**Custo de oportunidade da preservação ambiental: o caso da Amazônia Legal brasileira**

Luíza Cardoso de Andrade[[1]](#footnote-1)\* e André Luis Squarize Chagas[[2]](#footnote-2)+

**Resumo**

Este trabalho busca estimar o custo de oportunidade privado em que estariam incorrendo os agentes econômicos na Amazônia Legal brasileira ao preservar a floresta local. Tal custo seria representado pelo fluxo de renda de que esses agentes estariam abrindo mão ao não usar a terra para a produção agropecuária. Parte-se da hipótese de que essa região encontra-se, atualmente, em um estágio de produção similar ao da região Centro-Oeste na década de 1970, e de que os produtores formam suas expectativas quanto à rentabilidade futura da produção a partir do desempenho do Centro-Oeste nos últimos quarenta anos. O primeiro passo para a determinação do fluxo de renda obtido com a atividade agropecuária é a determinação da fronteira de produção nas regiões do Centro-Oeste e da Amazônia Legal, utilizando o método de fronteira estocástica. A partir desses resultados, pode-se definir a que período do desenvolvimento da produção agropecuária no Centro-Oeste corresponde o atual estágio da Amazônia Legal. É possível, então, projetar a renda esperada para o futuro, dada a continuidade da produção. Os resultados mostram que, supondo rentabilidade máxima da produção, os produtores na região amazônica esperam um incremento anual médio na renda entre 9% e 13%, dependendo da taxa de desconto adotada.

**Palavras-chave:** uso da terra, desmatamento, Amazônia Legal, fronteira estocástica

***Abstract***

*This paper analyses the private opportunity costs involved in forest preservation in the Brazilian Legal Amazon region. Such costs are the expected income which producers should receive if the land was used for agricultural production. The main hypothesis is that, today, the Amazon region is in a production stage similar to Midwest region in the past, and that, the local producers’ expectations about the future profitability are based on Midwest region’s performance in the last years. We estimate the production frontier in both regions, using the stochastic frontier method. Comparing the results, it is possible to determine in which stage of Midwest region’s production development the Legal Amazon currently is. The expected income in this region, given continued expansion and production, is then projected. Results show that producers expect an average annual increase in income between 9% and 13%. Such figures could be considered the maximum cash transfer needed for land owners to stop expanding agricultural land.*

***Key-words:*** *land use, deforestation, Brazilian Legal Amazon region, stochastic frontier*

**1. Introdução**

Desde a década de 1970, a fronteira agrícola brasileira tem se expandido das regiões sul e sudeste do país em direção ao norte e centro-oeste. Nas décadas de 1980 e 1990, esse movimento foi marcado pela ocupação dos estados do Mato Grosso e do Mato do Grosso do Sul por atividades como o cultivo de milho, arroz, soja e a pecuária. Atualmente, a área de fronteira agrícola brasileira é a Amazônia Legal, notadamente o chamado arco de desmatamento, que abrange os estados do Mato Grosso, Pará, Rondônia e Acre.

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta uma estimação do custo de oportunidade privado em que estariam incorrendo os agentes econômicos localizados nas áreas de fronteira agrícola ao *deixar* de derrubar novas áreas de floresta para fins de exploração econômica, ou seja, o custo que a preservação da floresta representa para eles. Esse custo pode ser indicativo da quantia máxima necessária para incentivar tais agentes a deixar de desmatar.

A principal hipótese de trabalho é de que a Amazônia Legal encontra-se, atualmente, em um estágio de produção similar ao da região Centro-Oeste na década de 1970, período em que se iniciou a intensificação da ocupação produtiva dos estados do Centro-Oeste. Partindo dessa suposição, assume-se que os produtores da Amazônia Legal podem formar suas expectativas quanto à rentabilidade futura da produção a partir do desempenho verificado no Centro-Oeste nos últimos quarenta anos.

O valor presente da renda esperada com o uso produtivo da terra é avaliado através da construção de uma fronteira estocástica de produção, supondo que a terra apresenta rentabilidade máxima, dado seu uso eficiente. Para tanto, estimou-se, com os dados dos censos agrícolas de 1970, 1975, 1980, 1985 e 2006, para a região de controle (Centro-Oeste), a função que representa a rentabilidade da terra nesse período. Utilizando os dados do censo agrícola de 2006 para a região amazônica, foi possível identificar em que ponto da curva de rentabilidade estimada ela se encontra atualmente. O custo de oportunidade da não-expansão da área convertida foi calculado pela diferença entre a renda obtida hoje e o valor presente daquela que é esperada para o futuro, segundo a função estimada.

O trabalho está dividido em quatro etapas metodológicas. A primeira consiste na determinação da fronteira de produção nos municípios da região Centro-Oeste utilizando os dados dos Censos Agropecuários de 1970 a 2006. Na segunda etapa, estima-se a renda do produtor com base nos resultados da fronteira estocástica. Supõe-se, para tanto, que o produtor típico é um proprietário capitalista, ou seja, pertencem a ele a terra e o capital utilizados na produção. Na terceira etapa, é feita uma projeção da renda esperada pelo produtor da Amazônia Legal, partindo da identificação do período do desenvolvimento da produção agropecuária correspondente ao atual estágio da Amazônia Legal. Projeta-se, então, a renda esperada para o futuro dada a continuidade da produção. O valor presente é obtido a partir da aplicação da taxa de desconto mais apropriada à renda esperada para os municípios tal como determinada pela fronteira estocástica estimada.

Os resultados apontam que os produtores da Amazônia Legal esperam incremento significativo de renda. Alguns fatores institucionais, no entanto, podem afetar a taxa com que os tomadores de decisão descontam o tempo. A literatura aponta que a presença de incerteza quanto à posse da terra na região pode fazer com que tal taxa seja mais alta do que o esperado. Além disso, trabalhos empíricos apontam para o fato de que os produtores são avessos ao risco e estariam dispostos, em havendo tal possibilidade, a aceitar compensações inferiores ao valor esperado da produção futura. De qualquer forma, os resultados obtidos com este trabalho podem ser considerados uma *proxy* do valor máximo a ser transferido para os proprietários de terra de forma a desincentivar a expansão da atividade agropecuária sobre áreas de floresta, supondo o uso eficiente dos recursos, a máxima rentabilidade da produção e a existência de apoio oficial, tal como ocorreu na região Centro-Oeste.

O trabalho se organiza da seguinte forma. Na próxima seção faz-se uma revisão da literatura acerca de serviços ambientais e retornos econômicos do desmatamento. Em seguida são descritos os métodos utilizados. A quarta seção descreve os dados utilizados. A quinta seção apresenta os resultados obtidos. A última seção desenvolve algumas considerações finais e possíveis perspectivas para futuros trabalhos.

**2. Revisão bibliográfica**

O presente trabalho se insere na discussão acerca dos serviços ambientais que a natureza presta aos indivíduos, ou seja, dos benefícios que são retirados por eles dos ecossistemas. No caso específico da Amazônia, sobressai-se sua importância na regulação do regime de chuvas do subcontinente sul-americano, além do fato de que ela abriga ecossistemas que estão entre os mais ricos do mundo e apresenta alto potencial para conservar e sequestrar carbono no solo (IPCC, 1996).

Igliori (2006)contrasta com esses serviços o valor representado pelos bens e serviços que deixam de ser produzidos sob usos alternativos da terra, determinando a existência de um *trade-off* entre desenvolvimento e conservação ambiental. Esse *trade-off* torna-se particularmente decisivo devido à pobreza da região amazônica. O autor acrescenta ainda que há conflito entre horizontes temporais e entre a visão privada e a global quanto aos custos de atividades que degradam o meio ambiente na tomada de decisão quanto à utilização da terra.

Young (1996) trata a questão da conversão da terra por meio da composição de um portfólio de ativos, com o objetivo de gerar fluxos de renda. Assim como outros problemas de decisão quanto à composição do portfólio, dois parâmetros são fundamentais: o fluxo descontado de receitas futuras associadas a cada uma das opções de uso e o grau de risco ou incerteza envolvida em cada opção. A incerteza quanto à evolução futura dos preços e a tênue delimitação dos direitos de propriedade são fenômenos que afetam de forma diferenciada o processo de tomada de decisão quanto ao uso da terra. Basicamente, a possibilidade de reposição da terra a custos relativamente baixos e a incerteza quanto à posse induzem a uma redução do tempo relevante para a tomada de decisão.

À rentabilidade alcançada com a conversão das florestas devem ser contrastados os benefícios ambientais oferecidos por sua preservação. Young e Fausto (1997) ressaltam a importância da valoração econômica de recursos naturais ao atribuir valores econômicos aos benefícios provenientes de bens e serviços que não são captados pelo mercado. A estimação de tais valores esbarra, entretanto, em sérias dificuldades, devidas principalmente à inexistência de mercados para a maioria dos recursos naturais e à presença de falhas de mercado em muitos dos mercados que envolvem esse tipo de ativo. Dificuldades adicionais podem surgir ainda do fato de que os direitos de propriedade sobre ativos ambientais muitas vezes não são bem definidos e de que as preferências das gerações futuras não são levadas em conta quando os preços são avaliados.

Os métodos mais utilizados para a valoração de recursos ambientais buscam calcular o valor econômico total desses recursos através da disposição a pagar dos agentes, atribuindo um valor monetário ao desejo de conservação do meio ambiente (Fausto e Young, 1997; Tietenberg e Lewis, 2009; Field, 2001). O valor econômico total de um bem ambiental é dado pela soma do valor de uso direto (consumo, não-consumo e produção) ou indireto (derivado de funções ecossistêmicas); do valor de opção, ou seja, da possibilidade de uso futuro; e do valor de existência ou de não-uso, independente do uso atual ou futuro.[[3]](#footnote-3) Tal como explicitado por Andersen (1997), no caso das florestas tropicais, o valor de uso direto diz respeito ao corte de madeira, a atividades extrativas não-madeireiras, ao turismo e ao material genético por elas disponibilizado, enquanto são exemplos de valor de uso indireto a proteção do solo e de sistemas hídricos.

Posto que os bens ambientais possam ser precificados em função do fluxo de renda ou de benefícios que eles venham a gerar no futuro, a taxa de desconto utilizada para estimar o valor presente desse fluxo também é um fator crucial na valoração desse tipo de ativo (Field, 2001; Andersen, 1997). Dois fatores se sobressaem na discussão sobre a taxa de desconto. O primeiro deles é a definição dos direitos de propriedade, uma vez que a incerteza sobre a possibilidade de exploração dos ativos no futuro aumenta a taxa de desconto, o que pode levar à superexploração dos recursos. O segundo diz respeito às preferências das gerações futuras. Dado que o desconto reflete a perspectiva da geração atual, ele tende a valorizar menos os benefícios futuros com relação aos atuais.

Uma vez valorados os recursos ambientais, o preço obtido, que representa os benefícios por eles gerados, costuma ser comparado aos custos envolvidos em sua preservação. Field (2001) indica quatro custos principais que devem ser considerados: os custos de oportunidade (sociais e privados) representados pela conservação, notadamente a produção de que se abre mão; os custos ligados a mudanças nos preços, uma vez que internalização de externalidades deve gerar uma adaptação dos mercados à nova situação; o custo das instalações físicas necessárias à proteção dos recursos em questão; e o custo da regulação pública, que envolve conhecimento das estruturas de custo das firmas, informações sobre as condições de demandas dos mercados, etc.

O presente trabalho tem como foco o primeiro desses custos, tratando especificamente dos custos de oportunidade privados em que os agentes econômicos localizados na região da Amazônia Legal incorreriam ao decidir preservar a floresta. Alguns trabalhos já buscaram avançar nesse sentido, e serão brevemente analisados a seguir.

Andersen (1997)busca comparar os custos e benefícios da preservação ambiental na região amazônica do ponto de vista de agentes privados, do governo federal e de um planejador social global. Os custos são representados pelo valor presente líquido dos usos agrícolas da terra, e os benefícios, pelo valor econômico total da floresta em pé. Os valores considerados para o cálculo do valor presente líquido foram obtidos em trabalhos do Imazon, realizados na primeira metade da década de 1990, que analisam os métodos agrícolas utilizados no Pará, relatando os custos iniciais e lucros anuais para diferentes usos da terra. Andersen toma o município de Paragominas como referência, devido a sua ocupação precoce.

Andersen chama atenção para a importância dos efeitos positivos indiretos do desmatamento sobre a economia urbana da região, que potencializam os benefícios totais gerados pelo desmatamento e para o fato de que o preço da terra é o principal fator determinante da intensidade do uso da terra. Considerando uma sequência ocupacional que tem início com a atividade madeireira, seguida pela pecuária extensiva e por fim pela cultura agrícola, cuja intensidade aumenta ao longo do tempo, o autor conclui que no estágio de desmatamento observado à época, a expansão da área desmatada era mais vantajosa do que a preservação da floresta sob qualquer uma das óticas analisadas. No caso dos primeiros ocupantes da terra, o estabelecimento de uma agricultura de queimada, apesar da diminuição dos lucros conforme cai o nível de nutrientes no solo, seria economicamente vantajoso considerando a perspectiva de venda para ocupantes de segunda geração, com maior acesso ao capital, uma vez que a fronteira já esteja mais desenvolvida. Do ponto de vista do planejador social, no entanto, ela só seria justificada se a terra fosse usada de maneira mais eficiente. Conforme ressaltado no próprio trabalho, no entanto, essas estimativas de custos e benefícios nele apresentadas dizem respeito a um ponto específico de cada uma dessas curvas, associado a um nível de desmatamento de 10%. Conforme o desmatamento aumenta, crescem seus custos, que em algum momento ultrapassarão o valor da terra agrícola.

O artigo de Dias e Schwartzman (2005) analisa os possíveis efeitos de uma política de redução compensada no desmatamento na Amazônia, através de créditos de carbono. Os autores apontam que a menos que a preservação ambiental possa gerar um fluxo de renda de longo prazo, a fiscalização por parte do governo não será suficiente para parar a expansão da área desmatada. Busca-se, portanto, o *break-even point*, ou seja, o preço do carbono que tornaria a preservação tão rentável quanto os principais usos alternativos da terra (pecuária, cultivo de soja e manejo florestal). O trabalho aponta que a soja, embora seja a atividade com maiores retornos, tem suas possibilidades de cultivo limitadas por fatores geográficos. A pecuária, por outro lado, embora não apresente retornos tão altos, é vista como forma de garantia da posse da terra, tornando-a o principal uso das terras convertidas.

O cálculo se baseia na hipótese de que a mudança no uso da terra segue o seguinte ciclo: exploração florestal , criação pecuária por cerca de cinco anos e por fim cultivo de soja. Os autores usam como referência no cálculo do VPL as taxas de retornos calculadas por Seroa da Motta (2002) e Margulis (2003) para exploração florestal e pecuária, respectivamente, e o retorno econômico do cultivo de soja no estado do Mato Grosso como referência para essa atividade. O horizonte total considerado é de 30 anos. Os resultados apontam que créditos de carbonos com preços entre $14/tC e $22/tC seriam suficientes para tornar a preservação atrativa aos olhos dos produtores privados. Os preços correntes do crédito de carbono, no entanto, embora pudessem competir com a exploração florestal e a pecuária, não seriam suficientes para tornar o cultivo de soja menos atrativo. Os autores apontam, no entanto que a implementação de uma política de redução compensada seria extremamente difícil, pois teria de se estender também a outros agentes além dos produtores privados e requereria instrumentos de governança mais avançados do que os atualmente existentes.

O trabalho de Pinedo-Vasquez *et al.* (1992) também se aproxima muito do que se pretende fazer neste projeto: ele está interessado em estimar os retornos econômicos obtidos com a conversão de áreas de floresta na Amazônia peruana. Para tanto, eles se utilizam de um inventário das espécies vegetais presentes na área em 1985-86 e de dados relativos aos custos de produção e preços de recursos madeireiros e de culturas agrícolas levantados pelo sindicato de agricultores da região. [[4]](#footnote-4) Segundo os autores, os agentes regionais adotam um horizonte de decisão de curtíssimo prazo devido à incerteza quanto à propriedade da terra. Seus resultados apontam que no contexto atual a população ribeirinha deve continuar convertendo área de floresta para a agricultura através da queimada a menos que usos alternativos da terra se tornem mais atrativos economicamente.

De acordo com Margulis (2001) os desmatamentos proporcionam ganhos econômicos claros, que do ponto de vista privado fazem todo sentido, e esses ganhos decorrem fundamentalmente de atividades produtivas, e não especulativas. Os agentes que se apropriam desses ganhos são os madeireiros e os agentes intermediários que transformam a floresta nativa em pastagens (pequenos agentes com os menores custos de oportunidade), e principalmente os pecuaristas e fazendeiros que os seguem. Se a pecuária não fosse rentável, não haveria tantos agentes intermediários, pois seus lucros também cessariam. Por outro lado, o autor aponta para a aproximação da fronteira agrícola da área mais densa da floresta, em que os altos índices pluviométricos impedem a realização de qualquer atividade econômica.

Margulis (2003) estimou a renda privada potencial da pecuária na região da Amazônia Oriental. Para tanto, foram realizados pesquisas e painéis com 43 produtores em 4 municípios da região. A partir dos resultados dessa pesquisa, foi estimada a Taxa Interna de Retorno (TIR) da atividade e a renda privada potencial. A pesquisa mostrou que a pecuária na região apresenta alta produtividade, responsável por uma TIR acima de 10%, com uma renda privada potencial de R$75/ha/ano. Os resultados indicaram, ainda, que os produtores apresentam elevada aversão ao risco, aceitando uma compensação de R$45/ha/ano para não expandir a área cultivada em áreas de floresta (esses valores podem subir até R$200/ha/ano quando se supõe menor aversão ao risco). Quando simulados os efeitos de uma taxação sobre o desmatamento, os resultados apontaram apenas para uma mudança no *mix* de culturas, e não para uma diminuição da área desmatada.

Souza-Rodrigues (2011) busca determinar a demanda por desmatamento em propriedades privadas da Amazônia brasileira, definida como a área de mata derrubada em função das diferenças no valor privado da terra agrícola e da floresta. Para tanto, o autor estima os efeitos dos custos de transporte sobre o desmatamento e em seguida redimensiona esses custos usando os rendimentos, de forma a determinar a diferença nos preços por hectare da terra agrícola e da floresta. A amostra de estabelecimentos rurais é dividida de acordo com o tamanho das fazendas para levar em conta a existência de retornos decrescentes no uso da terra agrícola. A função demanda estimada é utilizada para avaliar os custos e a efetividade de diferentes políticas de prevenção ao desmatamento. Os resultados indicam que um imposto pigouviano no valor de US$100/ha/ano teria sido capaz de manter 70% da cobertura nas áreas privadas (em contraste com os 40% observados), resultando em uma receita anual de US$ 2,5 bilhões. Já um programa de pagamento por serviços ambientais que pagasse os mesmos US$100/ha/ano teria o mesmo efeito sobre a cobertura vegetal, custando entre US$2,1 bilhões e US$5,33 bilhões por ano, dependendo da capacidade de identificar os fazendeiros que fato tinham a intenção de desmatar. Um programa REDD+ com preço do carbono fixo a US$1 por tonelada de carbono por ano teria aumento o estoque de carbono nas florestas privadas de 4 para 7 bilhões de toneladas, custando cerca de US$7 bilhões por ano, ou US$2,33/tC/ano. Por fim, a imposição de limites quantitativos ao uso da terra fixando em 80% a participação da floresta em terras privadas, tais como os que existem hoje, seria tão custosa para os fazendeiros se houvesse um controle efetivo que eles estariam dispostos a pagar até US$8,43 bilhões por ano para evitar que tal lei fosse exercida. O autor aponta, ainda, para o fato de que médios e grandes fazendeiros respondem mais a essas políticas, devido aos retornos decrescentes apresentados pela terra.

Com relação aos trabalhos analisados, a principal contribuição deste artigo é buscar incorporar as expectativas dos agentes econômicos quanto à rentabilidade futura da terra convertida no cálculo do valor presente líquido da mesma. Posto que a Amazônia Legal é uma região de ocupação econômica recente, é razoável que os produtores nela localizados esperem um aumento na renda gerada pela terra, na medida em que os métodos produtivos vão sendo adaptados ao clima e ao solo local e que a infraestrutura da região é desenvolvida. Isso dado, os níveis de retornos observados atualmente podem não caracterizar os melhores valores de referência para a estimação do valor econômico da terra na Amazônia, uma vez que ele deve refletir o valor presente do fluxo de renda esperado para o futuro. A comparação do atual estágio de produção da região amazônica com aquele alcançado pela região Centro-Oeste se deve justamente ao fato de essa última já ter passado pelo mesmo processo de ocupação econômica e amadurecimento da atividade agropecuária.

**3. Métodos utilizados**

O produtor/proprietário maximiza sua renda esperada que é dada por

,

onde E(*y*) é a renda esperada, *x* é um vetor de insumos e f(.) e c(.) são, respectivamente, as funções de receita e custo, esperadas para cada instante t.

Desde que a função de produção apresente retornos constantes de escala, o que é razoável para uma função agregada para todo o setor, então, pode-se mostrar que o retorno esperado pelo produtor é

.

Definindo como a participação dos fatores de produção não pertencentes ao produtor rural, conclui-se que a renda esperada pelos produtores, em cada instante *t*, equivale à participação dos fatores de produção possuídos pelos produtores na produção total, ou seja

.

**3.1. Análise fatorial**

Como muitas variáveis apresentavam alta multicolinearidade, adotou-se o método de análise fatorial, que consiste em reduzir o número dessas variáveis por meio da análise de fator, que usa técnicas de regressão para estimar, a partir de variações observadas entre variáveis correlacionadas, um número menor de variáveis latentes, ou fatores, capazes de explicar as variáveis observadas.[[5]](#footnote-5) As variáveis observadas seriam uma combinação linear das variáveis latentes acrescidas de um termo de erro, de forma que busca-se produzir fatores que expliquem o máximo possível a variância das variáveis observadas.

Dado um conjunto de variáveis com médias , suponha que

,

em que são constantes, são variáveis não-observadas, de média zero e independentes entre si e independentes do erro, e é um termo de erro de média zero e variância finita ψ. Em termos matriciais,

,

em que A é a matriz de constantes, ou *loading matrix*, e F, o vetor de variáveis não-observadas, ou fatores. Logo, sendo , tem-se

,

o que nos permite estimar A e F para uma dada amostra.

A principal vantagem desse método é a redução do número de variáveis, sendo comumente usado quando se deseja reduzir uma grande quantidade de variáveis observadas a um número menor de fatores. No entanto, a análise fatorial também é utilizada quando as variáveis observadas apresentam erros de medida.

**3.2. Fronteira estocástica de produção**

Para cada instante, t, estima-se a função *f*(*xit*) por meio de fronteiras de possibilidades de produção para a região Centro-Oeste nos anos de 1970, 1975, 1980, 1985 e 2006 e para a Amazônia Legal em 2006, utilizou-se o método de fronteira estocástica. Esse método, desenvolvido por Meeusen e Van Den Boeck (1977) e Aignel, Lovell e Schmidt (1977), consiste na estimação, através de máxima verossimilhança, de uma função de produção da forma

,

em que é a produção, é a fronteira determinística, comum a todos os produtores, são os insumos, é o vetor de parâmetros, é o termo indicativo de ineficiência e é o componente aleatório. Linearizando a equação e definindo , tem-se que

Assim, o desvio com relação à parte determinística da fronteira de produção é dado por e , determinando o erro composto característico do modelo. O termo que captura a ineficiência técnica: se , há ineficiência, e o produtor opera abaixo da fronteira de produção; se , o produtor é eficiente, operando sobre a fronteira. O termo segue uma distribuição normal e captura choques aleatórios que fogem ao controle da firma e afetam especificamente o i-ésimo produtor, além de erros de observação e medida em *y*. Assim, expressa o fato de que a fronteira pode variar aleatoriamente de uma firma para a outra ou ao longo do tempo para uma mesma firma (Aignel, Lovell e Schmidt, 1977).

Como

,

e dado que tem-se que o erro composto é assimétrico, e acrescenta-se por hipótese que ele é diferente de zero.

**3.3. Teste de robustez**

Dada a importância dos retornos de escala e concorrência perfeita para as previsões que se deseja fazer, recorreu-se a um método alternativo de testar essas hipóteses, que consiste em um exercício adaptado de contabilidade do crescimento. Parte-se de uma função de produção do tipo

em que é a produção total da firma *i* no momento *t*; é o índice de progresso tecnológico Hicks-neutro do setor, ou seja, que altera apenas o produto auferido com determinadas quantidades de insumos, sem alterar as taxas marginais de substituição; , e são os fatores de produção, terra, capital e trabalho, respectivamente, utilizados pela firma *i* no momento *t,*  são os bens intermediários consumidos na produção *;* e *G(·)* é uma função de classe C2*.* Diferenciando totalmente essa função e dividindo por *,* temos que

Seja a participação do fator J na renda do setor e o grau de *mark-up* no setor em questão (definido como sendo a razão entre o preço e os custos marginais), as condições de maximização do lucro da firma implicam que

em que *j* é a remuneração do fator *J*, é a quantidade utilizada desse fator e *P* é o preço de *Y* e β é o parâmetro que indica os retornos de escala apresentado pela tecnologia. Assim, se β<1, as firmas têm retornos decrescentes de escala; β =1 nos leva ao caso anterior, em que as firmas têm retornos constantes de escala; e se β>1 as firmas têm retornos crescentes de escala.

Substituindo esse resultado em (1), tem-se que

Torna-se possível, assim, estimar conjuntamente o grau de mark-up no setor e os retornos de escalas proporcionados pela tecnologia adotada. Harrison (1994) sugere ainda que seja incorporado um termo específico às firmas, , que dê conta de possíveis diferentes na produtividade, resultando em

essa equação pode ser simplificada na seguinte forma:

Foram testadas duas especificações do modelo, uma impondo retornos constantes de escala e outra relaxando essa hipótese. Foram utilizados os métodos de mínimos quadráticos agrupados (modelos 1 e 2) e de efeitos fixos (modelos 3 e 4).

**3.4. Estimação do valor presente líquido da renda futura esperada**

A partir dos resultados obtidos, é possível estimar a participação dos produtores no produto gerado e, posteriormente, estima-se o valor presente da renda futura a partir da fórmula do valor presente,

,

em que é a função de produção estimada pelo método das fronteiras estocástica e *r* a taxa de desconto.

O ajuste dessa função, ao longo do tempo, é feito a partir de um modelo polinomial, do tipo,

,

em que *y* é a renda em reais de 2000, e *t*, o tempo em anos. O valor presente líquido da renda esperada pode então ser calculado por

,

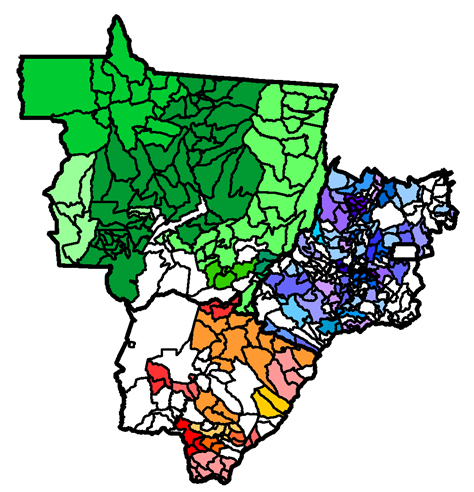
correspondendo à renda projetada descontada pela taxa de juros.

**4. Coleta e seleção de dados**

Os dados utilizados para estimação são provenientes dos Censos Agropecuários realizados pelo IBGE em cada um dos anos citados. Buscou-se identificar as informações referentes aos fatores de produção presentes em todos os anos. Os dados do Censo Agropecuário de 1995/1996 não foram utilizados devido às divergências metodológicas entre esse e os demais censos considerados e à ausência de observações nesse ano de algumas variáveis utilizadas.

Uma vez que as observações dos Censos diziam respeito aos municípios existentes em cada ano, construiu-se, a partir das Áreas Mínimas Comparáveis (AMCs) disponibilizadas pelo IPEA para o período de 1970 a 1997, áreas mínimas comparáveis para a região Centro-Oeste para o período de 1970 a 2006. Assim, as observações de 252 municípios em 1970, 253 em 1975, 280 em 1980, 363 em 1985 e 466 em 2006, foram condensadas, a cada ano, em 222 AMCs. No caso da Amazônia Legal, foram desconsiderados os munícipios do Mato Grosso, já contabilizados na região Centro-Oeste, posto que esse estado foi ocupado com fins agrícolas antes do restantes da região. O restante dos municípios pertencentes à Amazônia Legal soma um total de 630 observações para o ano de 2006.

**Figura 1 – Áreas mínimas comparáveis**

****

**Fonte:** Elaboração própria a partir da dados do IPEA.

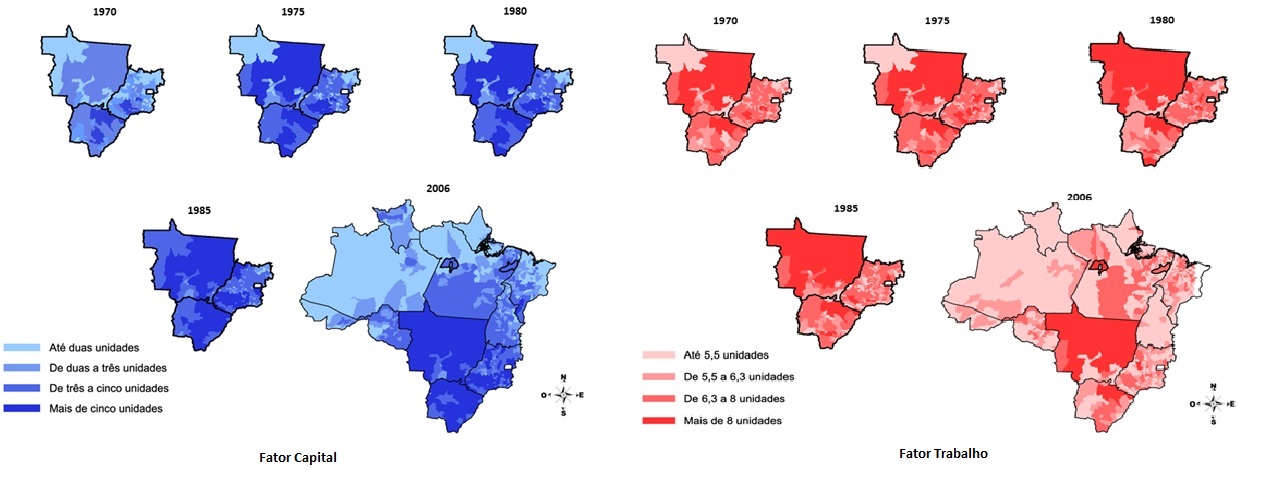
No que diz respeito ao fator trabalho, foram considerados os seguintes dados do Censo Agropecuário: número de empregados, número de parceiros, e responsável e membros não-remunerados da família. Os dados de capital utilizados dizem respeito ao número de tratores, arados e colheitadeiras utilizados na propriedade. A terra é medida pela área rural do município.[[6]](#footnote-6) O valor da produção no ano não inclui a indústria rural e esta medido em reais de 2000.[[7]](#footnote-7)

Para análise das variáveis referentes aos fatores capital e trabalho, observou-se alta multicolinearidade entre as variáveis selecionadas. Mostrou-se necessário, portanto, realizar uma análise fatorial. Os dados disponíveis em todos os anos com relação ao capital (número de tratores, arados e colheitadeiras utilizados no ano) representam apenas parte do capital total envolvido na produção agropecuária, porém a capitalização da firma afeta positivamente todas as variáveis observadas. Além disso, a possibilidade de existência de erros de medidas nos dados referentes ao capital e ao trabalho é maior do que naqueles referentes à terra, possibilidade agravada devido às mudanças na metodologia adotada pelo IBGE ao longo dos anos.

O número de observações (no Centro-Oeste, 222, e na Amazônia Legal, 630 para as variáveis referentes ao trabalho e 500 para as referentes ao capital) e o número de variáveis observáveis (três para cada variável latente) são condizentes com os apontados pela literatura como adequados para gerar resultados robustos.[[8]](#footnote-8) O método de estimação adotado foi o de fator principal, que realiza a análise fatorial a partir da matriz de correlação (sem rotação) entre as variáveis observadas de forma a maximizar o poder explicativo do primeiro fator. Os fatores foram padronizados de forma a fazer com que a soma dos coeficientes de cada variável observada fosse 1, tornando possível comparações entre os anos e as regiões.

A distribuição espacial de cada uma das variáveis, bem como sua evolução ao longo do tempo, está ilustrada nas figuras 2, 3, 4 e 5 abaixo. As estatísticas descritivas podem ser encontradas no anexo II.

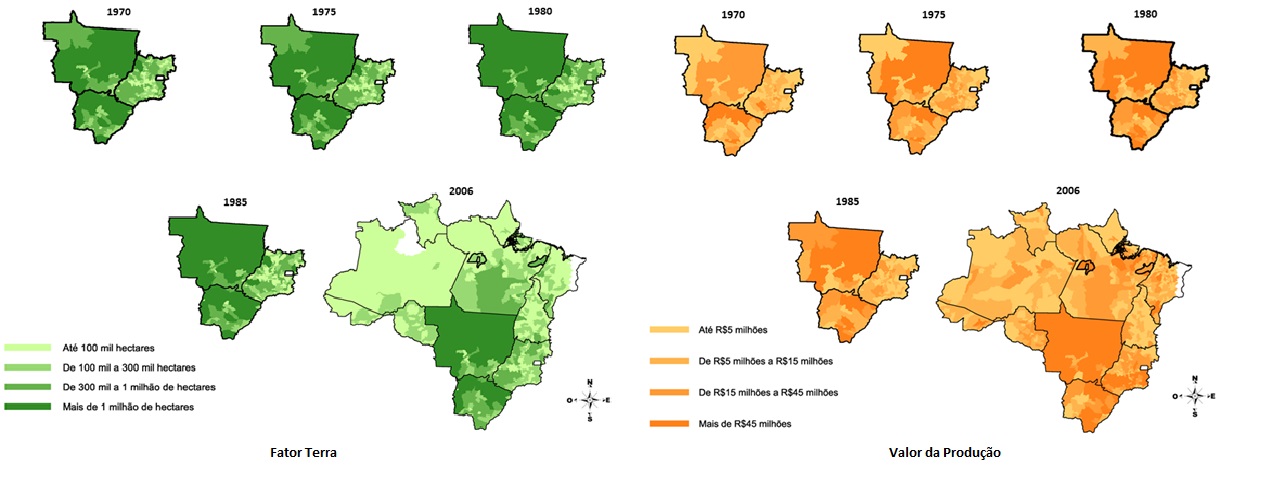
**Figura 2 - Uso dos fatores capital e terra**

****

**Fonte:** Elaboração própria a partir do Censo Agropecuário do IBGE.

Pode-se perceber uma clara tendência ao aumento na intensidade do uso do capital com o passar do tempo, provavelmente conforme a terra é ocupada e torna-se difícil aumentar a produção expandindo a área cultivada. Tal crescimento, no entanto, se dá a taxas decrescentes, tornando-se o valor do capital mais estável entre 1985 e 2006. O número de observações com capital igual a zero cai de 12 em 1970 para 3 em 1975 e 1 em 1980. A partir de 1985, todos os municípios utilizam alguma forma de capital.

**Figura 3 - Uso do fator terra e valor da produção**

****

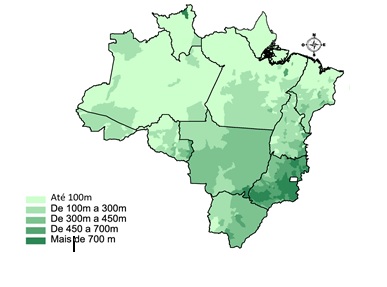
**Fonte:** Elaboração própria a partir do Censo Agropecuário do IBGE.

No que diz respeito ao trabalho, observa-se uma tendência diferente daquela apresentada pelo capital: a utilização do fator inicialmente cresce (entre 1970 e 1975) para em seguida começar a cair a taxas crescentes, caracterizando o aumento na produtividade do trabalho agrícola, já discutido pela literatura que analisa os resultados dos Censos Agropecuários (Gasques e Conceição,2000; Gasques et al., 2010).

A terra é o fator de produção que apresenta menor variação ao longo do tempo na região Centro-Oeste, apesar disso, sua utilização apresenta um movimento claro, aumentando a terra utilizada até 1985 para cair entre esse ano e 2006. Tal dinâmica é condizente com a ocupação de novas áreas de fronteira, diminuindo a quantidade de terra utilizada conforme a região se desenvolve e se urbaniza.

O valor da produção comporta-se conforme esperado, apresentando uma tendência ao aumento, na região Centro-Oeste, com o passar do tempo, apesar de o ano de 1985 representar uma queda nessa tendência.

**Figura 4 – Altitude média (em metros acima do nível do mar)**

****

**Fonte:** IPEA/University of East Anglia.

Dada a evidência, na literatura sobre a Amazônia Legal, da forte influência de fatores climáticos, notadamente da precipitação, sobre a maior adequação de determinadas regiões à produção agropecuária (Margulis, 2003), determinando sua maior produtividade, foram considerados, ainda, alguns controles referentes ao clima e à topologia dos municípios, dizendo respeito a estimativas da precipitação pluviométrica e de temperatura médias trimestrais e à altitude dos municípios.[[9]](#footnote-9)

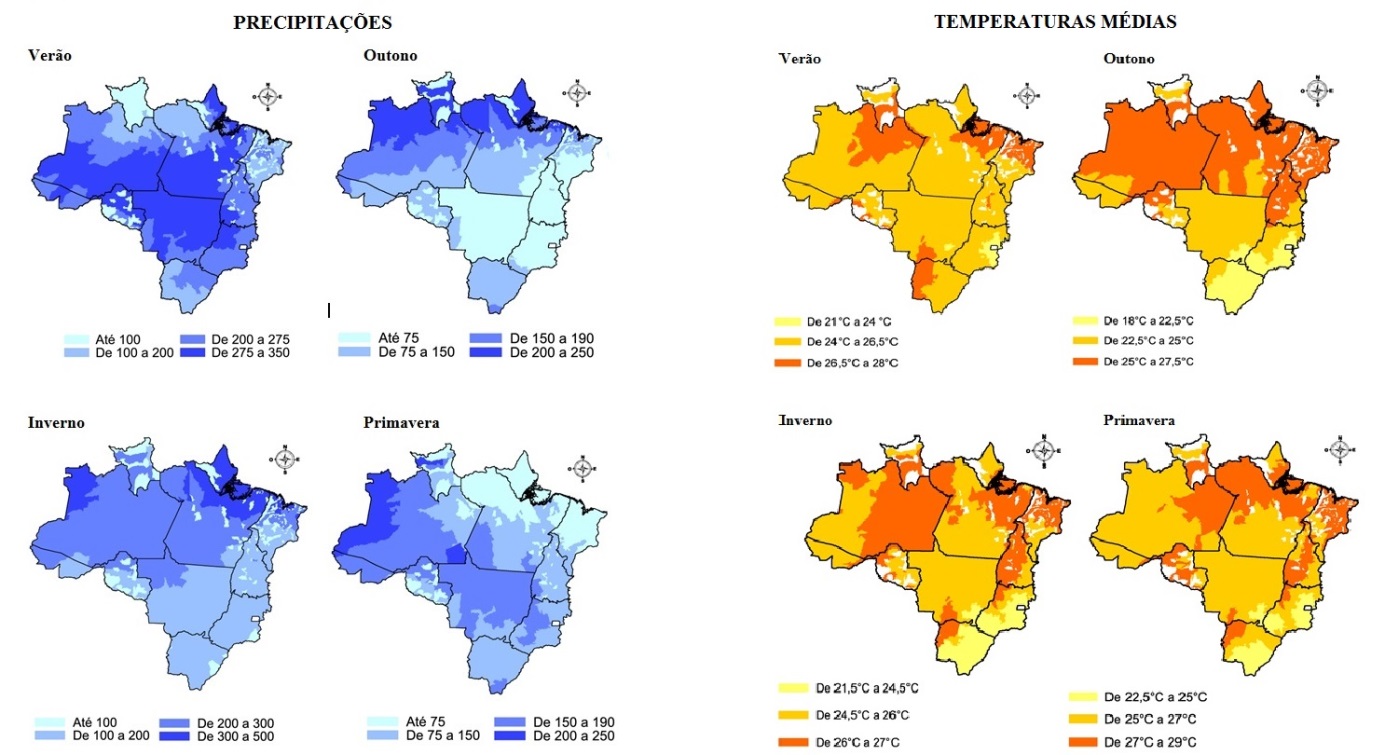
As variáveis de controle para o clima representam uma média histórica para cada município, não variando, portanto, de um ano para o outro. Para evitar problema de multicolinearidade nos dados climáticos, por conta das baixas variações nas temperaturas ao longo do ano, notadamente na Amazônia Legal, mas também no Centro-Oeste, buscou-se utilizar sempre uma única variável de controle para a temperatura. Já o regime de chuvas mostrou-se bastante significativo, conforme era previsto pela literatura.

**5. Resultados das estimações**

A função de produção estimada para cada um dos anos foi

Para a variável , adotou-se a distribuição normal, mais comumente observada nesse tipo de modelo. Para a ineficiência, foram testadas as distribuições *half-normal*, normal truncada e exponencial. As estimações realizadas com a distribuição exponencial apresentaram problemas de convergência. Os resultados com as distribuições *half-normal* e normal truncada, por outro lado, foram bastante similares, de forma que apresentaremos aqui apenas os obtidos com a distribuição *half-normal.*

**Figura 5 – Estimativas das médias trimestrais de precipitação pluviométrica (mm/mês) e temperaturas médias (oC)**

****

**Fonte:** IPEA/University of East Anglia.

Foram estimadas duas funções de produção: uma Cobb-Douglas e uma *translog*. Os resultados obtidos com a função *translog* apontaram para a não-significância das interações entre as variáveis, o que leva a crer que a função Cobb-Douglas descreve melhor a tecnologia de produção utilizada.

Para possibilitar melhor comparação entre os anos, impôs-se que

Tal restrição também facilita a interpretação dos coeficientes, que passam a representar a participação de cada um dos fatores na renda agropecuária. Foi realizado um teste alternativo para a especificação da função, que descartou a existência de retornos constantes de escala no setor, cuja presença impediria a adoção da restrição acima. Conforme discutido na sessão 3.3, o exercício realizado testa tanto os retornos de escala quanto a existência de concorrência perfeita no mercado. Os resultados encontram-se na tabela 1 abaixo:

**Tabela 1 – Resultados dos testes de robustez**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** |
| Constante | -0.1200\*\* | 0.03089 | -0.05985\* | 0.09549\*\* |
| (0.02631) | (0.02428) | (0.03130) | (0.03090) |
| dx | 1.514\*\* | 0.7057\*\* | 1.726\*\* | 1.030\*\* |
| (0.05692) | (0.07569) | (0.08584) | (0.1039) |
| dK | - | -0.5070\*\* | - | -0.4701\*\* |
| (0.03735) | (0.05139) |
| Resíduo de Solow | -0.12000 | 0,0000 | -0.059850 | 0.095490 |
| (0.40324) | (0.33032) | (0.26004) | (0.21388) |
| Obs | 379 | 379 | 379 | 379 |
| R² ajustado | 0.6516 | 0.7656 | 0.6896 | 0.7889 |

Notas:

1. Os valores entre parênteses representam os desvios-padrão
2. \* indica significância ao nível de 10%
3. \*\* indica significância ao nível de 5%

Um teste de significância das *dummies* de efeito fixo indica que esses estimadores se explicam melhor os dados observados do que os de mínimos quadrados agrupados. Portanto, considerando que os estimadores dos modelos (1) e (3) são viesados pela omissão da variável *dK* e que testando as especificações dos modelos (2) e (4) rejeita-se a hipótese nula de que não há efeito fixo, tem-se que os resultados do modelo (4) são aqueles em que se tem interesse. Dada a significância do coeficiente de *dK*, há indícios da presença de retornos decrescentes de escala na produção. Um teste t mostra que o coeficiente estimado para a variável *dx* não é estatisticamente diferente de 1, indicando que há competitividade no setor. O resultado aponta ainda para um crescimento médio de 9,5% da produtividade entre os anos analisados.

Os resultados das estimações da fronteira de produção sob a condição estipulada podem ser observados nas tabelas 1, 2 e 3 abaixo.

**Tabela 2 - Resultados sem controles climáticos**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1970 | 1975 | 1980 | 1985 | 2006 | AL |
|  | 8.7520\* | 9.2001\* | 9.6751\* | 9.6966\* | 13.3176\* | 10.1679\* |
|  | 0.1840\* | 0.1606\* | 0.1215\* | 0.0888\* | -0.2556\* | 0.1241\* |
|  | 0.2430\* | 0.3586\* | 0.4846\* | 0.6955\* | 0.9986\* | 0.1687\* |
|  | 0.5731\* | 0.4808\* | 0.3938\* | 0.3330\* | 0.2570\* | 0.7071\* |

\* Significativo a 1% \*\* Significativo a 5% \*\*\* Significativo a 10% Não significativo

**Fonte:** Resultados da pesquisa

**Tabela 3 - Resultados com controles climáticos**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1970 | 1975 | 1980 | 1985 | 2006 | AL |
|  | 8.2779\* | 0.8446 | 4.5550\* | 5.8229\*\* | 5.9835\*\*\* | 0.5285\*\* |
|  | 0.1063\* | 0.2014\* | 0.1643\* | 0.0707\* | -0.2472\* | 0.1239\*\* |
|  | 0.1647\* | 0.2829\* | 0.3656\* | 0.5212\* | 0.9878\* | 0.1993\* |
|  | 0.7290\* | 0.5157\* | 0.4701\* | 0.4082\* | 0.2594\* | 0.6769\* |
| ChuvaV | - | - | - | - | 1.2223\*\* | 0.4706\*\* |
| ChuvaI | -1.2004\* | -1.1435\*\* | -2.5195\* | -1.6807\* | - | -1.0185\*\* |
| ChuvaO | 0.2585\* | 0.3500\* | 0.4687\* | 0.3582\* | 0.2078\*\*\* | 0.4282\* |
| ChuvaP | 0.8400\*\* | 0.8535\*\* | 1.5157\* | 1.0348\* | - | - |
| TempO | -0.2446\* | 0.1266\* | 0.0340\* | 0.0245\*\* | - | 3.4284\*\*\* |
| Altitude | 0.9909 | 2.4052 | 2.4975 | 1.8442 | - | 0.0119 |

\* Significativo a 1% \*\* Significativo a 5% \*\*\* Significativo a 10% Não significativo

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

**Tabela 4 - Resultados com controles climáticos**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1970 | 1975 | 1980 | 1985 | 2006 | AL |
|  | 4.35901\*\* | 2.88887 | 5.10863\* | 6.17469\* | 5.98346\*\*\* | 0.78024 |
|  | 0.13770\* | 0.18547\* | 0.15927\* | 0.07015\* | -0.24722\* | 0.15988\* |
|  | 0.15534\* | 0.29096\* | 0.36687\* | 0.52090\* | 0.98783\* | 0.21166\* |
|  | 0.70695\* | 0.52357\* | 0.47386\* | 0.40895\* | 0.25940\* | 0.62846\* |
| ChuvaV | - | - | - | - | 1.22232\*\* | 0.54293\*\* |
| ChuvaI | -1.14173\* | -1.18254\* | -2.53855\* | -1.70591\* | - | -1.098\* |
| ChuvaO | 0.37077\* | 0.28734\* | 0.45407\* | 0.34723\* | 0.20779\*\*\* | 0.46063\* |
| ChuvaP | 0.51167\*\* | 1.02530\* | 1.56282\* | 1.08764\* | - | - |
| TempO | 2.03163\* | 1.87663\* | 2.36415\* | 1.74511\* | - | 3.28695\*\*\* |

\* Significativo a 1% \*\* Significativo a 5% \*\*\* Significativo a 10% Não significativo

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

Apesar de pequenas variações nos coeficientes dos diferentes fatores de produção quando são inseridos diferentes controles climáticos, em todas as estimações eles apresentam movimentos muito semelhantes: o coeficiente do capital cresce a taxas mais ou menos constantes, enquanto os coeficientes do trabalho e da terra decrescem, o primeiro a taxas descentes e o segundo a taxas crescentes. No caso do trabalho, há uma estabilização do coeficiente a partir de meados da década de 1990.

Conforme comentado anteriormente, buscou-se utilizar apenas uma variável de temperatura nas estimações, devido à forte presença de multicolinearidade entre tais variáveis. Os controles de temperatura, assim como os de pluviosidade, mostraram-se significativos, porém os resultados apontam que a altitude não interfere na produção agropecuária dessas regiões. Tal observação é bastante razoável, quando são consideradas as culturas predominantes na Amazônia Legal e no Centro-Oeste.

Os controles climáticos na região Centro-Oeste apresentam comportamentos semelhantes entre os anos de 1970 e 1985, porém alteram-se bastante entre este ultimo ano e 2006. Uma explicação possível para tal observação é a de que as novas tecnologias disponíveis permitem ao produtor suavizar os efeitos do clima, notadamente da temperatura, sobre a produção.

**Gráfico 1 - Variação dos coeficientes sem controles ao longo do tempo**

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

**Gráfico 2 - Variação dos coeficientes com controles ao longo do tempo**

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

É interessante notar que, conforme ilustrado nos gráficos 1 e 2 acima, quando não há controle para o clima dos municípios, não é possível encontrar correspondência entre as fronteiras de produção na Amazônia Legal e no Centro-Oeste. Uma vez consideradas as variáveis climáticas, no entanto, pode-se notar que o atual estágio da produção agropecuária na Amazônia Legal é muito próximo àquele observado na região Centro-Oeste entre 1970 e 1975, o que vai de acordo com a suposição inicialmente adotada e reforça a suposição de que o produtor da Amazônia Legal forma suas expectativas com base no desenvolvimento da atividade agropecuária na região Centro-Oeste. De posse desses resultados, foi possível passar à próxima etapa do projeto, que consistiu na previsão do valor da produção futura na Amazônia Legal e na estimação de seu valor presente líquido.

Para estimar os valores futuros da produção agropecuária na Amazônia Legal, foi necessário primeiro projetar como se alterariam as quantidades dos fatores de produção utilizados. Para isso, foram feitas regressões, para os municípios da região Centro-Oeste, das quantidades dos fatores observadas a cada ano contra seus valores iniciais. Os resultados dessas regressões são encontrados abaixo.

No caso do Centro-Oeste, considerou-se o período zero como sendo àquele correspondente à atual posição da Amazônia Legal na fronteira de produção, ou seja, entre 1970 e 1975. O período 1 corresponde às observações de 1980; o período 2, às de 1985; e o 3 às de 2006. Portanto, no caso da Amazônia Legal, o período zero corresponde às observações de 2006; o período 1, às projeções para 2014; o período 2, às projeções para 2019; e o 3, às projeções para 2040.

Consideradas as variações na utilização dos fatores ao longo do tempo, foi possível projetar os valores da produção para a Amazônia Legal, que correspondem aos 34 anos seguintes a 2006. Esses valores foram calculados a partir das seguintes equações, em que os coeficientes são aqueles apresentados na tabela 10.

A evolução dos valores médios obtidos com essas projeções está ilustrada no gráfico 3 abaixo.

**Gráfico 3 – Valor médio da produção na Amazônia Legal (em escala logarítmica)**

R² = 0,85

**Fonte:** resultado das projeções.

Um fato interessante a ser destacado é que embora a utilização média inicial dos fatores terra e capital na Amazônia Legal seja semelhante àquela do período correspondente na região Centro-Oeste, a quantidade do fator trabalho é bastante inferior. Quando se leva em conta que há uma queda na utilização do fator trabalho ao longo do tempo, compreende-se por que o valor da produção projetado cai entre os períodos 2 e 3.

O próximo passo para estimar o valor presente líquido da renda da terra na Amazônia Legal é estimar de que parcela desse valor o proprietário da terra se apropria. Considerando a hipótese de que se tratam de proprietários capitalistas, tal parcela é representada pela soma dos coeficientes e . A evolução desse coeficiente ao longo do tempo está ilustrada no gráfico 4 abaixo.

**Gráfico 4 – Renda do produtor como parcela da renda total do setor agropecuário**

**Fonte:** Resultado das estimações.

A renda do proprietário da terra na Amazônia Legal (em escala logarítmica) a cada período é dada por . Se não houver expansão da agropecuária na região, a expectativa é de que a produção mantenha-se no nível atual, representado pela linha pontilhada no gráfico 5. Se, por outro lado, houver expansão da agropecuária, através da ampliação do desmatamento, a expectativa é de que a renda evolua de acordo com as projeções, ao longo da linha cheia no gráfico 5.

**Gráfico 5 – Renda do produtor esperada na Amazônia Legal (em escala logarítmica)**

**Fonte:** Resultado das estimações.

O valor presente desse fluxo de renda é calculado da forma descrita na seção 3.3, representando a área sob a linha de tendência no gráfico 5, aplicando-se ainda uma taxa de desconto *r*. Como o agente a formar expectativas é um proprietário privado, não se esperar que ele se valha, ao avaliar a renda futura, de uma taxa de desconto que leve em conta os efeitos sociais ou ambientais da produção, razão pela qual se optou por descontar o fluxo de renda por uma taxa de juros real de mercado, pois essa é a mais relevante, do ponto de vista privado, que a taxa mencionada na literatura de serviços ambientais. A tabela abaixo mostra os resultados obtidos utilizando taxas de juros reais de 2%, 5% e 8%.

**Tabela 5 – Valor presente do fluxo de renda projetado (em logaritmo)**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 2% | 5% | 8% |
| Renda atual | 13,9 | 13,9 | 13,9 |
| VPL | 22,86 | 22,24 | 21,64 |
| Renda média esperada | 19,28 | 18,65 | 18,05 |
| Aumento relativo | 12,9% | 10,9% | 9,1% |

**Fonte:** Resultado das estimações.

A primeira linha apresenta o valor logaritmizado da renda atual do produtor, em reais de 2000. A segunda linha da tabela apresenta o valor presente líquido do fluxo de renda projetado, também em escala logarítmica, para cada taxa de juros real considerada. A terceira linha apresenta a renda média anual que o proprietário de terra espera obter. Por fim, a quarta linha apresenta o aumento médio na renda anual esperado.

A presença de incerteza quanto à posse da terra na região pode fazer com que os agentes descontem o tempo a taxas mais elevadas. Margulis (2003) aponta para o fato de os produtores serem avessos ao risco ao afirmar que eles estariam dispostos a aceitar compensações inferiores ao valor esperado da produção futura.

**6. Conclusão**

A importância que vem sendo dada nas últimas décadas à redução das emissões de carbono no Brasil, resultante, sobretudo, do avanço da fronteira agrícola sobre a floresta amazônica, traz à tona o dilema entre desenvolvimento e preservação ambiental, uma vez que se associa o desmatamento a aumentos na renda e no bem-estar das populações locais e ao desenvolvimento regional.[[10]](#footnote-10) Nesse contexto, torna-se premente a discussão sobre a valoração dos recursos naturais e sobre a geração de renda alternativa para regiões de expansão da fronteira agrícola sobre áreas de floresta.

A valoração de recursos naturais, enquanto bens públicos, não pode deixar de levar em conta o custo de oportunidade que a preservação dos recursos naturais e a prestação de serviços ambientais impõem sobre as populações das regiões de fronteira agrícola. A estimação desse custo não deve considerar apenas a renda atual gerada pelos produtores agropecuários, mas deve levar em conta a expectativa de renda futura dos produtores, dada a continuação, ou mesmo a expansão, de suas atividades atuais e potenciais.

Nesse sentido, este projeto buscou avaliar o caso específico dos produtores da Amazônia Legal brasileira. A hipótese inicial de que o estágio atual de desenvolvimento nessa região é semelhante àquele da região Centro-Oeste durante a década de 1970 mostrou-se razoável, dados os resultados das estimações de fronteiras de produção para as duas regiões. Com base nisso, não é ilícito supor que os produtores da Amazônia Legal formem suas expectativas de renda futura apoiando-se na rentabilidade apresentada pela atividade agropecuária na região Centro-Oeste desde 1970 até o presente.

As projeções realizadas com base nos resultados obtidos no trabalho mostram que os produtores da Amazônia Legal podem acreditar ter, nos próximos quarenta anos, um aumento de renda média, em relação à observada atualmente, de cerca de 9% a 13% ao ano. Qualquer estratégia para conter o avanço da agropecuária sobre a Floresta Amazônica no Brasil deve levar em conta essa expectativa de ganho para que a preservação ambiental não se mostre prejudicial às populações locais.

**7. Referências bibliográficas**

ANDERSEN, L. E. A cost-benefit analysis of deforestation in the Brazilian Amazon*.* Rio de Janeiro: IPEA (Texto para Discussão, 455). 1997.

BARTHOLOMEW, D. J., STEELE, F., GALBRAITH, J., & MOUSTAKI, I. Analysis of Multivariate Social Science Data (2 ed.). New York: Chapman & Hall/Crc. 2008.

CELENTANO, D., SILLS, E., SALES, M. e VERÍSSIMO, A. (2012), Welfare Outcomes and the Advance of the Deforestation Frontier in the Brazilian Amazon, *World Development*, 40, issue 4, p. 850-864.

DIAZ, M. e SCHWARTZMAN, S. Carbon offsets and land use in the Brazilian Amazon. In: MOUTINHO, P.; SCHWARTZMAN, S. (Ed.) *Tropical deforestation and climate change – Belém – Pará – Brazil:* IPAM – Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia; Washington DC – USA: Environmental Defense, 2005.

GASQUES, J. G.; CONCEIÇÃO, J. C. P. R. *Transformações estruturais da agricultura e produtividade total dos fatores*. Brasília: Ipea, 2000 (Texto para Discussão, n. 768).

GASQUES, J.G.; BASTOS, E. T.; BACCHI, M. R. P.; VALDES, C. *Produtividade Total dos Fatores e Transformações da Agricultura Brasileira: análise dos dados dos Censos Agropecuários*. (Versão Preliminar) Março de 2010.

HAIR, Jr; BLACK, W. C; BABIN, B. J; ANDERSON, R. E e TATHAM, R. L. *Multivariate Data Analysis*. 6ª edição. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2006.

HARRISON, ANN E. "Productivity, imperfect competition and trade reform: Theory and evidence." *Journal of International Economics* 36.1: 53-73, 1994.

IGLIORI, D. Economia espacial do desenvolvimento e da conservação ambiental: uma análise sobre o uso da terra na Amazônia.*Ciência e Cultura* [online]. v. 58, n. 1, pp. 29-33. 2006.

MARGULIS, S. *Quem são os agentes do desmatamento na Amazônia e por que eles desmatam?* Brasília: Banco Mundial, 2001.

MARGULIS, S. *Causas do desmatamento na Amazônia brasileira.* Brasília: Banco Mundial, 2003.

PINEDO-VASQUEZ, M. *et al.*. Economic returns from forest conversion in the Peruvian Amazon. *Ecological Economics*, n.6, p.163-173, 1992.

REIS, E., PIMENTEL, M. e ALVARENGA, A. *Áreas mínimas comparáveis para os períodos intercensitários de 1872 a 2000.* Rio de Janeiro, IPEA‐DIMAC. 2009.

**8. Anexos**

**Anexo I – Resultado das análises de fator principal**

**Resultado da análise de fator principal para o trabalho**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ano | L1 | L2 | L3 |
| CO 1970 | 0,4050 | 0,4385 | 0,1564 |
| CO 1975 | 0,3957 | 0,4210 | 0,1831 |
| CO 1980 | 0,3927 | 0,3672 | 0,2309 |
| CO 1985 | 0,3928 | 0,3763 | 0,2308 |
| CO 2006 | 0,3573 | 0,3656 | 0,2769 |
| AL 2006 | 0,3486 | 0,3538 | 0,2975 |

**Fonte:** Resultados próprios a partir do Censo Agropecuário do IBGE.

**Resultado da análise de fator principal para o capital**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ano | K1 | K2 | K3 |
| CO 1970 | 0,3576 | 0,3596 | 0,2826 |
| CO 1975 | 0,3483 | 0,3469 | 0,3047 |
| CO 1980 | 0,3462 | 0,3433 | 0,3103 |
| CO 1985 | 0,3583 | 0,3601 | 0,2814 |
| CO 2006 | 0,3495 | 0,3418 | 0,3085 |
| AL 2006 | 0,3904 | 0,3825 | 0,2269 |

**Fonte:** Resultados próprios a partir do Censo Agropecuário do IBGE.

**Anexo II – Estatísticas descritivas**

**Estatísticas descritivas do fator capital**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ano | Observações | Média | Desvio-padrão | Mínimo | Máximo |
| 1970 | 222 | 2,231 | 1,466 | 0,000 | 6,234 |
| 1975 | 222 | 3,101 | 1,524 | 0,000 | 7,008 |
| 1980 | 222 | 3,821 | 1,458 | 0,000 | 7,879 |
| 1985 | 221 | 4,070 | 1,512 | 0,611 | 8,351 |
| 2006 | 222 | 4,131 | 1,383 | 0,800 | 8,945 |
| AL | 500 | 2,431 | 1,145 | 0,000 | 5,582 |

**Fonte:** Resultados próprios a partir do Censo Agropecuário do IBGE.

**Estatísticas descritivas do fator trabalho**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ano | Observações | Média | Desvio-padrão | Mínimo | Máximo |
| 1970 | 222 | 6,042 | 1,051 | 1,897 | 8,817 |
| 1975 | 222 | 6,163 | 1,091 | 2,469 | 9,326 |
| 1980 | 222 | 6,002 | 1,112 | 3,117 | 9,687 |
| 1985 | 221 | 5,974 | 1,165 | 2,946 | 9,857 |
| 2006 | 222 | 5,174 | 1,118 | 1,835 | 10,788 |
| AL | 630 | 4,899 | 1,019 | 2,042 | 8,152 |

**Fonte:** Resultados próprios a partir do Censo Agropecuário do IBGE.

**Estatísticas descritivas do fator terra**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ano | Observações | Média | Desvio-padrão | Mínimo | Máximo |
| 1970 | 222 | 316.488 | 695.906 | 3.398 | 5.733.446 |
| 1975 | 222 | 353.149 | 815.861 | 3.941 | 6.867.526 |
| 1980 | 222 | 425.944 | 1.228.152 | 3.107 | 12.400.000 |
| 1985 | 222 | 447.692 | 1.327.724 | 3.725 | 13.400.000 |
| 2006 | 222 | 327.65 | 1.013.700 | 4.029 | 10.700.000 |
| AL | 627 | 64.161 | 79.412 | 96 | 944.25 |

**Fonte:** Censo Agropecuário (IBGE)

**Estatísticas descritivas do valor da produção**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ano | Observações | Média | Desvio-padrão | Mínimo | Máximo |
| 1970 | 222 | 5.823.336 | 9.587.428 | 85.282 | 78.100.000 |
| 1975 | 222 | 7.498.618 | 10.500.000 | 77.273 | 75.200.000 |
| 1980 | 222 | 9.474.108 | 16.000.000 | 203.641 | 121.000.000 |
| 1985 | 222 | 7.899.182 | 15.100.000 | 135.534 | 141.000.000 |
| 2006 | 222 | 57.700.000 | 259.000.000 | 251.827 | 3.410.000.000 |
| AL | 630 | 9.290.998 | 16.900.000 | 64.41 | 256.000.000 |

**Fonte:** Censo Agropecuário (IBGE)

**Tabela 6 – Estatísticas descritivas das variáveis de clima na Amazônia Legal**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Obs | Média | Desvio-Padrão | Mínimo | Máximo |
| Precipitação pluviométrica média (mm/mês): verão | 496 | 246.4 | 45.5 | 37.7 | 338.3 |
| Precipitação pluviométrica média (mm/mês): inverno | 496 | 245.6 | 89.1 | 103.4 | 496.1 |
| Precipitação pluviométrica média (mm/mês): outono | 496 | 68.2 | 68.3 | 2.1 | 393.6 |
| Precipitação pluviométrica média (mm/mês): primavera | 496 | 100.3 | 51 | 8.4 | 235 |
| Temperatura média (°C): inverno | 496 | 26.2 | 0.5 | 24.8 | 27.1 |
| Temperatura média (°C): outono | 496 | 26 | 0.8 | 23.2 | 27.4 |
| Temperatura média (°C): primavera | 496 | 27.1 | 0.6 | 25.4 | 28.7 |
| Temperatura média (°C): verão | 496 | 26.3 | 0.6 | 24.6 | 27.3 |
| Altitude média | 542 | 146 | 128.2 | 2 | 920 |

**Fonte:** IPEA/University of East Anglia.

**Estatísticas descritivas das variáveis de clima no Centro-Oeste**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Obs | Média | Desvio-Padrão | Mínimo | Máximo |
| Precipitação pluviométrica média (mm/mês): verão | 222 | 248.9 | 33.06 | 158.2 | 337.9 |
| Precipitação pluviométrica média (mm/mês): inverno | 222 | 118.2 | 12.63 | 90.8 | 227.2 |
| Precipitação pluviométrica média (mm/mês): outono | 222 | 17.1 | 15.15 | 3.2 | 76.2 |
| Precipitação pluviométrica média (mm/mês): primavera | 222 | 138.4 | 15.28 | 83.9 | 179.2 |
| Temperatura média (°C): inverno | 222 | 24.1 | 1.07 | 21.6 | 26.7 |
| Temperatura média (°C): outono | 222 | 22.1 | 1.5 | 18.5 | 25.1 |
| Temperatura média (°C): primavera | 222 | 25.1 | 1.06 | 22.6 | 27.3 |
| Temperatura média (°C): verão | 222 | 24.9 | 1.08 | 22.4 | 28.1 |
| Altitude média | 222 | 566.8 | 227.7 | 90 | 1189 |

**Fonte:** IPEA/University of East Anglia.

1. \* Graduanda em economia pela USP, bolsista de iniciação científica da FAPESP entre novembro de 2011 e outubro de 2012. [↑](#footnote-ref-1)
2. +Professor Doutor do Departamento de Economia – FEA/USP. [↑](#footnote-ref-2)
3. Pearce (1993) ressalta que o valor de existência reflete questões morais, culturais, éticas ou altruístas. Ele chama de “caridade ambiental” o fato de que algumas pessoas estão dispostas a pagar pela simples existência de recursos ambientais. [↑](#footnote-ref-3)
4. Considerando as técnicas mais difundidas e a produção média por hectare delas resultante, o valor presente da atividade agrícola baseada em rotações contínuas de culturas é dado por , em que *h* é a taxa de juros contínua, , o tempo entre as rotações, e , a renda líquida ajustada da cultura 1. , por sua vez, é dado por , em que são os custos iniciais , , o tempo de plantação, , os custos de colheita e transporte, e , o tempo de colheita. A receita líquida ajustada da segunda cultura é dada por . Esses valores são calculados para taxas de desconto de 5%, 10% e 15%. A esse VPL pode-se acrescentar ainda a receita obtida com a extração de madeira. [↑](#footnote-ref-4)
5. Ver Lawley e Maxwell (1973), Bartholomew et al. (2008), Hair et al. (2006). [↑](#footnote-ref-5)
6. A metodologia de cálculo da área total dos estabelecimentos agrícolas foi alterada no Censo Agropecuário de 2006, que passou a levar em conta, além dos usos já computados nos censos anteriores, áreas de matas e/ou florestas naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal; de matas e/ou florestas naturais (exclusive área de preservação permanente e as em sistemas agroflorestais); áreas cultivadas com espécies florestais também usadas para lavouras e pastejo de animais; áreas ocupadas por tanques, lagos, açudes e/ou área de águas públicas para exploração da aquicultura e área de construções, benfeitorias ou caminhos. Portanto, para não causar distorções nas estimações e permitir comparações entre os diferentes anos, considerou-se, para o ano de 2006, a área total menos a área dedicada aos usos acima mencionados. [↑](#footnote-ref-6)
7. O valor de produção, apresentado em moeda corrente para cada um dos anos, foi trazido para reais de 2000 de forma a permitir comparações entre os anos. Para tanto, foi utilizado o deflator implícito do PIB agrícola, calculado pelo IPEA. [↑](#footnote-ref-7)
8. HAIR, Jr; BLACK, W. C; BABIN, B. J; ANDERSON, R. E e TATHAM, R. L. *Multivariate Data Analysis*. 6ª edição. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2006. [↑](#footnote-ref-8)
9. Os dados foram elaborados pelo IPEA a partir da base da Climate Research Unit da University of East Anglia. Disponível em www.ipeadata.gov.br. [↑](#footnote-ref-9)
10. Celentano et al. (2012), Igliori (2006) [↑](#footnote-ref-10)