

FATORES DETERMINANTES DA SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA NA AMAZÔNIA PARAENSE SOB A ÓTICA DA ANÁLISE FATORIAL MULTIVARIADA

Profa. Dra. Gisalda Carvalho Filgueiras¹
Prof. Pós-Dr. André Cutrim Carvalho²
Prof. Esp. Auristela Correa Castro³

Resumo

Este trabalho visa identificar e analisar os fatores da sustentabilidade agrícola na Amazônia paraense a fim de contribuir para a definição de políticas orientadas para um melhor desempenho da atividade. Foram utilizados os dados do Censo Agropecuário 2006 para as 22 microrregiões. Para isso, empregou-se a técnica estatística de análise fatorial multivariada, combinada com a análise de aglomerados. Foram extraídos dois fatores representativos do conjunto de variáveis selecionadas para o estudo da análise fatorial e, pela análise de aglomerados três grupos. A principal conclusão da pesquisa é que o nível de aplicação de técnicas sustentáveis no setor agrícola ainda é baixo na região, embora já se denote em curso certas práticas de exploração agrícolas menos impactantes ao meio ambiente. Além disso, a microrregião Bragantina foi a única que registrou um alto Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA), com resultado igual a 0,843, o que confirma que os gestores dos órgãos de fomento ao setor têm um considerável desafio para fazer com que, cada vez mais, os produtores sejam orientados de que o aumento da produtividade depende da adoção e desenvolvimento de inovação tecnológica limpa, sendo algumas práticas simples e com custos moderados, viáveis à implantação de práticas sustentáveis.

Palavras-chave: sustentabilidade agrícola; Amazônia paraense; análise fatorial multivariada.

FACTORS OF AGRICULTURAL SUSTAINABILITY IN THE AMAZON PARAENSE FROM THE PERSPECTIVE OF FACTORIAL MULTIVARIATE ANALYSIS

Abstract

The objective of this study was to identify and analyze the factors of agricultural sustainability in Pará Amazon, in the state of Pará in order to contribute to the definition of policies for better performance of the activity. The data of the Agricultural Census 2006 to the 22 micro-regions were used. For this, we used multivariate statistical technique factorial analysis, combined with the cluster analysis. Two representative factors were extracted from the set of variables selected for the study of factor analysis and cluster analysis for the three groups. The main conclusion of the research is that the level of implementation of sustainable techniques in agriculture is still low in the region, though already underway denote certain farm operating practices less impact to the

¹ Professora Doutora, Faculdade de Economia do Instituto de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do Pará (FACECON/ICSA/UFPA), Belém/Brasil

² Professor Pós-Doutor, Faculdade de Economia do Instituto de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do Pará (FACECON/ICSA/UFPA), Belém/Brasil, e-mail: andrecc83@gmail.com

³ Professora Especialista, Instituto Esperança de Ensino Superior (IESPES), Santarém/Brasil, e-mail: auristelacastro@gmail.com

environment. In addition, the micro Bragantina was the one that recorded a high Environmental Sustainability Index (ISA in Brazil), with score of 0.843, confirming that the managers of the sector by funding agencies have a considerable challenge to make increasingly more producers are oriented to the understanding that productivity growth depends on the adoption and development of clean technology innovation, with a few simple practices and moderate cost, viable the implementation of sustainable practices.

Keywords: agricultural sustainability; Pará Amazon; multivariate factor analysis

Área 1: Desenvolvimento Rural Sustentável

1 Introdução

Na atualidade, o tema acerca da sustentabilidade está em evidência, principalmente quando se trata de atividade econômica diretamente relacionada com o uso e a exploração de recursos naturais. Isto tem forte relação com a forma histórica com que os indivíduos vêm se relacionando com a natureza. Os processos produtivos, de modo especial suas técnicas, transcendem, em muitos casos, a real capacidade de recuperação dos recursos explorados.

Entretanto, como observa Sachs (2008), é importante destacar que toda e qualquer atividade econômica envolve, ainda que indiretamente, o uso da natureza. Não obstante tal aspecto, o drama mais evidente é vivido nas chamadas atividades primárias (agricultura, pecuária, pesca), principalmente nas regiões onde os níveis de desenvolvimento são baixos, como é o caso, por exemplo, de grande parte da Amazônia brasileira, sustenta Oliveira (2008).

Porém, a sustentabilidade não deve ser reduzida tão somente a preservação de espécies. Esta forma de conceber a sustentabilidade está em desacordo com as demandas efetivas de sua concretização. A biodiversidade não deve ser tomada como sinônimo da sustentabilidade, uma vez que é tão somente um instrumento, um meio para atingi-la, embora não haja dúvida de sua importância fundamental tanto para o funcionamento do ecossistema quanto para seu valor econômico potencial, assevera Macgrath (1997).

Esta visão de sustentabilidade tem uma preocupação transcendente à ecologia. Segundo Brüseke (1996, p. 9), esse tipo de olhar “precisa ser agregada às dimensões econômica e a sociopolítica a fim de que a discussão tome a forma holística, por meio da qual se possa entender “o processo de destruição da sociedade moderna [...] de uma forma totalizante”.

A sociedade moderna tem incentivado e investido pesadamente em processos inovativos, onde a eficiência econômica, medida principalmente em termos de produtividade, é o norte das tomadas de decisões. Novos processos e novos métodos de gestão e de produção são desenvolvidos e adotados rotineiramente e os países e regiões que estão na fronteira tecnológica, ou muito próximos a ela, detêm grande vantagem em relação aos demais.

Neste modelo global de desenvolvimento, as desigualdades são as características mais marcantes, pois muito do que é produzido, principalmente conhecimento, é pouco difundido. Desse modo, o acesso é restrito e os custos para acessá-los nem sempre são possíveis de serem arcados. A riqueza é produzida, em geral por todos, mas é dividida de forma desigual.

O lucro não deve ser o único objetivo da produção, mas deve ser agregado aos objetivos ambientais e sociais para que o desenvolvimento aconteça em bases sustentáveis. Brüseke (1994, p. 11) sugere que “o desenvolvimento sustentável quer um desenvolvimento com eficiência econômica, prudência ecológica e justiça social”. Como equacionar tal problema, principalmente para países e regiões onde a produção acontece em bases quase rudimentares, com baixa intensidade tecnológica?

É evidente que, nos países em desenvolvimento, o desafio da sustentabilidade é ainda maior. Os atropelos estruturais são de grande dimensão e geram efeitos capazes de minar quaisquer tentativas de “avanço racional”. As potencialidades locais, representadas por seus nichos ecológicos, em nome de um desenvolvimento rápido, são dizimadas e têm pouco retorno em termos de benefícios sociais.

Conforme destaca Brüseke (1993), o modelo de desenvolvimento tardio, portanto, aquele aplicado às sociedades atrasadas economicamente, é abraçado politicamente sem a percepção de destruição dos aspectos que geram um desenvolvimento equilibrado socialmente em sua totalidade. Desta forma, de acordo com Brüseke (1993, p. 11), “a modernização não acompanhada da intervenção do estado racional e das correções partindo da sociedade civil desestrutura a composição social, a economia territorial, e seu contexto ecológico”.

Este aspecto da discussão evidencia a necessidade de uma evolução das instituições no sentido de promoverem a valorização das aptidões locais para que o desenvolvimento de base sustentável possa efetivamente acontecer. As dimensões sociais, econômicas e ambientais precisam ser congregadas na mesma dimensão temporal, pois é desta forma que a sustentabilidade alcança a transversalidade.

A transversalidade é entendida na concepção de Brüseke (1993; 1996) como perspectiva multidimensional e a ciência é a ferramenta fundamental de sua solidificação, sendo que a boa vontade e a disponibilidade de recursos financeiros para se implementar processos sustentáveis não são suficientes para que se mantenham ao longo do tempo. É preciso haver intencionalidade para se superar as defasagens institucionais que bloqueiam a efetivação do desenvolvimento sustentável. Ainda assim, mesmo que as diversas sociedades do globo atinjam o desenvolvimento de base sustentável na proposição multidimensional, as desigualdades não serão eliminadas, porém as oportunidades de se alcançar um novo estágio valorizando suas potencialidades locais serão provavelmente melhor aproveitadas.

Deste modo, o desenvolvimento sustentável propõe uma ruptura com o modelo de desenvolvimento atrelado somente às inovações eficientes economicamente. Brüseke (1996, p. 4), por exemplo, sugere nova postura e nova forma de produzir e gerir os recursos (naturais, sociais e econômicos) a fim de promover eficiência também na distribuição da riqueza. Buscam-se visões alternativas no âmbito da economia, pois “a teoria econômica que acompanhou o surgimento da sociedade industrial, era incapaz de identificar a natureza como fonte de valor e como algo esgotável”.

O objeto de estudo desta pesquisa é a Amazônia paraense, ou seja, o correspondente territorial da unidade federada do Pará da República do Brasil. O Estado do Pará possui uma área de 1.247.565 km², isto é, um equivalente a 14,6% do território brasileiro; e uma população de 7.065.573 habitantes. Portanto, no caso específico da Amazônia paraense, o desenvolvimento assentado em bases sustentáveis é possível, desde que alguns requisitos sejam levados em consideração.

Autores como Azzoni et al. (2009) destacam a vasta disponibilidade de recursos naturais e seu uso sustentável deve passar, primeiramente, por um processo de valoração econômica. A sustentabilidade, então, é entendida sob dois aspectos: o da preservação e da conservação. Assim, para Azzoni et al (2009, p. 29):

Em termos de conservação, existe “um grande espectro de opções [...], principalmente quando se leva em consideração os demais objetivos de desenvolvimento de uma região (geração de emprego, redução da pobreza absoluta, etc.) e os respectivos trade-off, os quais se definem, economicamente, a partir de seus custos e benefícios sociais relativos.

Portanto, para o referido autor, Azzoni et al. (2009, p. 30), “o desenvolvimento sustentável, do ponto de vista ambiental, envolve a maximização dos benefícios líquidos do desenvolvimento econômico, sujeito à manutenção dos serviços e da qualidade dos

recursos naturais ao longo do tempo”. De tal modo, é possível atingir o crescimento por meio do aumento da produção em bases sustentáveis, ainda que o processo seja assentado em tecnologias simples, como, por exemplo, o plantio direto e a rotação de culturas, pois assim os recursos (renováveis) serão utilizados a taxas suportáveis permissivos de regeneração.

A agricultura paraense, apesar de ter passado por grandes transformações nas últimas décadas, principalmente com o avanço da monocultura de algumas commodities, tem sofrido com a estagnação de setores tradicionais, os quais esbarram nos limites da produtividade e da baixa capacidade de aliar crescimento econômico com conservação ambiental. Desse modo, o presente artigo tem a intenção de mostrar e analisar importantes fatores que podem contribuir para uma melhor reflexão sobre a própria dinâmica e a sustentabilidade da atividade agrícola da Amazônia paraense.

O presente artigo foi estruturado da seguinte forma, além desta introdução, a saber: na segunda seção são apresentados os aspectos metodológicos desenvolvidos para essa pesquisa, principalmente, com a utilização de técnicas de análise fatorial; na terceira seção é realizada uma análise dos resultados; e, por fim, as considerações finais.

2. Metodologia: Material e Método

A área de estudo inclui as 22 microrregiões do estado do Pará e os dados trabalhados são do Censo Agropecuário 2006, a partir da base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, ano de 2009. A opção em utilizar os dados agregados por microrregiões se deve ao fato de alguns municípios não apresentarem informações para algumas das variáveis selecionadas.

Em função de sua praticidade, optou-se pela técnica de análise fatorial para a identificação dos fatores da sustentabilidade da agricultura na Amazônia paraense, a qual permite a transformação de um número maior de variáveis originais em um número reduzido de fatores latentes, de tal modo que possa explicar, de maneira simples, o conjunto de variáveis originais, conservando suas informações, como testado por autores como: Hair et al. (2008) e Santana (2005).

O presente trabalho analisa sete variáveis que foram submetidas aos testes de validação à aplicação da análise fatorial. Para isso, foram aplicados os métodos de Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy (KMO) e o de Bartlett Test of Sphericity (BTS), com o intuito de testar a hipótese de que a matriz de correlação é uma matriz

identidade, logo quanto mais próximo da unidade estiver o KMO, mais adequada será a utilização da análise fatorial.

O modelo de análise fatorial de Análise dos Componentes Principais apresenta-se da seguinte forma:

$$CP1 = \gamma_{11} X1 + \gamma_{12} X2 + \dots + \gamma_{1P} Xp$$

$$CP2 = \gamma_{21} X1 + \gamma_{22} X2 + \dots + \gamma_{2P} Xp$$

$$CPq = \gamma_{q1} X1 + \gamma_{q2} X2 + \dots + \gamma_{qP} Xp$$

De acordo com Fávero et al. (2009), a partir da padronização de X – média igual a zero e desvio padrão igual a um – o modelo fatorial passa a ser escrito, genericamente, da seguinte forma:

$$X_i = A_{i1}F_1 + A_{i2}F_2 + \dots + A_{ik}F_k + E_i \quad (1)$$

Em que:

X_i = são as i -ésimas variáveis ($i = 1, 2, \dots, p$);

F_1, F_2, \dots, F_k = são fatores extraídos;

A_i = são as cargas fatoriais (sendo $i=1, \dots, k$);

E_i = são os i -ésimos fatores únicos.

Após a obtenção dos fatores, quando as variáveis são agrupadas em fatores a partir da magnitude de suas cargas fatoriais, o fator pode ser definido da seguinte forma:

$$F_j = \lambda_{j1}X_1 + \lambda_{j2}X_2 + \lambda_{j3}X_3 + \dots + \lambda_{jn}X_n \quad (2)$$

Onde:

F_j : i -ésimo fator;

λ_{ji} : são os coeficientes dos escores fatoriais;

n : é o número de variáveis.

Assim como em outros procedimentos estatísticos, o modelo de análise fatorial apresenta dois testes de validação, basicamente. Autores como Santana et al. (2008) e Fávero et al. (2009) destacam que o mais usual à ser encontrado é a estatística de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), a qual compara as correlações simples com as parciais. Tal teste é apresentado matematicamente como a seguir:

Em que:

$$KMO = \frac{\sum_i \sum_j r_{ij}^2}{\sum_i \sum_j r_{ij}^2 + \sum_i \sum_j a_{ij}^2} \quad (3)$$

r_{ij} é o coeficiente de correlação da amostra entre as variáveis;

a_{ij} é o coeficiente de correlação parcial entre as mesmas variáveis; e

Por fim, se a matriz de correlação apresentar um $KMO < 0,5$ não se aceita a análise fatorial. A matriz de correlação, portanto, é o ponto de partida da análise fatorial. A partir dela pode-se determinar se tal técnica é adequada ou não para o estudo que se pretende desenvolver. Além do teste KMO, tem-se a análise da matriz por meio de seu determinante, o qual é realizado por meio do teste de esfericidade de Bartlett, como destacado por Santana et al. (2008). Para que se dê prosseguimento à técnica da AF o determinante da matriz de correlação precisa ser diferente de zero.

No caso do teste de Bartlett, segundo Fávero et al. (2009, p. 241), o objetivo fundamental é “avaliar a hipótese de que a matriz das correlações pode ser a matriz identidade com determinante igual a um, pois caso assim seja, as inter-relações entre as variáveis são iguais a zero, devendo-se, neste caso, se reconsiderar a utilização da AF”. Tal teste é expresso da seguinte forma:

$$\text{Em que: } \chi^2 = -[n-1 - \frac{1}{6}(2p+5)]. \ln |R| \quad (4)$$

$|R|$: é o determinante da matriz de correlação;

n : é o número de observações;

p : é o número de variáveis.

Os fatores produzidos a partir da AF podem em um primeiro instante não serem facilmente interpretados e, por isso, necessitam ser rotacionados, ou seja, reagrupados. Existem basicamente dois tipos de rotação de dados. Nesta pesquisa, se utilizará a rotação pelo método *varimax*, pois de acordo com Reis (2001) citado por Fávero (2009, p. 245) “é um método ortogonal e pretende que, para cada componente principal, existam apenas alguns pesos significantes e todos os outros sejam próximos de zero, isto é, o objetivo é maximizar a variação entre os pesos de cada componente principal”.

Desta forma, chega-se a última etapa da técnica de análise fatorial, onde define-se os fatores e procede-se com a interpretação e a respectiva nomeação dos mesmos a partir de suas cargas fatoriais, cujas dependem do tamanho da amostra utilizada e não devem ser inferiores a 0,30. Visando detectar quais as microrregiões com maior ou menor indicador de sustentabilidade agrícola na Amazônia paraense, foi calculado o Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA), com base na metodologia descrita por Santana (2005) e Gama (2006). Estimou-se a matriz de escores fatoriais após a rotação ortogonal da estrutura fatorial inicial que, por definição, situa cada observação no espaço dos fatores comuns. A expressão matemática do ISA é dada por:

$$ISA = \sum_{j=1}^q \left(\frac{\lambda_j}{\sum_j \lambda_j} FP_{ij} \right) \quad (5)$$

Sendo que λ é a variância explicada por cada fator e $\Sigma\lambda$ é a soma total da variância explicada pelo conjunto de fatores comuns. O escore fatorial foi padronizado (FP) para obtenção de valores positivos dos escores originais e permitir a hierarquização das microrregiões, uma vez que os valores do ISA variam entre zero e um. A fórmula matemática utilizada foi a seguinte:

$$FP_i = \left(\frac{F_i - F_{\min}}{F_{\max} - F_{\min}} \right)$$

(6)

Em que F_{\min} e F_{\max} são os valores máximo e mínimo observados para os escores fatoriais associados às microrregiões da Amazônia paraense. Conforme proposto por autores como: Santana (2005) e Gama (2006), e para facilitar a interpretação dos resultados, estabeleceu-se os seguintes intervalos de valores do ISA, agrupando as microrregiões conforme o grau de sustentabilidade: i) valores do índice situados abaixo de 0,4 são considerados baixo; ii) valores entre 0,4 a 0,69 representam nível de sustentabilidade intermediário; iii) valores superiores a 0,70 são considerados altos em sustentabilidade.

Para um quadro analítico da Amazônia paraense, sob o ponto de vista de sua sustentabilidade, foram definidas sete variáveis, buscando-se a adequação do modelo à realidade do estado, a saber:

1ª) Energia obtida: refere-se à energia no estabelecimento rural, proveniente de uma rede geral ou obtida de outra forma, como: gerador, conversor de energia, etc.

2ª) Assistência técnica: consiste, no âmbito da política agrícola, em disseminar conhecimentos e formar produtores rurais, famílias rurais e organizações, nos aspectos tecnológicos e gerenciais do sistema produtivo agrícola, visando à geração de emprego, renda e desenvolvimento rural sustentável;

3ª) Rotação de culturas: é uma prática agrícola que consiste alternar, anualmente, espécies vegetais numa mesma área agrícola;

4ª) Adubo orgânico: proveniente de restos de plantas e/ou animais (esterco e urina de animais), outros compostos orgânicos que são facilmente dissolvidos e desintegrados pelo solo, tais como: adubação verde, vinhaça, húmus de minhoca, biofertilizantes e inoculantes (fixador de nitrogênio).

5ª) Agricultura orgânica: é um sistema de produção que evita ou exclui amplamente o uso de todo e qualquer produto químico na exploração agrícola.

6ª) Plantio Direto: é um sistema diferenciado de manejo do solo, visando diminuir o impacto da agricultura e das máquinas agrícolas sobre o mesmo.

7ª) Plantio em nível: é uma prática agrícola, cujas linhas de plantio são feitas seguindo as curvas de nível, isto é, locais com a mesma altitude.

Com a finalidade de classificar as diversas microrregiões paraenses em termos de práticas sustentáveis reveladas pela análise fatorial, utilizou-se, ainda, a técnica de análise de agrupamentos, a qual, segundo Hair et al. (2008), é um grupo de técnicas multivariadas cuja finalidade primária é agregar objetos com base nas características que eles possuem. Tal como a análise fatorial é uma técnica multivariada de dados. Sua diferença está na forma de agregação dos dados, pois busca agregar objetos (municípios, regiões, empresas, etc) com base na similaridade deles.

Em geral, existem três tipos de medidas de similaridade: medidas de distância, medidas correlacionais, e medidas de associação. Por conta disso, Fávero et al. (2009, p. 201) ressaltam que “as medidas mais comuns de similaridade são as de distância, em especial, a distância euclidiana simples e a quadrática”. Assim, segundo Santana et al. (2008), de forma genérica tem-se que a medida de distância euclidiana entre a observação i e a observação j (D_{ij}) é dada por:

$$D_{ij}^2 = \left| \sum_{k=1}^n (x_{ki} - x_{kj})^2 \right| \quad (7)$$

Onde x_{ki} é o valor da variável x_k para a observação i e x_{kj} é o valor da variável para a observação j . Porém, Hair et al. (2008) lembram que a distância euclidiana simples trabalha com dados não-padronizados, o que pode gerar inconsistências entre soluções de agrupamentos quando a escala das variáveis é mudada. Para solucionar esse problema é comum à padronização das variáveis, procedimento que consiste na conversão de cada variável em escores padrão pela subtração da média e divisão pelo desvio-padrão para cada variável.

O passo seguinte na análise de agrupamento, após a definição da medida que será utilizada para mensurar a similaridade, é a seleção do método utilizado para agrupar as variáveis. Nesta etapa a escolha pode seguir dois caminhos, os métodos hierárquicos e os não-hierárquicos.

Os métodos hierárquicos podem ser de dois tipos: aglomerativos ou divisivos. Nos aglomerativos cada objeto começa como seu próprio agrupamento, em passos seguintes os dois agrupamentos mais próximos são combinados em um novo agregado, reduzindo assim o número de agrupamentos em uma unidade em cada passo. Quando o processo de agrupamento prossegue na direção oposta dos métodos aglomerativos, ele se autodenomina como sendo o método divisivo, tal como destacado por Hair et al. (2008).

Entre os métodos hierárquicos aglomerativos os mais populares são: ligação individual, ligação completa, ligação média, método de ward e método de centróide. Esses métodos diferem na forma como a distância entre os agrupamentos é computada. Os métodos não-hierárquicos dependem da especificação prévia pelo pesquisador do número de agregados. Neste trabalho será utilizado o método hierárquico aglomerativo de Ward, o qual tem como objetivo avaliar os grupos pelo seu grau de dispersão d . Na visão de Santana et al. (2008), a dispersão intragrupo é medida pela soma dos desvios quadráticos (SDQ) entre seus elementos de tal modo que:

$$SDQ = \sum_{i=1}^q [d(e_i, o)]^2 \quad (8)$$

Em que “o” é o centroide (média) do grupo.

3. Análise dos Resultados

A amostra utilizada apresentou-se adequada para a utilização da análise fatorial. O teste de Bartlett, com valor 83,5, confirmou a significância da matriz de correlação ao nível de 1% de probabilidade de erro. Isto permitiu aceitar-se a hipótese alternativa de que a matriz de correlação não é identidade. Esta adequação também fora confirmada pelo teste KMO, que apresentou valor igual 0,798, significando boa condição de adequação dos dados.

Desse modo, procedeu-se com a extração dos fatores e as respectivas estimações das cargas fatoriais.

A Tabela 1, a seguir, apresenta os resultados da solução inicial e rotacionada para os sete fatores possíveis e suas respectivas relevâncias explicativas.

Tabela 1: Variância total explicada dos fatores extraídos para as microrregiões paraenses

Componentes	Autovalores e variância iniciais			Variância após a rotação		
	Variância total	% da variância	Variância acumulada	Total	% da variância	Variância acumulada
1	3,966	56,651	56,651	3,371	48,156	48,156
2	1,426	20,367	77,017	2,020	28,862	77,017
3	0,575	8,213	85,230			
4	0,420	5,995	91,225			
5	0,299	4,272	95,497			
6	0,204	2,907	98,404			
7	0,112	1,596	100,000			

Fonte: Censo Agropecuário (IBGE) de 2006.

Aplicando-se o critério da raiz latente, foram confirmados dois componentes, os quais explicam 77,02% da variância total do conjunto dos dados, satisfazendo o critério da porcentagem da variância. A Tabela 2 apresenta as cargas fatoriais das variáveis que compõem cada um dos fatores, representadas nas três primeiras colunas, assim como o grau de correspondência entre cada variável e fator, ou seja, sua comunalidade mostrada na quarta coluna.

Em linhas gerais, todas as variáveis apresentaram boa significância no que tange a explicação de suas variâncias. A penúltima linha, correspondente à soma do quadrado dos autovalores, apresentou valores da ordem de 3,371 e 2,020, respectivamente, para os dois fatores extraídos. Conforme Santana et al. (2008, p. 131) estes dados indicam “a importância relativa de cada fator na explicação da variância associada ao conjunto de variáveis analisado”.

Tabela 2: Matriz de cargas fatoriais, após rotação ortogonal pelo método varimax.

	Fatores		Comunalidade
	F1	F2	
Plantio em nível	0,928	0,188	0,897
Adubo orgânico	0,920	0,087	0,853
Energia obtida	0,900	0,093	0,819
Agricultura orgânica	0,772	0,343	0,713
Plantio direto	0,055	0,850	0,725
Assistência técnica	0,132	0,842	0,726
Rotação de culturas	0,487	0,649	0,659
Soma do quadrado do autovalor	3,371	2,020	5,391
Porcentual do traço(%)	48,156	28,862	77,017

Fonte: Censo Agropecuário (IBGE) de 2006.

A extração de fatores, via de regra, ocorreu por ordem de importância em relação ao total da variância explicada. Após a realização do processo de rotação dos dados, o Fator 1 explicou 48,16%, enquanto o Fator 2, 28,86%. O valor equivalente a 5,391,

apresentado na penúltima linha da Tabela 2, representa a soma total do quadrado dos autovalores indicando a parcela total de variância extraída após o ajustamento dos dados.

Como cada variável tem um autovalor máximo igual à unidade, então é possível comparar a parcela da variância total a ser explicada obtida pela solução fatorial (5,391) com a variação total do conjunto das variáveis representada pelo traço da matriz fatorial. O traço é a variância total a ser explicada, a qual é obtida por meio da relação entre a soma do quadrado do autovalor com a soma dos autovalores de todos os fatores possíveis de serem gerados. Conforme os resultados pode-se afirmar que os dois fatores extraídos conseguem explicar 77,02% do total da variância. Este índice é considerado satisfatório, demonstrando um bom grau de correlação entre as variáveis.

Conforme Santana et al. (2008), toda vez que uma solução fatorial satisfatória é obtida, faz-se necessário atribuir um significado a ela. Uma vez extraídos os fatores, procede-se a nomenclatura, a fim de ajustar a técnica à discussão estabelecida, considerando-se a escolha dos objetivos e dos dados para alcançá-los. Levam-se em consideração os sinais, bem como o padrão das cargas fatoriais, de modo especial as com os mais altos valores.

As variáveis selecionadas para esta solução fatorial estão relacionadas com a sustentabilidade de conservação, descrita no início deste artigo. Trata-se de práticas e técnicas conservacionistas, as quais visam a utilização dos recursos no processo produtivo de uma forma mais racional, onde a produtividade cresça sem prejudicar as características naturais basilares dos recursos envolvidos. Deste modo, a nomenclatura dos fatores mostrou-se desafiadora.

O primeiro fator agrega as variáveis plantio em nível, adubo orgânico, energia obtida e agricultura orgânica, praticamente a totalidade com valores altos, refletindo coerência com a discussão da sustentabilidade. A prática do plantio em nível, além de melhorar a produtividade é indispensável para sua conservação, pois favorece o aumento da infiltração de água e reduz a erosão e a consequente perda do solo. Entretanto, o uso desta técnica não deve ser feito de forma isolada. Deste modo, a adubação orgânica, juntamente com a energia e a agricultura orgânica, fortalece o processo de conservação do solo. Assim sendo, o Fator 1 foi denominado “produção conservacionista”, pois uma vez combinadas adequadamente tais variáveis, se consegue aliar produtividade com conservação.

O Fator 2 foi composto pelas variáveis: plantio direto, assistência técnica e rotação de culturas. Estas variáveis estão também relacionadas com a conservação e o

melhoramento do solo, diferenciadas das demais pelo fato de apresentarem vantagem de produtividade e de custos. O plantio direto melhora a resistência da lavoura em relação às plantas daninhas, bem como torna o solo mais propício à produção.

Para Golla (2006), a rotação de culturas também contribui para uma redução de plantas daninhas, pragas e doenças, ao mesmo tempo em que contribui para a manutenção da estrutura do solo. Desse modo, aliadas a uma assistência técnica adequada, tais procedimentos podem impulsionar de uma forma diferenciada a produção. Assim sendo, o Fator 2 foi denominado “gestão conservacionista”.

Em termos de índice de sustentabilidade ambiental (ISA), obtido a partir dos escores fatoriais associados a estas dimensões, as microrregiões paraenses apresentaram-se, em maior parcela, baixa sustentabilidade. De acordo com a Tabela 3, subsequente, apenas duas microrregiões, Guamá e Santarém, apresentaram sinal positivo para os dois fatores. Isto significa conjugação das práticas conservacionistas, ou seja, tanto produção quanto gestão estão convergindo para uma produção dentro dos moldes da sustentabilidade.

Tabela 3: Valores dos escores fatoriais originais e padronizados e o Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA) da Agricultura da Amazônia paraense

Microrregiões	Escore fatorial original		Escore fatorial padronizado		ISA
	Fator 1	Fator 2	FP1	FP2	
Bragantina	2,982	-0,304	1,000	0,582	0,843
Cametá	1,824	-0,328	0,715	0,509	0,638
Guamá	1,266	1,506	0,578	0,473	0,539
Tomé-Açu	0,737	-0,355	0,448	0,440	0,455
Santarém	0,523	1,555	0,395	0,407	0,407
Castanhal	0,413	-0,276	0,368	0,419	0,387
Salgado	0,409	-0,417	0,367	0,419	0,386
Tucuruí	0,162	-0,012	0,306	0,403	0,342
Altamira	-0,062	1,323	0,251	0,389	0,303
Furo de Breves	-0,230	-1,257	0,210	0,378	0,273
Parauapebas	-0,403	-0,677	0,167	0,367	0,242
São Félix do Xingu	-0,443	-0,531	0,157	0,365	0,235
Redenção	-0,451	-0,424	0,155	0,364	0,234
Marabá	-0,484	-0,202	0,147	0,362	0,228
Óbidos	-0,508	-0,478	0,141	0,361	0,223
Itaituba	-0,658	0,308	0,104	0,351	0,197
Belém	-0,664	-0,928	0,103	0,351	0,196
Portel	-0,745	-0,961	0,083	0,346	0,181
Arari	-0,754	-0,637	0,081	0,345	0,180
Almeirim	-0,787	-0,753	0,073	0,343	0,174
Paragominas	-1,047	1,225	0,009	0,326	0,128
Conceição do Araguaia	-1,082	2,620	0,000	0,324	0,122
Valor máximo	2,982	2,620		Média	0,314
Valor mínimo	-1,082	-1,257		Mediana	0,239

Fonte: Censo Agropecuário (IBGE) de 2006.

Na microrregião Guamá, a rotação de culturas é mais incidente, bem como assistência técnica, fatores que permitem um melhor desempenho no aspecto da produção com conservação. As demais microrregiões, com exceção de Altamira, Iaituba, Paragominas e Conceição do Araguaia, apresentaram sinal negativo para o Fator 2. A ausência de assistência técnica é o principal motivo justificador para esta situação.

Quinze microrregiões, ou seja, 68,18% do total apresentaram sinal negativo para o primeiro fator. De certo modo, isto revela que as práticas utilizadas em maior intensidade divergem daquelas aqui postas como determinantes para a sustentabilidade da agricultura.

Nestas microrregiões predomina a produção mecanizada e em larga escala, com uso abundante de áreas territoriais. Um grupo de 10 microrregiões apresentou sinal negativo para os dois fatores, o que determina a condição de menos conservacionistas em suas práticas e gestões de produção. Em termos de ordenação do ISA, apenas uma microrregião atingiu alto grau de sustentabilidade ambiental, com $ISA > 0,7$ (a microrregião Bragantina obteve ISA igual a 0,843).

Além disso, quatro microrregiões apresentaram grau de sustentabilidade ambiental intermediário, com ISA entre 0,4 e 0,7 (microrregião Cametá, Guamá, Tomé-Açu e Santarém, com respectivamente, $ISA = 0,638, 0,539, 0,445$ e $0,407$). As demais microrregiões (17), que representam 77,3%, apresentaram baixo grau de sustentabilidade ambiental.

Analisado do ponto de vista dos valores médios e medianos do ISA, temos que oito microrregiões estariam acima da média e 11 acima do índice mediano. Para efeitos de análise, podemos inferir que tais resultados demonstram a necessidade de se incutir tais práticas conservacionistas a fim de que se obtenham melhores resultados tanto do ponto de vista ambiental, quanto econômico e social, pois uma vez aliadas tais variáveis, os resultados nestas três dimensões se potencializam. Da mesma forma, tais resultados servem como elementos de observação e orientação para os órgãos de fomento e de desenvolvimento de políticas agrícolas para que possam elaborar com mais eficácia suas ações e estratégias de promoção do desenvolvimento da atividade agrícola.

Adicionalmente, a análise do agrupamento das microrregiões paraenses com base na similaridade que elas possuem em relação a práticas de sustentabilidade ambiental, utilizando o método hierárquico de Ward como método de agrupamento e a distância euclidiana com variáveis padronizadas como medida de similaridade mostrou que essas microrregiões podem ser divididas em três grupos. De outro modo, para a

validação desse agrupamento, empregou-se o teste ANOVA, que por sua vez mostrou-se estatisticamente significativa a 5% de probabilidade de erro para todas as variáveis analisadas.

Os resultados indicam uma convergência entre a maioria das microrregiões com destaque para a Bragantina, conforme já destacou o ISA. De acordo com o dendrograma, que pode ser visualizado através da Figura 1, a agricultura da Amazônia paraense em termos da incidência de práticas sustentáveis na sua produção apresenta três grupos importantes, os quais coincidem com os diferentes níveis de adoção de práticas sustentáveis: baixa, média e alta, fato confirmado pela linha imaginária que corta (forma) os três grupos de microrregiões (entre as distâncias 5 e 10, respectivamente).

O 1º agrupamento é formado pelas microrregiões Almerim, Belém, Portel, Arari, São Félix do Xingu, Marabá, Parauapebas, Redenção, Furos de Breves, Óbidos, Itaituba, Salgado, Tomé Açu, Castanhal e Altamira. Depois, um 2º agrupamento (Tucuruí, Paragominas, Conceição do Araguaia, Bragantina, Cametá e Santarém) e por fim um agrupamento de uma única microrregião, que é Guamá.

Do resultado da pesquisa empírica, foi possível visualizar microrregiões com ISA mais elevados em microrregiões paraenses, aonde vem se desenvolvendo as práticas de exploração agrícola mais recomendada para diminuir o impacto negativo no ambiente, que procuram combinar exploração da agricultura com pecuária, ainda que esta última não seja muito desenvolvida em microrregiões com maiores níveis do ISA. Tanto assim que, em 2006, o Pará registrava 10.825.117 ha de pastagens, dos quais, 15,70% pertenciam a microrregião de São Félix do Xingu, com um ISA de 0,235, portanto, abaixo da média estadual (0,239), enquanto Bragantina, maior ISA (0,843), tinha menos de 1% em área de pastagem, ou seja, 94.815 ha de pasto.

CASO	0	5	10	15	20	25
Microrreg	Num					
Almerim	3	++				
Belém	7	++				
Portel	4	++				
Arari	6	+++				
São Félix do Xingu	18	++				
Marabá	20	++				
Parauapebas	19	++	-----+			
Redenção	21	++				
Furos de Breves	5	++				
Óbidos	1	+++				
Itaituba	14	++				-----+
Salgado	9	++				
Tomé-Açu	12	+++				
Castanhal	8	++	-----+			
Altamira	15	+++	-----+			
Tucuruí	16	+++				
Paragominas	17	-----+				
Conceição do Araguaia	22	-----+				
Bragantina	10	-----+				
Cametá	11	+++	-----+			
Santarém	2	-----+				
Guamá	13	-----+				

Figura 1: Dendrograma das microrregiões com práticas de exploração mais semelhantes entre si, formando agrupamentos de sustentabilidade: ano 2006

Fonte: elaboração própria a partir do software SPSS 17.

Ademais, faz-se necessário registrar que entre 2006 e 2009, áreas plantadas com lavouras com temporárias e permanentes sofreram decréscimos de 12,87% e 4,45%, respectivamente, ainda que o VBP, de ambas, cresceu, talvez devido ao aumento de preços dos produtos agrícolas. Nesse sentido, este estudo mostra-se consistente na orientação de práticas agrícolas sustentáveis que resultem em maior produtividade em menor área explorada.

4. Considerações Finais

A técnica de análise fatorial possibilitou o agrupamento das variáveis que influenciam nas práticas de exploração agrícola consideradas sustentáveis nas microrregiões paraenses. Dois grupos, apenas, explicaram 77,02% da variância total dos dados, que foram denominados como produção conservacionista e gestão conservacionista.

Ademais, os resultados do ISA confirmaram que as microrregiões do estado do Pará possuem um baixo desempenho em sustentabilidade ambiental, uma vez que das 22 microrregiões, 17 registraram um baixo índice, o que corresponde 77,27% do total, revelando deficiências na orientação, na execução e na gestão de políticas agrícolas para uma produção que resulte numa menor degradação ambiental.

Em estágio intermediário de práticas sustentáveis na agricultura, enquadraram-se quatro microrregiões: Cametá, Guamá, Tomé Açu e Santarém, com ISA entre $0,4 \geq 0,7$. Este resultado já permite uma indicação para que os formuladores de política agrícola ou de fomento ao desenvolvimento rural observem cada uma dessas microrregiões, em critérios que indiquem práticas de exploração agrícolas mais sustentáveis.

Somente a microrregião de Bragantina obteve um ISA de 0,84, portanto, considerado alto. Esta microrregião apresentou escores fatoriais positivos e relativamente altos nos dois principais fatores, indicando práticas sustentáveis, tais como: plantio em nível uso de adubo orgânico, plantio direto, rotação de cultura e outros, ou seja, práticas e gestão conservacionistas do uso do solo e, assim, se destacando frente às demais microrregiões.

Por fim, a análise de agrupamento corroborou nos resultados da análise fatorial, isto é, as explorações agrícolas nas microrregiões paraenses puderam ser enquadradas em três estratos do ISA: alto, intermediário e baixo, com a predominância para este último.

Referências

AZZONI, C. R.; HADDAD, E. A.; HADDAD, P. R. *Plano estadual de logística e transporte do estado do Pará: arranjos produtivos locais na economia paraense*. São Paulo: FIPE, 2009.

BRÜSEK, F. J. O problema do desenvolvimento sustentável. Belém: UFPA/NAEA, *Papers do NAEA*, nº 13, novembro, 1993.

BRÜSEK, F. J. Pressão modernizante, estado territorial e sustentabilidade. Paper apresentado no Workshop da Fundação Joaquim Nabuco sobre *Meio Ambiente, Desenvolvimento e Política de Governo* (Recife, 22.-25. de Abril 1996).

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L.; CHAN, B. L. *Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

GAMA, Z. J. C. *Análise da competitividade das empresas de móveis da região metropolitana de Belém: 2000 a 2004*. Dissertação de Mestrado em Economia pela Universidade da Amazônia (Unama), Belém: Unama, 2006.

GOLLA, A. M. *Práticas conservacionistas na agropecuária*. Governo de São Paulo, Apta Regional, 2006. Disponível em: http://www.aptaregional.sp.gov.br/artigo.php?id_art=235, Acesso em: 15.12.2014.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. *Análise multivariada de dados*. 6ª. Edição, Porto Alegre: Bookman, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Censo agropecuário 2006*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006>, Acesso em: 13.12.2014.

MAcGRATH, D. Biosfera ou biodiversidade: uma avaliação crítica do paradigma da biodiversidade. In: XIMENES, T. (Org.). *Perspectivas do desenvolvimento sustentável: uma contribuição para a Amazônia 21*. Belém: UFPA/NAEA/UNAMAZ, 1997. p. 33-69.

OLIVEIRA, J. C. *Análise do crescimento econômico e das desigualdades regionais no Brasil*. (s/d). Disponível em: <http://online.unisc.br/seer/index.php/cepe/article/%20view/1004/764>, Acesso em: 10.12.2014.

SACHS, J. D. *A riqueza de todos*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2008.

SANTANA, A. C. *Elementos de economia, agronegócio e desenvolvimento local*. Belém: GTZ; TUD; UFRA, 2005, p. 133-142.

SANTANA, A. C. et al. *Análise sistêmica da fruticultura paraense: organização, mercado, e competitividade empresarial*. Belém: Banco da Amazônia, 2008.

Statistical Package for the Social Sciences – SPSS. *Base 17.0 User's Guide*. Chicago: SPSS, 1999.