesta pesquisa que, principalmente para os produtores pesquisados, os sistemas integrados (lavoura-pecuária-floresta) são eficientes economicamente e geram maiores retornos se comparados aos sistemas especializados, exceção para cultura da soja. Assim é provável que em médio prazo ocorra uma mudança de comportamento dos produtores na adoção destas tecnologias de agricultura de baixo carbono.

Palavras chaves: Eficiência econômica, agricultura de baixo carbono, análise custo benefício ambiental.

Abstract: In the current scenario of global warming, the expansion into new areas has pushed the increase of deforestation having as a consequence the increase in greenhouse gas emissions. In this context on global warming, Brazil proposes to stimulate and deploy, a low-carbon farming. The change only occurs if the adopted technology brings greater gains to producers. Thus, this research showed that, primarily for the producers surveyed, integrated systems (crop-livestock-forest) are economically efficient and generate higher returns compared to specialized systems, except for soy culture. So it is likely that in the medium term there is a change of behaviour of producers in the adoption of these technologies to low carbon agriculture.

Keywords: Economic efficiency, low carbon farming, environmental cost-benefit analysis..

Resumén: En el actual escenario de calentamiento global, la expansión a nuevas áreas ha hecho que el aumento de la deforestación tiene como consecuencia el aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero. En este contexto sobre el calentamiento global, Brasil propone estimular y desplegar, una agricultura de bajo carbono. El cambio sólo se produce si la tecnología adoptada aporta mayores ganancias a los productores. Por lo tanto, esta investigación demostró que, sobre todo de los productores encuestados, sistemas integrados (cultivos-animales-bosque) son económicamente eficientes y generan mayor rentabilidad en comparación con sistemas especializados, excepto para cultivo de soja. Así que es probable que en el mediano plazo exista un cambio de comportamiento de los productores en la adopción de estas tecnologías a la agricultura de bajo carbono.

Palabras clave: Eficiencia económica, baja emisión de carbono agricultura, análisis de costo-beneficio ambiental

JEL: O13, Q13, Q18.

Introdução

Entre os anos 2000 e 2010, cerca de 10 (treze) milhões de hectares de florestas foram perdidos em todo o mundo. Essa área é um pouco maior que o Estado do Pará e apesar de representar uma redução de quase 19% em relação à década anterior, ainda é uma quantidade alarmante de áreas que são devastadas em todo mundo (BRASIL, 2012).

O bioma Cerrado é considerado ambientalmente como uma das savanas mais expressivas do mundo, é dentre os biomas brasileiros, o mais ameaçado pelo uso e ocupação dos solos, sobretudo nas últimas décadas. Cerca de 40% de sua área original contínua (208 milhões de hectares) já foram convertidas em áreas para uso econômico, sendo normalmente associadas às atividades de pecuária e agricultura (MANTOVANI e PEREIRA, 1998; SANO *et al.*, 2002).

Esta rápida transformação da paisagem é favorecida pelos preços relativamente baixos de terras na região, topografia favorável à mecanização da agricultura e incentivos governamentais. Associado a isso, o Cerrado permanece desconhecido quanto ao seu valor ecológico. A sua rica biodiversidade, muitas vezes endêmica, é favorecida pela presença de três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Paraná-Paraguai, Araguaia-Tocantins e São Francisco), além de uma grande diversidade de solos e geologia.

Entre 2002 e 2008 o desmatamento do Cerrado foi o dobro do ocorrido na Floresta Amazônica. Além dos desmatamentos, que cedem lugar a produção agrícola e pecuária, o grande número de queimadas intensifica o processo de devastação do bioma, devido ao clima seco que predomina nos meses de maio a outubro. Assim a degradação do Cerrado, vem contribuindo para o aumento das emissões de Gases de Efeito Estufa – GEE. Estudos apontam o Cerrado com níveis de emissões equivalentes aos da Amazônia. O Cerrado brasileiro é encarado, até hoje, como fronteira agrícola pronta para ser desmatada e não como um bioma portador de uma das mais importantes biodiversidades do planeta (BRASIL, 2012).

Segundo Abramovay (2010), o Cerrado era considerado, pelos negociadores em torno do aquecimento global, como uma contrapartida ao crescimento econômico país e assumir um compromisso internacional de limitação ao desmatamento era tolerar uma ingerência que prejudicaria o crescimento econômico brasileiro. Contudo, essa posição se desfez com o compromisso que o Brasil assumiu, em 2009 de reduzir suas emissões até 2020 e a base para atingir essa meta é a redução do desmatamento na Amazônia e no Cerrado.

Neste contexto, foi proposta no Brasil uma política de implantação de uma Agricultura de Baixo Carbono com objetivo de incentivar a utilização de tecnologias sustentáveis diminuindo o impacto ambiental da atividade agropecuária, recuperando áreas degradadas e reduzindo a pressão sobre as áreas de Cerrado e floresta para conversão em áreas produtivas.

Pergunta-se estas tecnologias de agricultura de baixo carbono são viáveis técnica e economicamente? O artigo tem como principal objetivo comparar os resultados econômicos de sistemas especializados (pecuária, soja e milho) com sistemas integrados (lavoura-pecuária e pecuária-floresta).

Este artigo está dividido em quatro partes além desta conclusão. A primeira delas destina-se a apresentar as principais discussões sobre o tema, na sequência é apresentada a metodologia utilizada, os resultados obtidos e por fim as principais conclusões.

2. POLÍTICA NACIONAL PARA UMA AGRICULTURA DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO

Os impactos ambientais não são mais considerados somente na dimensão local e regional e assume, hoje, um caráter global. Os exemplos mais conhecidos, em termos de impactos globais, são a diminuição da camada de ozônio e o efeito-estufa, que por sua vez implicam também alterações na própria economia, demografia e condições sociais e ambientais, ou seja, mudanças em relação ao crescimento populacional, ao uso da terra e à degradação do solo, da água, da biodiversidade, da evolução do processo produtivo e da tecnologia (CUNHA, 2008).

O Brasil apresenta um perfil diferente dos países desenvolvidos, visto que nestes as emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis são predominantes. O Brasil possui uma matriz energética onde 70% da oferta de energia é renovável, sendo a geração hidroelétrica responsável por 84% da energia renovável gerada. Isso faz com que as emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis sejam inferiores aos níveis de emissão dos demais países. Por outro lado, as emissões que sobressaem são as geradas na agropecuária e no setor mudança do uso da terra e florestas, setores importantes e estratégicos em relação a dinâmica econômica nacional (BRASIL, 2012).

No Brasil, em 2000, 78% das emissões de CO₂ eram originárias no setor mudança e uso da terra e floresta enquanto o setor de energia era responsável pela emissão de 18% CO₂. No Caso do gás metano (CH₄) a pecuária é responsável por 68% enquanto o setor de mudança e uso da terra e floresta é de 19%. Comparando esses dados aos de 2005 percebe-se que os valores permaneceram nos mesmos patamares. Destaca-se ainda que os biomas Amazônia e Cerrado sejam responsáveis respectivamente por 68% e 22% das emissões de CO₂ sendo estes percentuais originados a partir da queima da vegetação natural em áreas de uso (BRASIL, 2012). A agricultura e pecuária são atividades de grande importância para o Brasil e ocupa um lugar de destaque no mundo, no entanto são vários os processos que resultam em emissões de gases de efeito estufa, tais como: fermentação entérica, manejo de dejetos animais, queima de resíduos agrícolas, manejo do solo decorrente da aplicação de fertilizantes nitrogenados e ainda, pelo setor de mudança e uso da terra e floresta, que se refere ao aumento ou diminuição do carbono na biomassa acima ou abaixo do solo pela substituição de um determinado uso da terra por outro, como por exemplo, a conversão de uma floresta para agricultura ou pecuária ou a substituição de uma lavoura por reflorestamento (BRASIL, 2012).

A conversão de florestas para outros usos, em particular o agrícola, consistiu na quase totalidade das emissões de CO₂ do setor. Dessa forma é necessário mudar a dinâmica do crescimento agrícola nacional, para incorporação de tecnologias de baixo carbono. O Brasil, através da Lei 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional Sobre Mudanças do Clima – PNMC, onde o poder executivo define que serão estabelecidos Planos Setoriais de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas visando a consolidação de uma economia de baixo consumo de carbono em vários setores da economia, como a agricultura.

Nesse contexto foi elaborado o Plano Nacional para uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono – Plano ABC - encontram-se os compromissos da agricultura bem como suas estimativas de mitigação da emissão de GEE. Assim, estima-se que até 2020, com a adoção de processos tecnológicos inovadores como Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, Sistema de Plantio Direto, Fixação Biológica de Nitrogênio, Florestas

Plantadas e Tratamentos de Dejetos Animais, o Brasil terá a mitigação de 133,9 a 162,9 milhões de Gt de CO₂ equivalentes, conforme pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 1. Compromisso Nacional e Potencial de Mitigação por redução de emissão de GEE (milhões de Gt CO₂ eq)

Processo Tecnológico	Compromisso (aumento de área/uso)	Potencial de Mitigação (milhões Gt CO₂ eq)
Recuperação de Pastagens Degradadas	15,0 milhões ha	83 a 104
Integração Lavoura-Pecuária-Floresta	4,0 milhões ha	18 a 22
Sistema Plantio Direto	8,0 milhões ha	16 a 20
Fixação Biológica de Nitrogênio	5,5 milhões ha	10
Florestas Plantadas	3,0 milhões ha	-
Tratamento de Dejetos Animais	4,4 milhões m ³	6,9
Total	-	133,9 a 162,9

Fonte: Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2012.

Portanto, diante das circunstâncias apresentadas o Brasil tem como objetivo difundir e implantar, através do crédito subsidiado, pesquisas em práticas mais sustentáveis de produção e incentivos a recuperação de áreas degradadas como forma de reduzir a pressão sobre novas áreas nos biomas Amazônia e Cerrado e diminuir os impactos destas atividades no meio ambiente com o propósito de consolidar uma agricultura sustentável.

Como instrumento de execução e de acordo com suas diretrizes o plano propõe a capacitação de técnicos e produtores rurais, disponibilização de assistência técnica especializada, insumos, sementes, mudas e transferência de tecnologias, que foram pesquisadas e validadas em unidades de referência de Institutos de Pesquisa, como a EMBAPA e instituições de pesquisa e ensino como as Universidades e Institutos Tecnológicos, além de um subsidiado volume de crédito (BRASIL, 2011).

3. TECNOLOGIAS DE AGRICULTURA DE BAIXO CARBONO

3.1. Recuperação de Pastagens Degradadas

Em relação às pastagens, os sistemas mais utilizados continuam sendo aqueles extensivos, baseados no uso de plantas forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas da região. Nesses sistemas raramente se utilizam corretivos e fertilizantes, e o problema da baixa fertilidade do solo se agrava porque os solos ocupados por pastagens geralmente apresentam limitações quanto à fertilidade química natural, acidez, topografia, pedregosidade ou limitações de drenagem. Este modelo extrativista de utilização de pastagens em solos com aptidão agrícola desfavorável justifica, pelo menos em parte, os baixos índices zootécnicos e as baixas produtividades observadas na região dos Cerrados (ZIMMER e EUCLIDES FILHO, 1997; MACEDO, 2001).

Contudo, a degradação das pastagens atualmente é o maior obstáculo para o estabelecimento de uma pecuária bovina sustentável em termos agronômicos, econômicos e ambientais nos Cerrados e neste contexto a integração de lavoura e pastagem e/ou floresta e pastagens constitui uma estratégia viável, técnica e

economicamente, para recuperação e renovação de pastagens degradadas nos Cerrados (VILELA, 2002).

No Brasil, cerca de 110 milhões de hectares são de pastagens cultivadas onde aproximadamente 70% apresentam algum grau de degradação, com baixa capacidade produtiva de forragens e conseqüentemente baixa produção de carne e/ou leite e elevado índice de perda de solo e água (erosão), com reflexos negativos na economia e no meio ambiente.

O processo de degradação pode ser observado na Figura 1 onde sua evolução é comparada a uma escada, mostrando no topo a fase produtiva e na base a fase de degradação do solo.

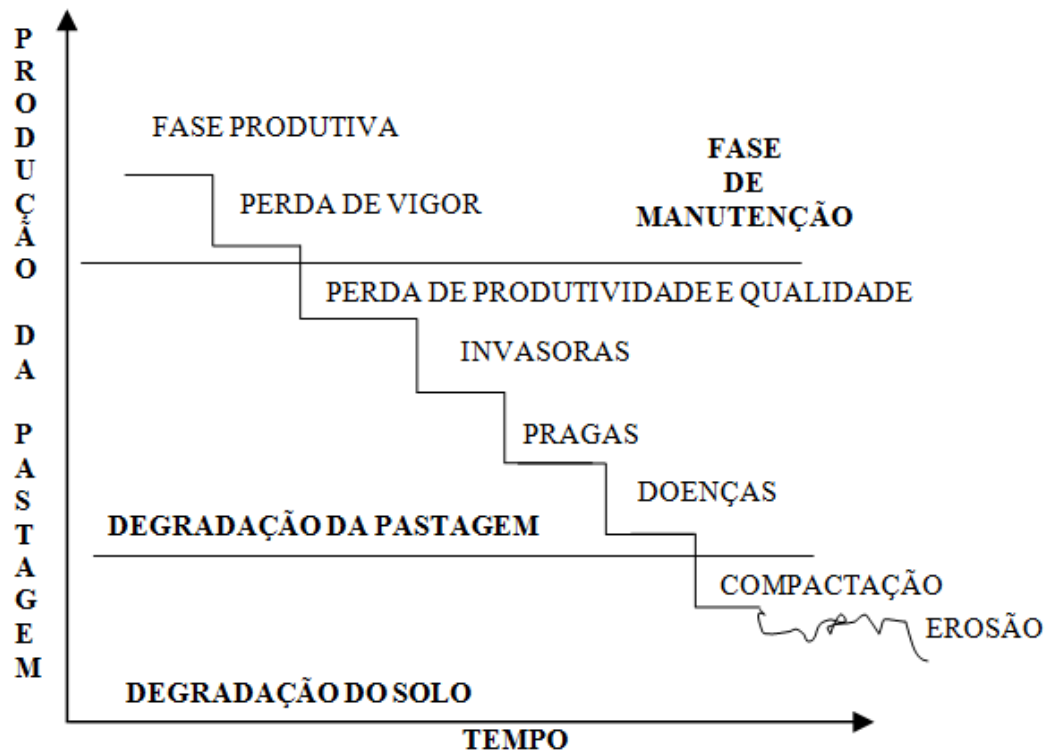


Figura 1- Representação do processo de degradação de pastagens no tempo
Fonte: Adaptado de Macedo (2001).

A Figura 1 mostra que ao longo do tempo o processo de degradação vai se intensificando. Na fase de manutenção ocorre perda de vigor e de produtividade em que ações de manejo conseguem manter a produtividade com menores custos operacionais. No entanto a partir desse ponto, estabelece-se o processo de degradação, em que apenas ações de recuperação e renovação mais dispendiosas apresentariam respostas mais adequadas e por fim, culminaria um processo de degradação do solo com alterações em sua estrutura, evidenciadas pela compactação e a conseqüente diminuição das taxas de infiltração e capacidade de retenção de água, causando erosão e assoreamento de nascentes, lagos e rios (MACEDO, 2001).

Os métodos de recuperação e renovação são divididos em métodos diretos e indiretos:

- a) Recuperação/renovação direta da pastagem: consiste na aplicação de prática mecânica e química com intuito de revigorá-la sem substituir a espécie forrageira;

- b) Recuperação/renovação indireta de pastagem: consiste em práticas mecânicas, químicas e culturais, utilizando-se uma pastagem anual (milheto, aveia) ou de uma lavoura anual de grãos (milho, soja, arroz) por certo período de tempo a fim de revigorar a espécie forrageira existente (MACEDO, 2001). Esta técnica tem como objetivo aproveitar a adubação residual empregada no pasto anual ou lavoura para recuperar a espécie de pastagem existente com menores custos.

3.2. Integração Pecuária-Floresta - Sistemas Silvopastoris

De acordo com Garcia e Couto (1997) os sistemas silvipastoris referem-se a técnicas de produção nas quais se integram animais, plantas forrageiras e árvores na mesma área. Tais atividades são combinadas para gerar produção de forma complementar pela interação dos seus componentes.

Esses sistemas tem chamado a atenção dos pesquisadores pelos benefícios ecológicos, sociais e econômicos possíveis de serem alcançados. A utilização dos sistemas integrados pecuária-florestas tem despertado grande interesse em diversas partes do mundo. Os sistemas convencionais de uso da terra, com baixa sustentabilidade, elevada ocorrência de pastagens degradadas e constante redução de produtividade é um dos fatores que vem impulsionando o interesse pelo uso dos sistemas integrados (ANDRADE, 2000).

De acordo com Bernadino (2007) os benefícios gerados pelos sistemas silvipastoris são: modificação do microclima, com redução da radiação solar, temperatura mais amena, maior umidade do ar, redução da taxa de evapotranspiração e aumento na umidade do solo, contribuindo para o aumento da atividade microbiológica, tendo como consequência o aumento da mineralização do nitrogênio.

A adoção de sistemas silvipastoris, ou seja, a integração da floresta com a pecuária, parece ser uma alternativa interessante, não só pela diminuição dos custos de mão-de obra dispendida na manutenção e na proteção dos povoamentos, mas também pela otimização do uso do solo, permitindo a obtenção simultânea de produtos de origem vegetal e animal (ALMEIDA, 1991).

Diversos arranjos do componente arbóreo têm sido recomendados para implantação dos sistemas silvipastoris em pastagens degradadas (FRANKE; FURTADO, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2003; DIAS FILHO, 2007). A Figura 2 é uma representação esquemática dos arranjos espaciais.

O esquema ilustra quatro arranjos espaciais. No quadrante (A) Plantio em linha simples as árvores são dispostas em espaçamentos regulares entre linhas e plantas. Os espaçamentos recomendados são: 3m x 10m, 5 m x 10 m, 10 m x 10 m, 5 m x 20 m, etc. O que vai determinar os possíveis espaçamentos são as espécies de árvores utilizadas (altura e arquitetura da copa) e a finalidade do empreendimento. Em áreas planas, como é o caso do Cerrado, as linhas devem estar disposta no sentido leste-oeste diminuindo o sombreamento do pasto. O quadrante (B) o plantio é realizado em linhas duplas com espaçamento entre linhas reduzido: 3m x 2m ou 3m x 3m, entre as linhas duplas o espaçamento deverá ser de 10m. Dias-filho (2007) aponta que um problema potencial deste tipo de arranjo é a maior probabilidade de desenvolvimento de plantas daninhas ou zonas de solo descoberto entre as árvores, em decorrência do excesso de sombra que prejudicaria o desenvolvimento do pasto.

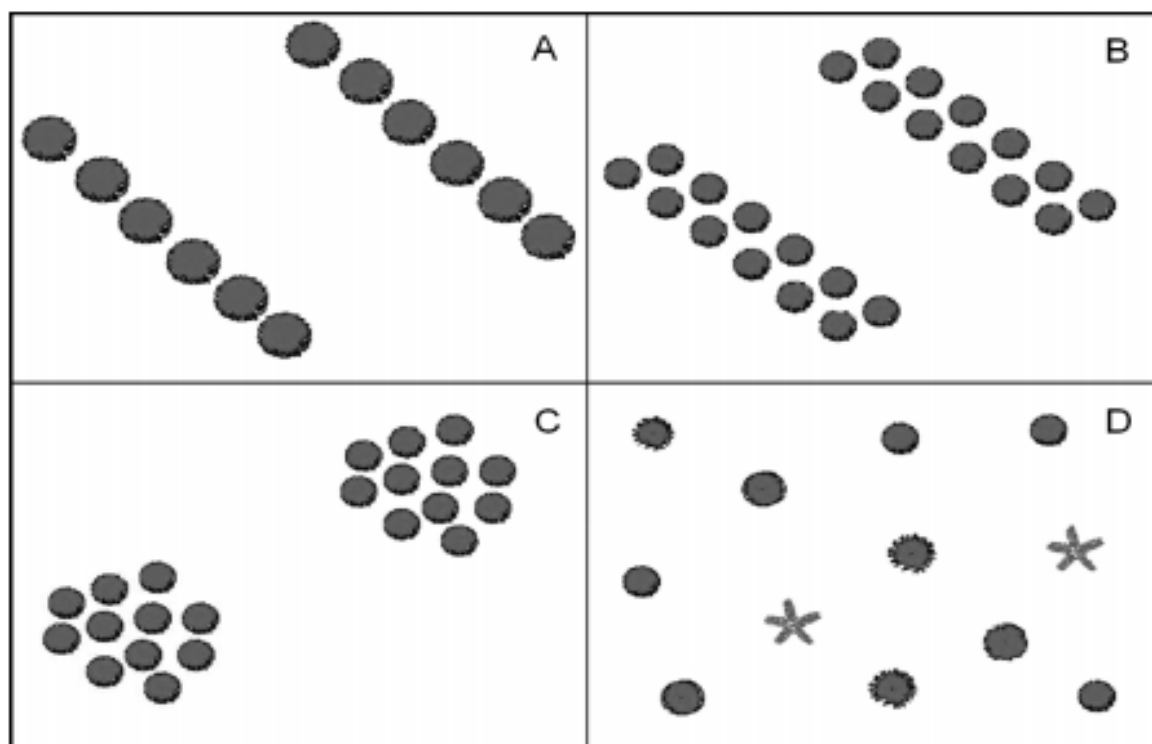


Figura 2 - Representação esquemática de sistemas silvipastoris
 Fonte: DIAS FILHO, 2007

Os quadrantes (C) e (D), trazem respectivamente o arranjo para plantio aleatório e plantio de bosquetes. No primeiro, as árvores não seguem um espaçamento, sendo distribuídas aleatoriamente na pastagem com objetivo de se aproximar de uma situação natural. Neste arranjo é indicado quando a intenção é aumentar a biodiversidade por meio do plantio de diversas espécies de árvores na pastagem. Já no Plantio de bosquetes as arvores são arranjadas em grupos compactos na pastagem com espaçamentos de 3m x 2m, 3m x 3m, etc. Neste tipo de arranjo ocorre o mesmo problema apontado no quadrante (B) acrescido pelo pisoteio dos animais por ser um ambiente mais fresco e por conseqüência congrega maior número de animais.

Tendo como referencia os arranjos citados, neste estudo será utilizado o recomendado pelo quadrante (B) com espaçamento entre linhas duplo 3x2m. A justificativa para esta escolha fundamenta-se no maior rendimento por há/área e manejo do sistema.

3.3. Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária – Sistemas Agropastoris

Esta alternativa trás impactos positivos ao ambiente com melhoria na conservação de água, redução na flutuação da temperatura do solo e redução da incidência de pragas e doenças e ainda a possibilidade de agregar valor ao sistema (YOKOYAMA, 2005).

A implantação desses sistemas em áreas com pastagem em solos degradados tem como principal objetivo a recuperação da área. Para reverter esta situação é preciso a adoção de novas tecnologias, para tanto a EMBRAPA Cerrados vem atuando em pesquisas e transferência de tecnologias para difundir os sistemas integrados, recuperar áreas degradadas e ainda melhorar a produtividade da terra. Nos casos de utilização dos sistemas integrados na pecuária, a produção de grãos visa

fundamentalmente ao ressarcimento parcial ou total dos custos com insumos e serviços utilizados.

A Figura 3 é uma representação esquemática do cultivo consorciado (a) e por sucessão (b) em sistemas de integração lavoura-pecuária.

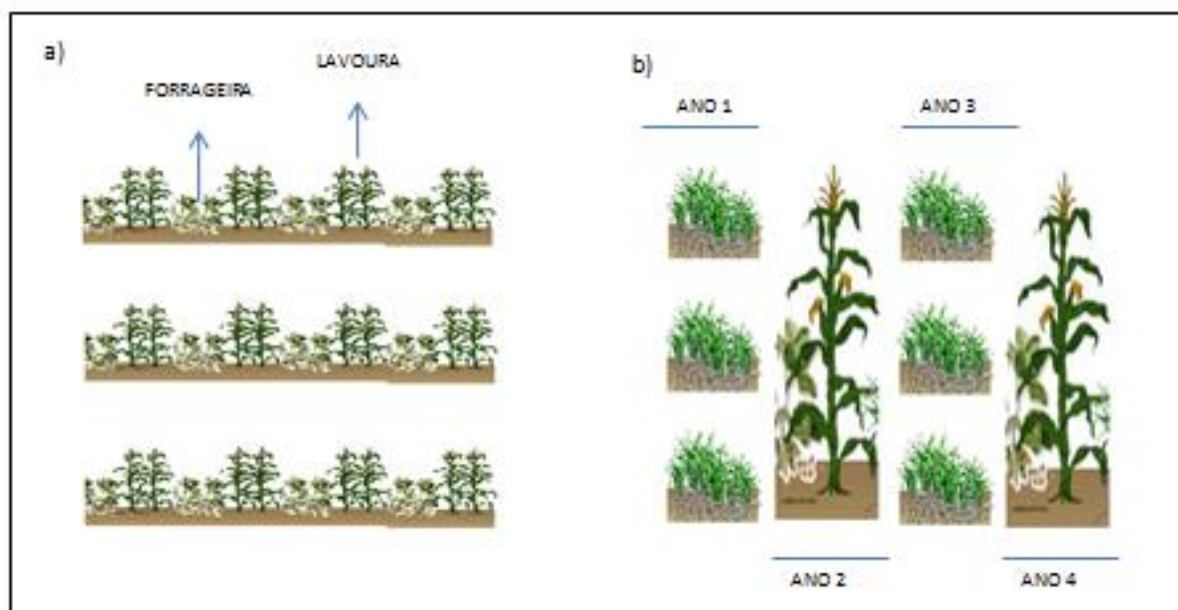


Figura 3 - Representação esquemática de sistemas lavoura-pecuária
Fonte: Adaptado de CORDEIRO (2012).

4. METODOLOGIA

Essa seção se destina a apresentar as técnicas utilizadas para estimar a rentabilidade, os benefícios privados possíveis apresentados por sistemas especializados de produção de bovinos de corte, soja, milho, arroz e eucalipto comparados aos sistemas integrados, lavoura-pecuária e pecuária-floresta. Para tal fim, será utilizada a análise custo-benefício. A finalidade é avaliar a viabilidade econômica de cada uma das tecnologias agropecuárias apresentadas e depois compará-las.

Para esta pesquisa será realizada simulação com sistema integração lavoura-pecuária em sucessão, de acordo com proposto por Gilioli (2000). Além disso, levará em consideração a estimativa do custo de oportunidade do solo para cada opção tecnológica, assim quando o produtor optar pela produção especializada (pecuária, soja, milho, arroz e floresta) o custo de oportunidade será a renda que deixaria de auferir caso fizesse a opção por um sistema integrado (pecuária-milho, pecuária-soja, pecuária-arroz e pecuária-floresta).

As simulações econômicas e financeiras realizadas neste estudo tiveram como base as características edafoclimáticas do município de Araguaína - TO. O bioma é o Cerrado, que encontra-se bastante degradado. Os solos apresentam níveis elevados de acidez e baixo conteúdo de fósforo disponível, devido à intensa ação intempérica, em função das temperaturas e umidade altas, predominantes, com média anual de 28°C com máxima de 32°C e mínima de 20°C.

O relevo apresenta-se de forma estrutural com declive suave igual ou inferior a 5%, com Superfície Tabulares e Patamares Estruturais. Faz parte da Bacia Sedimentar do Parnaíba, com compartimentos geoambientais dos domínios das Bacias

Sedimentares PaleoMesozóica e Meso-Cenozóica (Depressões e Patamares de Ananás e Araguaína). Possui solos dos tipos Latossolos e Neossolos Quartzarênicos.

4.1. Análise Custo-Benefício

A análise custo-benefício (ACB) é uma técnica econômica que tem como propósito comparar os benefícios de um investimento, ou seja, as receitas geradas, com os seus custos. Trata-se de uma forma racional de decidir se determinado investimento é viável ou não em determinadas condições de mercado.

O estudo e aplicação desse método ganhou respaldo nos Estados Unidos no século passado, quando foi utilizado para avaliar os impactos na implantação de empreendimentos públicos e privados (PEARCE, 1971). Em termos gerais, uma análise custo-benefício procura responder se vários projetos de investimento devem ser empreendidos e, no caso dos recursos de investimento serem limitados, qual desses projetos deve ser escolhido (MISHAN, 1972).

Para Rodrigues (2008) a análise custo-benefício pode também ter finalidade de verificar se a alternativa tecnológica é ou não viável economicamente em determinadas condições de mercado. Pode-se usar a análise para se comparar do ponto de vista econômico tecnologias alternativas para uma mesma atividade econômica.

Os benefícios e custos de cada alternativa se distribuem ao longo do tempo, tornando necessária a investigação da viabilidade econômica do projeto ou ação por meio de indicadores que referenciem o valor desses benefícios e custos no decorrer do tempo. Visando tal fim três indicadores são usualmente empregados nesta análise: O Valor Presente Líquido (VPL), a Relação Benefício Custo (B/C) e a Taxa Interna de Retorno (TIR).

O empreendimento é considerado como viável se os benefícios líquidos descontados forem maiores que o investimento realizado. Neste caso a taxa interna de retorno (TIR) também é positiva, o que necessariamente não implica viabilidade econômica, pois a TIR não inclui o custo de oportunidade. Para que a TIR seja um indicador adequado é necessário incluir o custo de oportunidade. O mais comum na literatura é assumir uma taxa de desconto tendo como base os juros pagos em aplicações financeiras como remuneração do capital, assim como taxas similares as cobradas na concessão de empréstimos bancários. (RODRIGUES, 2008).

Para decidir sobre a implantação dos sistemas de ABC a serem avaliados, no qual as decisões tomadas no presente terão conseqüências no futuro, um ponto fundamental é o levantamento minucioso dos custos de produção, levando em consideração o custo de oportunidade.

As fórmulas para cálculos dos indicadores e seus respectivos conceitos estão descritos abaixo:

(a) Cálculo da Razão Benefício-custo:

$$B/C = \sum_{j=0}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} / \sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^j} \quad (1)$$

Onde:

R_j = receitas do período j;

C_j = custos do período j;

i = taxa de juros.

Se a relação benefício-custo for maior que 1 o projeto é viável se for menor que 1 o projeto é inviável.

Além da relação benefício-custo o Valor Presente Líquido e a Taxa Interna de Retorno complementam a análise.

(b) Cálculo do Valor Presente Líquido (VPL):

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{R_j - C_j}{(1+i)^j} - I \quad (2)$$

Onde:

R_j = receitas do período j;

C_j = custos do período j;

i = taxa de juros;

I = investimento inicial.

Um VPL maior que zero indica viabilidade do projeto, enquanto um VPL menor que zero indica inviabilidade. Se o VPL for igual a zero indica indiferença em relação à alternativa que está sendo comparada.

(c) Cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR):

$$\sum_{j=0}^n \frac{R_j - C_j}{(1+TIR)^j} = I \quad (3)$$

Onde:

R_j = receitas do período j;

C_j = custos do período j;

I = investimento inicial;

TIR = Taxa interna de retorno.

A TIR deve ser superior a taxa mínima de atratividade do investimento (k). De acordo com os argumentos de Field (1995) se adotará k = 5% a.a. A partir do conjunto dos indicadores (B/C, VPL e TIR) é possível verificar entre as duas alternativas tecnológicas aquela que gera maior retorno privado.

Para compor o método de cálculo adotou-se como área de exploração e de estudo de 1ha, produtividade média e o preço médio. O tempo estimado para simulação dos dados é de 15 anos.

- a) Para primeiro cenário, os modelos de produção são especializados, ou seja, sistemas para produção de bovinos de corte, sistemas para produção de milho e produção de soja e por fim sistemas de produção de eucalipto para produção de carvão. A tecnologia empregada neste tipo de sistema é convencional com alta mecanização, adubação e agrotóxicos.
- b) No segundo cenário, os modelos de produção são integrados, ou seja, sistemas de integração lavoura-pecuária e sistemas integrados pecuária-floresta, conhecidos também como sistemas silvipastoris. A tecnologia empregada neste tipo de sistemas leva em consideração o sinergismo entre as plantas e o

ambiente, reduzindo os custos anuais em 10% pelo aproveitamento de resíduos de fertilizantes e aumento da matéria orgânica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Sistemas especializados

Os resultados econômicos apresentados nesta seção referem-se à produção de bovinos de corte em sistema tradicional e extensivo e produção de milho, soja e arroz de sequeiro na região agropecuária de Araguaína - TO.

Na região de estudo, os indicadores zootécnicos são próximos dos indicadores de outras regiões do estado, no entanto Araguaína é a região que possui maior rebanho do Tocantins assim como maior produtividade por hectare. É importante mencionar que o custo de produção do ano I inclui os valores necessários a implantação da pastagem que representa quase 60% dos custos apurados no período.

O Fluxo de caixa e os indicadores de resultados podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 1 - Análise Custo Benefício Privada da Pecuária de Corte

PERÍODO	CUSTO	BENEFÍCIO
1	3552.51	0.00
2	1534.00	0.00
3	1534,00	2167.20
4	1534,00	2167.20
5	1534,00	2167.20
6	1534,00	2167.20
7	1534,00	2167.20
8	1534,00	2167.20
9	1534,00	2167.20
10	1534,00	2167.20
11	1534,00	2167.20
12	1534,00	2167.20
13	1534,00	2167.20
14	1534,00	2167.20
15	1534,00	2167.20
VPL = 651.32		
TIR = 7%		
B/C = 1.13		

Fonte: Elaboração Própria

Os dados mostram que a produção de bovinos de corte com baixa produz resultados econômicos positivos. O VPL foi positivo R\$ 651.32 e a relação benefício custo maior que 1 (B/C = 1.13) mostrando que os benefícios econômicos são maiores que os custos. A TIR foi de 7% o que mostra uma taxa muito próxima a taxa mínima de atratividade adotada (5%).

Como podem ser observados na Tabela 10 os indicadores econômicos das culturas anuais apresentam resultados econômicos favoráveis, sendo a cultura da soja

a que apresenta melhores resultados em relação ao arroz e milho que entre si apresentam pouca diferença.

Tabela 2 - Análise Custo Benefício Privada – Milho, Soja e Arroz

	CUSTO			RECEITA			LUCRO					
	MILHO	SOJA	ARROZ	MILHO	SOJA	ARROZ	MILHO	SOJA	ARROZ			
1	1395.00	1240.00	1510.00	0.00	0.00	0.00	-1395.00	-1240.00	-1510.00			
2	1395.00	1240.00	1510.00	1700.40	1800.00	1820.00	299.82	555.04	303.96			
3	1395.00	1240.00	1510.00	1700.40	1800.00	1820.00	299.82	555.04	303.96			
4	1395.00	1240.00	1510.00	1700.40	1800.00	1820.00	299.82	555.04	303.96			
5	1395.00	1240.00	1510.00	1700.40	1800.00	1820.00	299.82	555.04	303.96			
6	1395.00	1240.00	1510.00	1700.40	1800.00	1820.00	299.82	555.04	303.96			
7	1395.00	1240.00	1510.00	1700.40	1800.00	1820.00	299.82	555.04	303.96			
8	1395.00	1240.00	1510.00	1700.40	1800.00	1820.00	299.82	555.04	303.96			
9	1395.00	1240.00	1510.00	1700.40	1800.00	1820.00	299.82	555.04	303.96			
10	1395.00	1240.00	1510.00	1700.40	1800.00	1820.00	299.82	555.04	303.96			
11	1395.00	1240.00	1510.00	1700.40	1800.00	1820.00	299.82	555.04	303.96			
12	1395.00	1240.00	1510.00	1700.40	1800.00	1820.00	299.82	555.04	303.96			
13	1395.00	1240.00	1510.00	1700.40	1800.00	1820.00	299.82	555.04	303.96			
14	1395.00	1240.00	1510.00	1700.40	1800.00	1820.00	299.82	555.04	303.96			
15	1395.00	1240.00	1510.00	1700.40	1800.00	1820.00	299.82	555.04	303.96			
	VPL			R\$ 1628.04			R\$ 4303.24			R\$1558.58		
	TIR			21%			45%			19%		
	B/C			1.14			1.63			1.12		

Fonte: Elaboração Própria

Os custos para produção de eucalipto envolvem basicamente os insumos e serviços necessários à implantação, as capinas e por fim a colheita. O fluxo de caixa e os indicadores de resultados são apresentados na Tabela 12.

Tabela 3 - Análise Custo Benefício Privada – *Eucalyptus camaldulensis*

	CUSTO	RECEITA	LUCRO
1	2501.64	0.00	-2501.64
2	380.00	0.00	- 380.00
3	360.00	0.00	- 360.00
4	320.00	0.00	- 320.00
5	0.00	0.00	0.00
6	700.63	5400.00	4699.37
7	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00
12	2.101.89	24750,00	22648.11
13	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.00	0.00

15	0.00	0.00	0.00
	VPL		R\$ 14686.39
	TIR		27%
	B/C		4.7

Fonte: Elaboração Própria

Os indicadores de resultado para plantio de florestas, *Eucalyptus camaldulensis*, apresentou indicadores favoráveis, sendo dentre as quatro atividades produtivas a que apresentou maior relação benefício-custo $B/C = 4.7$. No entanto, como pode ser observado na Tabela 12, seu fluxo de caixa apresenta resultado negativo até o sexto ano, quando ocorre a primeiro corte, o que pode fazer com que o produtor faça opção por outra atividade que gere saldos positivos no fluxo de caixa anualmente, mesmo que o resultado no longo prazo seja menor.

Assim, comparando-se os rendimentos das 5 atividades produtivas em sistemas especializados pode-se ordená-las em relação ao Benefício/custo associado.

Tabela 4 - Comparativo da Relação Benefício-Custo

	Produção	Relação Benefício-custo
1.	Floresta Plantada - <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	4.7
2.	Lavoura Anual – Soja	1.63
3.	Lavoura Anual – Arroz	1.14
4.	Lavoura Anual – Milho	1.12
5.	Pecuária de Corte	1.13

As florestas plantadas possuem a maior relação custo-benefício ($B/C = 4.7$) entre as atividades pesquisadas. Os benefícios são mais que duas vezes o B/C da soja e quase seis vezes comparando com a pecuária. Esta por sua vez apresenta junto com o milho e o arroz os piores resultados e sua relação benefício-custo é bem próxima de 1.

Os resultados econômicos das atividades agropecuárias integrando pecuária com sistemas agrícolas e florestais. O fluxo de resultados da atividade de integração mostra as receitas e despesas quando o produtor implanta um sistema de integração pecuária-floresta, tabela 14. Nestes sistemas a renda do produtor é função do preço do boi gordo e do m^3 de madeira de eucalipto. A produtividade das pastagens aumenta e desta forma é possível aumentar a taxa de lotação (3 para 5/ha). Para implantação de um sistema integrado é preciso um investimento inicial maior. No entanto a médio e longo prazo as receitas tornam-se mais atrativas.

Tabela 15 – Custos de Implantação - Sistema Integração Pecuária-Floresta

Especificação	Floresta	Pecuária
I – Insumos	632.58	974.50
II – Serviços	539.25	1632.00
III - Formação Pastagem		1439.33
IV - Conservação Pastagem		384.25
Total	1809.26	4430.08

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 16 - Análise Custo Benefício – Sistema Integração Pecuária-Floresta

	CUSTO	BENEFÍCIO	FLUXO
1	6239.56	0.00	-6239.57
2	2643.95	0.00	-2643.95
3	2643.95	3612.00	913.42
4	2643.95	3612.00	913.42
5	2643.95	3612.00	913.42
6	2643.95	3612.00	913.42
7	2643.95	3612.00	913.42
8	2643.95	3612.00	913.42
9	2643.95	3612.00	913.42
10	2643.95	3612.00	913.42
11	2643.95	3612.00	913.42
12	2643.95	3612.00	913.42
13	2643.95	3612.00	913.42
14	2643.95	3612.00	913.42
15	2643.95	3612.00	913.42
VPL = R\$ 157.65			
TIR=17%			
B/C = 1.46			

Fonte: Elaboração Própria

A Tabela 16 apresenta os resultados e indicadores econômicos do sistema. O valor presente líquido foi de R\$ 157.65, a taxa interna de retorno de 17% e uma relação benefício-custo maior que um e igual a 1.46. Os dados indicam que o projeto é viável por apresentar bons indicadores de rentabilidade. Comparando com os sistemas especializados à integração pecuária-floresta percebe-se que o único a apresentar relação benefício-custo inferior foi a atividade especializada pecuária (1.13). No entanto, o sistema integrado, quando comparado aos demais apresentou uma relação benefício-custo menor.

O fluxo de resultados da atividade de integração mostra as receitas e despesas quando o produtor implanta um sistema de integração Lavoura-pecuária, tabela 16. Nestes sistemas a renda do produtor é função do preço do boi gordo e do preço das *commodities*. A produtividade das pastagens aumenta, quando ocorre revezamento entre lavoura e pastagens. Nestes sistemas os custos sofrem influencia dos insumos que são utilizados na lavoura e que permanecem no solo, desta forma além de recuperar pastagens com algum estado de degradação os esses sistemas contribuem com a redução nos custos de produção. Assim como nos sistemas pecuária-floresta o investimento inicial é maior, no entanto as culturas anuais geram receitas a partir do primeiro ano contribui para suprir parcialmente o investimento inicial. A Tabela 17 apresenta os resultados do fluxo de caixa e os indicadores econômicos.

Tabela 17 - Análise Custo Benefício – Sistema Integração Lavoura-pecuária

ESTIMATIVA DE FLUXO DE CAIXA			
SISTEMAS INTEGRADOS – LAVOURA PECUÁRIA			
	PECUÁRIA MILHO	PECUÁRIA SOJA	PECUÁRIA ARROZ
1	-4644.73	-4567.23	-4702.23
2	-1554.53	-1426.92	-1552.46
3	383.25	527.09	401.74
4	596.41	758.35	633.23
5	812.34	994.42	869.59
6	1031.58	1236.06	1111.57
7	1254.71	1484.02	1359.94
8	1482.28	1739.11	1615.50
9	1714.89	2002.15	1879.09
10	1953.12	2274.00	2151.57
11	2183.17	2541.15	2419.44
12	2418.84	2817.72	2696.80
13	2660.69	3104.59	2984.57
14	2909.30	3402.72	3283.70
15	3165.25	3713.09	3595.19
VPL	R\$ 69.81	R\$ 94.30	R\$ 73.41
TIR	19%	22%	20%
B/C	2	2.28	2.13

Fonte: Elaboração Própria

Os resultados econômicos dos sistemas lavoura-pecuária são atrativos para o produtor apresentando viabilidade. A integração com a soja é preferível as demais, já que esta apresentou melhores indicadores (VPL = 94.30; TIR = 22%; B/C 2.28) no entanto quando comparada ao sistema especializado de soja, este é preferível, pois a relação benefício-custo é maior (B/C = 2.56). Isso significa que dificilmente um produtor de soja vai integrar seu sistema com pastagens. Por outro lado, para o pecuarista a integração do rebanho com a soja, ou qualquer uma das demais alternativas tecnológicas apresentadas é preferível.

A bovinocultura de corte é a atividade produtiva, na região de Araguaína – TO, com menor retorno econômico, apresenta a menor relação benefício-custo (1.13) e também a que exige maior dispêndio inicial. O eucalipto, ao contrário, é a atividade que possui a maior relação benefício-custo (4.7) das ditas tecnologias especializadas. Cabe ressaltar em relação aos sistemas especializados que a soja apresenta o menor investimento inicial R\$ 1.240,00 e a maior relação benefício-custo (2.56).

Tabela 2. Comparativo econômico por hectare entre as principais atividades produtivas – Araguaína-TO – 2011.

ATIVIDADES	INVESTIMENTO MÉDIO	B/C	VPL	TIR (15 anos)
Sistemas Especializados				
Bovinicultura de Corte	3.552.51	1.13	651,32	7%
Milho	1.395.00	1.14	1.628,04	21%
Soja	1.240.00	2.56	4.303,24	45%
Eucalipto	2.501.00	4,70	14.686,39	27%

Sistemas Integrados				
Pecuária-Lavoura (Milho)	4644.73	2,00	69.81	19%
Pecuária-Lavoura (Soja)	4567.23	2.28	94.3	22%
Pecuária- Floresta (Eucalipto)	6239.57	1.46	157.65	17%

Fonte: Elaboração Própria

Analisando os sistemas integrados a integração pecuária-soja é que apresenta a melhor relação benefício-custo (2.28), assim como a melhor taxa interna de retorno (22%). No entanto comparando-se os sistemas especializados de bovinocultura de corte e soja com o sistema integrado pecuária-soja, temos que apenas o pecuarista fará a opção pela integração do sistema, visto que todos os indicadores dessa atividade são superiores ao sistema especializado, o que não ocorre quando se analisa a soja.

Do ponto de vista, de um pecuarista especializado é preferível economicamente realizar a integração com lavoura ou floresta, pois terá um maior retorno econômico. Do ponto de vista de um produtor especializado em soja, a integração com a pecuária não é atrativa do ponto de vista econômica. Para produtores de milho a integração com pecuária é praticamente indiferente do ponto de vista econômico.

5. CONCLUSÃO

Os resultados mostram que os sistemas integrados são mais atrativos para os pecuaristas que os sistemas especializados. Em relação ao plantio de florestas e a cultura da soja, os dados simulados mostram que os sistemas especializados são mais atrativos já que apresentaram melhores indicadores.

Os sistemas de pecuária de corte apresentam uma relação benefício-custo de 1.13 enquanto um sistema com a mesma finalidade integrado a culturas anuais como arroz, milho, soja, ou componente florestal apresentam uma relação custo-benefício superior. A relação benefício-custo em relação aos sistemas integrados são respectivamente 2.13; 2; 2.28 e 1.46.

No entanto ao comparar os resultados econômicos obtidos pelos sistemas especializados da soja e do eucalipto fica evidente que a racionalidade do produtor será continuar com a tecnologia especializada, já que a adoção da integração do sistema aumentará seu investimento e os resultados serão menores, visto que ambos os sistemas especializados apresentaram melhores indicadores, soja (1.63) e soja com bovinos (2.28); eucalipto (4,7) e eucalipto com bovinos (1.46).

É importante mencionar que a pecuária foi a atividade que apresentou os menores indicadores econômicos, o que em certa medida é uma oportunidade para o Tocantins, já que até 2020 estima-se aumentar o uso dos sistemas tecnológicos com baixa emissão de carbono. A pecuária é a atividade econômica mais expressiva do estado e integrá-la a outra atividade, seja plantio de florestas seja uma cultura anual como a soja, o milho ou o arroz, é torná-la mais eficiente.

Sugere-se outros estudos também devem ser desenvolvidos, envolvendo a variável ambiental para realização das simulações e cálculo do custo benefício e que podem ser utilizados para auxiliar na elaboração de políticas públicas nas diversas esferas.

REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R. **Desenvolvimento sustentável para qual estratégia?** Novos Estudos, CEBRAP 87. pp 97-113. São Paulo 2010.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) /** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, coordenação da Casa Civil da Presidência da República. – Brasília : MAPA/ACS, 2012.

CUNHA, N. R; LIMA, J.E; GOMES, M. and BRAGA, M. J. A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, Brasil. **Rev. Econ. Sociol. Rural** [online], vol.46, n.2, 2008.

FIELD, B. C. **Economía Ambiental – Uma Introdução**. Colômbia, McGrawHill, 1995.

MISHAN, E. J. **Elementos de Análise de Custos-Benefícios**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1975.

PEREIRA, R.T.G.; SOUZA, A.D.; GOMES, R.J.CAP.4. **Implantação de sistema de integração lavoura, pecuária e floresta em propriedades da agricultura familiar da zona da mata de Minas: Políticas e tecnologias para o desenvolvimento da pecuária de leite familiar da zona da mata mineira**. Embrapa gado de leite, 2009.

RODRIGUES, W. **Tecnologias Agrícolas sustentáveis no Cerrado**. Brasília: Ministério da Integração Nacional: Universidade Estadual de Goiás, 2002.

RODRIGUES, W.; BARBOSA, G. F. Análise custo benefício ambiental da produção de soja em áreas de expansão recente nos Cerrados brasileiros: O caso de Pedro Afonso – TO. **Revista Custos e Agronegócios On line**. 2009.

RODRIGUES, W. Avaliação econômica dos impactos econômicos da produção agrícola nos Cerrados brasileiros. In: **37º Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural**. 2001.

VILELA, L.; BARCELLOS, A de O. **Benefícios da integração entre lavoura e pecuária**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002.

Submetido em 17/05/2016

Aprovado em 01/05/2017

Sobre o(s) Autor(es):

Waldecy Rodrigues

Graduação em Ciências Econômicas pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO) com mestrado em Economia pela Universidade de Brasília (UnB), Doutorado em Estudos do Desenvolvimento Comparado nas Américas (UnB) e Pós-Doutorado em Economia (UnB). Atualmente é Professor Associado do Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Regional da Universidade Federal do Tocantins.

Email: waldecy@terra.com.br

Juliana Aguiar Melo

Mestre em Desenvolvimento Regional (UFT) e Graduada em Ciências Econômicas (UFV - MG). Professora efetiva do Colegiado de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Tocantins, bolsista de extensão B do CNPq e Economista da Secretaria de Desenvolvimento da Agricultura e Pecuária onde atuou como Coordenadora de Projetos Especiais (PDRIS/BIRD) e Coordenou Diagnóstico Rural para avaliação do Programa Nacional de Crédito Fundiário. Prestou consultoria técnica a Empresa Biosfera Consultoria Ambiental para realização de Diagnóstico e Sistematização de experiências com SAFs, SIS e PFM no âmbito do PROMATA em Minas Gerais e para a K3 Consultoria e Representações para realização de Mapeamento e Identificação do conhecimento sobre a Cadeia de Cosméticos de Base Amazônica na Região Norte.

Email: aguiarmelo@yahoo.com.br