

ANÁLISE FATORIAL APLICADA EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS E SISTEMAS DE PRODUÇÃO TRADICIONAIS. TOMÉ-AÇU, PARÁ, 2001 a 2003¹

Luiz Benedito VARELA²
Antônio Cordeiro de SANTANA³
Jorge Alberto Gazel YARED⁴

RESUMO: O estudo utiliza a análise fatorial para verificar os fatores determinantes da produção nos sistemas agroflorestais (SAF) e nos sistemas tradicionais de produção agrícola (ST), sob condições de risco, em pequenas e médias unidades produtivas nipo-brasileiras localizadas no município de Tomé-Açu, Pará, no período 2001 a 2003. Os resultados da **análise de fator** mostraram que o fator **produção racional** exerceu influência positiva no valor bruto da produção (VBP) dos sistemas analisados, mas constituiu fonte de risco nesses sistemas. O fator **competitividade do produto** também contribuiu positivamente com a produção e não constituiu fator de risco dos SAF e ST. Tais resultados sugerem que o processo de expansão dos SAF e dos sistemas tradicionais deve ser precedido de um reexame pela pesquisa e pelo produtor sobre o planejamento e uso combinado dos fatores **produção racional e competitividade do produto**, de forma a ajustar a utilização desses recursos em combinação com os outros, a fim de melhorar a produção econômica e reduzir o risco dos sistemas analisados. Nas condições atuais, os produtores que não expandem a produção são *aversos* ao risco.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Análise de Fator, Sistemas de Produção, Sistemas Agroflorestais, Valor Bruto da Produção e Risco.

¹ Aprovado para publicação em 18.12.07

² Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor de Economia Monetária e pesquisador da UNAMA, Av. Alcindo Cabela, 287, bloco E, 4º andar, Núcleo de Pesquisa em Sócio-Economia. CEP: 66060-902, Belém, Pará. E-mail: varela@unama.br

³ Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor e pesquisador da UFRA. Av. Tancredo Neves, 2501, CEP: 66077-530, Belém, Pará. E-mail: santana@nautilus.com.br

⁴ Engenheiro Florestal, Dr., Pesquisador da EMBRAPA Amazônia Oriental. Av. Tancredo Neves, 2501, CEP: 66.077-530, Belém, Pará. E-mail: yared@cpatu.embrapa.br

FACTORIAL ANALYSIS APPLIED IN AGROFORESTRY SYSTEMS AND TRADITIONAL PRODUCTION SYSTEMS AT TOMÉ-AÇU, PARÁ, FROM 2001 TO 2003.

ABSTRACT: This study uses the factorial analysis to verify the production determinant factors in agroforestry systems (SAF) and traditional agricultural systems (ST) cultivated by small and medium nipo-brazilian producers at Tome-Açu, Pará, from 2001 to 2003. The factor analysis results at property level indicate that the **rational production** and the **product's competitiveness** factors affect directly the gross production value (VBP), but only the first one generates risk to the studied systems. The **product competitiveness** also contributed positively to the production and did not represent a risk factor for the SAF and ST. Such results suggest that the SAF and ST expansion process must be preceeded by a reevaluation by research as well as by the producer regarding the planning and combined use of **rational production** and **product competitiveness**, in a way to adjust these resources utilization in combination with others, in order to improve the economic production and reduce the risk of the analyzed systems. Under the current conditions, the producer who does not expand its production system should be considered risk averse.

INDEX TERMS: Factor Analysis, Production Systems, Agroforestry Systems, Gross Production Value and Risk

1 INTRODUÇÃO

Desde meados do século passado, a agricultura brasileira vem experimentando mudanças nos métodos de produção e na produtividade, especialmente com a revolução verde. No final da década de 70, os modelos de monocultura, predominantemente adotados no Centro-Sul, Sudeste e, em menor escala no Norte do país, apresentavam instabilidade na produção e preços, devido aos riscos relativos a mercado, problemas fitossanitários e quebra de safra.

Algumas culturas de exportação priorizadas pelo II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND) foram exemplos disso. Os produtores de pimenta-do-reino (*piper nigrum*), seringueira (*hevea brasiliensis*), café (*coffea arabica*) e cacau (*theobroma cacao*), sofreram com a queda dos

preços no mercado internacional, que se acentuou nos anos 80, contribuindo para desorganizar a produção e desestimular os agricultores. Além disso, a escassez e o encarecimento do crédito agrícola, por conta da elevação dos níveis de inflação, limitaram os investimentos às culturas de ciclo longo, prejudicando a expansão desses cultivos.

Os problemas relacionados aos cultivos de exportação levaram os agricultores a buscar alternativas como a pecuária e a agricultura de subsistência. Contudo, essas alternativas agravaram os problemas ambientais, posto que os modelos de pecuária extensiva (grandes projetos) e de agricultura de subsistência, esta de caráter migratório ou nômade, intensificaram os desmatamentos na região (MENDES, 1997).

Na tentativa de superar esses problemas, os produtores buscam o

estabelecimento de um modelo de produção sustentável do ponto de vista ambiental, econômico e social, e já se observa, em várias regiões, o início da gradativa substituição da prática do monocultivo tradicional por um modelo de produção que combina dois ou mais cultivos e criatórios ao mesmo tempo, de forma organizada. Esse processo de mudança de práticas agrícolas ocorreu em várias regiões do país a partir dos anos 70, notadamente na Bahia (Una), no Acre, Amazonas, Rondônia (Ouro Preto), no Pará (Monte Alegre, Acará e Tomé-Açu) e em outras localidades da Amazônia.

A introdução organizada desse novo sistema de produção com diferentes combinações de cultivos e criatórios, sempre com a presença de uma espécie florestal – conhecidos como sistemas agroflorestais (SAF) - vêm se consolidando de forma gradativa em Tomé-Açu e outras regiões, ao lado dos sistemas de produção chamados tradicionais, de forma sustentável (HOMMA, 1998; BAENA; FALESI, 1999).

Todavia, algumas questões econômicas preocupam os pesquisadores e produtores na decisão sobre a adoção dos SAF em relação aos sistemas tradicionais: a) os fatores determinantes da produção; b) as fontes de risco desses sistemas; a escala espacial e de tempo da produção; e, c) o monitoramento da sustentabilidade desse sistema, não só através de indicadores ambientais, econômicos e sociais. A viabilidade econômica dos SAF também depende, de certa forma, do papel

relevante que esse tipo de sistema desempenha no “seqüestro” de carbono (GALVÃO, 2000).

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O fundamento da economicidade constitui componente essencial no processo de escolha e decisão do agricultor sobre a adoção de sistemas de produção considerados preservacionistas, ou que envolvam o manejo e uso adequado da floresta e do solo, como é o caso dos SAF.

O problema é que muitas questões de fundo econômico dos SAF ainda continuam dependentes de informação, pesquisas e estudos para a consecução de respostas científicas consistentes, tanto na esfera da produção quanto ao risco do empreendimento (YAMADA, 1999).

No âmbito econômico da produção e do risco, alguns pontos relacionados ao desempenho dos SAF e ST necessitam de resposta. Dentre eles:

- a) Quais os fatores determinantes da produção nos sistemas agroflorestais (SAF) e sistemas tradicionais (ST)?
- b) Quais os fatores determinantes do risco nos SAF e nos sistemas tradicionais de produção (ST)? e,
- c) Os produtores rurais que adotam os SAF são *aversos* ou neutros em relação ao risco⁵?

⁵ Embora não seja objeto desta pesquisa, cujo período se restringe a um “corte” de três anos no tempo (2001 a 2003), há que se considerar no estudo econômico dos SAF o risco da recuperação do capital investido no longo prazo de (20 anos, em média), muito embora muitos produtores nipo-brasileiros, pela sua cultura e formação, apropriem os benefícios ambientais (solo, seqüestro de carbono e efeito estufa), além do efeito poupança representado pela manutenção das espécies florestais. Nos SAF, mesmo após o período próprio de corte, alguns produtores mantem “reservas florestais” a título de “poupança” para seus descendentes.

1.2 JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

Os trabalhos de pesquisa e as experiências dos produtores geraram um considerável volume de informações de cunho técnico (biológico e ambiental), evidenciando as vantagens incontestáveis dos SAF do ponto de vista ecológico e social. Todavia, no campo econômico, os trabalhos sobre a viabilidade econômica dos SAF são poucos e de caráter estimativo.

No entanto, a literatura brasileira sobre produção e risco na atividade agrícola não se desenvolveu de modo a contemplar a imensa heterogeneidade que existe na nossa ecologia. Preocupado com este problema, as instituições de pesquisa vem estimulando estudos que têm a finalidade de elucidar a influência da produção e dos riscos na alocação de recursos pelos agricultores (CRUZ, 1984).

Mais ainda, a análise dos fatores determinantes da produção e do risco em sistemas agroflorestais e sistemas tradicionais interessam não somente para a orientação do produtor rural de Tomé-Açu, mas servirá também, para orientar os planos de desenvolvimento locais e os ajustes de política agrícola das agências de fomento e crédito que operam junto às comunidades locais.

As recomendações dos agentes financeiros no sentido de reduzir o risco do produtor sugerem maior direcionamento do apoio financeiro a modelos agrícolas diversificados de pequeno e médio porte, que pratiquem manejo e adequado uso do solo com preservação ambiental.

Nesse contexto, o objetivo geral da pesquisa é analisar os fatores determinantes da produção dos sistemas agroflorestais e dos sistemas tradicionais praticados pelos produtores rurais do município de Tomé-Açu, estado do Pará, avaliando o risco desses sistemas, no período 2001 a 2003. O trabalho tem os seguintes objetivos específicos: a) identificar os fatores determinantes da produção nos sistemas agroflorestais e nos sistemas tradicionais de produção agrícola, estimando a função de produção desses dois sistemas; b) estimar a função risco em cada um desses sistemas, identificando os fatores responsáveis pela variabilidade do produto, a fim de subsidiar o processo de decisão do produtor.

2 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Esta seção trata inicialmente da área de estudo, apresenta o modelo de análise fatorial utilizado e trata da base de dados da pesquisa.

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área objeto deste estudo situa-se na microrregião de Tomé-Açu, Pará, mais precisamente no município de Tomé-Açu, cuja sede localiza-se às margens do rio Acará distante cerca de 93 km de sua foz no rio Guamá. Nessa região, localizada a 280 km de Belém por via rodoviária (PA-140) e 270 km pelos rios Acará e Guamá. Existem várias propriedades rurais que desenvolvem sistemas agrícolas tradicionais ao lado de sistemas agroflorestais cuja expansão vem predominando nos últimos anos.

O município foi colonizado em boa parte por imigrantes japoneses, experimentou as duas fases históricas de ocupação agrícola: a primeira, nas décadas de 40 a 70 com a predominância da monocultura da pimenta-do-reino e cacau; e, a fase atual, iniciada com a introdução dos sistemas agroflorestais.

2.2 MODELOS DE ANÁLISE

Análise fatorial é uma técnica de análise estatística multivariada utilizada com a finalidade de definir a estrutura subjacente em uma matriz de dados, através da análise das correlações entre um grande número de variáveis, identificando um conjunto de dimensões latentes comuns, que congregam nuvens de dados, chamados fatores (SANTANA, 2005).

Johnson e Wichern (1999) afirmam que *“o propósito da análise de fator é descrever as relações de covariância entre muitas variáveis em termos de poucas, mas não observáveis quantidades ou dimensões aleatórias latentes chamados fatores”*. Basicamente a análise de fator é motivada pela existência de variáveis que podem ser agrupadas por suas correlações, em que se observa maior correlação dentro de um grupo e menor correlação entre grupos de variáveis, tal qual as diferentes correlações entre cada subgrupo formam as diferentes nuvens de dados que delimitam os fatores.

No campo da estatística multivariada, a análise de fator pode ser considerada uma extensão da análise de componentes principais. Ambas baseiam-se na análise da matriz de covariância (Σ), mostrada adiante. Segundo Santana (2005), enquanto a

análise de componentes é usada para resumir a maior parte de informação original (variância) a um número de fatores para fins de previsão, a análise fatorial é usada principalmente para identificar fatores ou dimensões latentes que possam refletir o que as variáveis possuem em comum.

A análise fatorial tem duplo objetivo: a) identificar as dimensões isoladas da estrutura de dados, definindo o grau em que cada variável é explicada pela sua dimensão ou fator; e b) resumir ou reduzir os dados gerando os fatores, através dos quais pode ser interpretado o comportamento do conjunto das variáveis individuais originais. Para a redução dos dados os escores são multiplicados pelas variáveis originais para gerar os referidos fatores.

Algumas suposições são levadas em conta na análise fatorial. Estatisticamente os desvios da normalidade, da homocedasticidade e da linearidade são considerados apenas quando diminuem as correlações observadas entre as variáveis. Santana (2005) pondera que a normalidade é necessária apenas numa eventual aplicação de teste de significância dos fatores e que, de maneira geral, um pouco de multicolinearidade contribui para identificar conjuntos de variáveis inter-relacionadas.

O autor complementa que é importante assegurar também que a matriz de dados apresente correlações superiores a 0,30, suficientes para justificar a aplicação da análise fatorial. Ademais, quando os fatores são “verdadeiros” nos dados, a correlação parcial apresenta-se pequena ou não significativa, já que a variável pode ser explicada pelos fatores. Quando as correlações parciais são elevadas, a

análise fatorial torna-se inadequada porque inexistem fatores latentes “verdadeiros”.

Alguns critérios são utilizados para extração dos fatores, dentre os quais se destacam: raiz latente, *a priori* e porcentagem da variância. O primeiro, mais utilizado, parte do princípio de que qualquer fator individual deve explicar a variância de pelo menos uma variável que tenha autovalor maior do que 1 (hum) para que seja considerado significativo e o fator seja mantido para interpretação; o segundo critério é utilizado apenas quando o pesquisador conhece *a priori* quantos fatores deva extrair para realizar a análise; e, o terceiro critério, baseia-se no alcance de um percentual cumulativo mínimo (60% nas ciências sociais) da variância total extraída por fatores sucessivos.

Na análise fatorial, os fatores são extraídos na ordem de sua importância, conforme a ordem decrescente da explicação da variância total. Com o processo de rotação fatorial, os eixos de referência dos fatores giram em torno de sua origem alcançando outra posição em que a variância é redistribuída dos primeiros fatores para os últimos, a fim de atingir um padrão fatorial mais consistente e teoricamente mais significativo.

O modelo geral é constituído por um vetor aleatório de variáveis observáveis X com p observações, que possuem média μ e matriz de covariância Σ . Teoricamente, o modelo de fator postula que X é linearmente dependente de um conjunto de variáveis aleatórias F_1, F_2, \dots, F_m chamadas *fatores comuns*, e de fontes adicionais de variação $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p$, chamados *erros* ou *fatores específicos* (JOHNSON; WICHERN, 1999). Apresenta-se da seguinte forma:

$$\begin{aligned} X_1 - \mu_1 &= \varphi_{11}F_1 + \varphi_{12}F_2 + \dots + \varphi_{1m}F_m + \varepsilon_1 \\ X_2 - \mu_2 &= \varphi_{21}F_1 + \varphi_{22}F_2 + \dots + \varphi_{2m}F_m + \varepsilon_2 \\ &\vdots \\ &\vdots \\ X_p - \mu_p &= \varphi_{p1}F_1 + \varphi_{p2}F_2 + \dots + \varphi_{pm}F_m + \varepsilon_p \end{aligned} \quad (1)$$

Esse modelo apresenta-se geralmente com, a seguinte notação matricial:

$$X - \mu = L \times F + \varepsilon \quad (2)$$

(px1) (pxm) (mx1) (px1)

em que $i=1,2,\dots,p$ e $m=2,\dots,j$

O modelo da presente análise utiliza as seguintes variáveis: preço do produto (P), área cultivada (AA), quantidade produzida (QT), gestão (GE), mão-de-obra contratada (MO), fertilizantes e defensivos (IN), máquinas e equipamentos agrícolas (ME) e tecnologia (TC), com a seguinte forma:

$$\begin{aligned} P - \mu_1 &= \varphi_{11}F_1 + \varphi_{12}F_2 + \dots + \varphi_{1m}F_m + \varepsilon_1 \\ AA - \mu_2 &= \varphi_{21}F_1 + \varphi_{22}F_2 + \dots + \varphi_{2m}F_m + \varepsilon_2 \\ QT - \mu_3 &= \varphi_{31}F_1 + \varphi_{32}F_2 + \dots + \varphi_{3m}F_m + \varepsilon_3 \\ GE - \mu_4 &= \varphi_{41}F_1 + \varphi_{42}F_2 + \dots + \varphi_{4m}F_m + \varepsilon_4 \\ MO - \mu_5 &= \varphi_{51}F_1 + \varphi_{52}F_2 + \dots + \varphi_{5m}F_m + \varepsilon_5 \\ IN - \mu_6 &= \varphi_{61}F_1 + \varphi_{62}F_2 + \dots + \varphi_{6m}F_m + \varepsilon_6 \\ ME - \mu_7 &= \varphi_{71}F_1 + \varphi_{72}F_2 + \dots + \varphi_{7m}F_m + \varepsilon_7 \\ TC - \mu_8 &= \varphi_{81}F_1 + \varphi_{82}F_2 + \dots + \varphi_{8m}F_m + \varepsilon_8 \end{aligned} \quad (3)$$

Nos sistemas (1) e (3) o coeficiente φ_{im} é denominado *carga* da i -ésima variável sobre o m -ésimo fator de tal forma que L de (2) é a *matriz de cargas do fator*. O *fator específico* ε_i está associado somente com a i -ésima variável-resposta X_i . Neste caso os p desvios $X_1 - \mu_1, X_2 - \mu_2, \dots, X_p - \mu_p$ são expressos em termos de $p + m$ variáveis aleatórias F_1, F_2, \dots, F_m e $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p$ desvios.

Nesses sistemas, com muitas quantidades *não-observáveis*, uma verificação

direta do fator a partir das observações de X_1, X_2, \dots, X_p torna-se inviável. Entretanto, com algumas suposições adicionais sobre os vetores aleatórios F e ε , o modelo (2) implica algumas relações de covariância, com base nas quais passa a constituir o *modelo de fator ortogonal*.

O *modelo de fator ortogonal*, por seu turno, implica uma estrutura de covariância para X , em que $\text{Cov}(X) = LL' + \emptyset$ e $\text{Cov}(X, F) = L$, sendo \emptyset uma matriz diagonal - a fim de que se possa assegurar a linearidade do modelo. A porção da contribuição da variância da i -ésima variável para o fator comum m é chamada de *comunalidade* e a porção da $\text{Var}(X_i) = s_{ij}$ devida ao *fator específico* é denominada *variância específica*.

A fim de se obter resultados estimados adequados para L e \bullet , geralmente o modelo exige a necessidade de que a matriz de carga seja ortogonalmente rotacionada. Uma vez que as cargas e a variâncias específicas são obtidas, os fatores são identificados e os escores desses fatores são estimados. O efeito da rotação é a redistribuição da variância dos primeiros fatores para os últimos, fortalecendo a correlação entre as variáveis associadas a um mesmo fator e enfraquecendo-a com os demais fatores (SANTANA, 2005).

Os testes estatísticos da análise fatorial avaliam a adequação da amostra de dados e da validade da própria análise fatorial. Inicialmente o teste KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) indica a adequação dos dados à análise fatorial e varia entre zero e 1 (um). Em seguida, é feito o teste de significância da matriz de correlação simples de *Pearson* entre as variáveis, a fim de avaliar a porcentagem de significância das correlações entre as variáveis.

Por último, o teste de *Bartlett* é feito para verificar a adequação da análise, avaliando a hipótese de nulidade ou não de que a matriz de correlação é uma matriz-identidade, com significância ao nível de 1% da estatística do qui-quadrado (JOHNSON; WICHERN, 1999; SANTANA, 2006).

Após a identificação dos fatores e a realização dos testes estatísticos, a análise de fatores prossegue, agora numa segunda etapa, fazendo-se a regressão do valor bruto da produção (VBP) como variável dependente contra os escores dos fatores F_1, F_2, \dots, F_m , estes como “variáveis” independentes do modelo de função de produção, a fim de que se possa verificar quais fatores (e como) afetam o deslocamento do valor bruto da produção (VBP) dos SAF. Nesta segunda etapa, a forma funcional é representada por:

$$VBP_t = \alpha + \beta_1 F_1 + \beta_2 F_2 + \dots + \beta_k F_k + \varepsilon_t \quad (4)$$

onde:

VBP = valor bruto da produção, expresso em reais de dezembro de 2003, no tempo t ; α e β_i são parâmetros da regressão, sendo $i = 1, 2, \dots, k$ F_i são os escores dos fatores; ε_t = termo de erro aleatório

Na terceira etapa da análise de fator, o termo de erro aleatório ε , obtido com base na regressão estimada de (4) é estabelecido como variável dependente (sob a forma de módulo $|\varepsilon_t|$), e os escores dos fatores constituem as “variáveis” independentes do modelo de determinação de risco (variabilidade do produto), que apresenta a seguinte formulação:

$$|\varepsilon_t| = \beta_0 + \theta_1 F_1 + \theta_2 F_2 + \dots + \theta_k F_k + v_t \quad (5)$$

em que:

$|\varepsilon_t|$ = valor absoluto (ou módulo) do erro

estimado da regressão (4), expressando o risco ou a variabilidade do produto, no tempo t ; β_0 e θ_i são parâmetros da regressão, sendo $i = 1, 2, \dots, k$

F_i = são os escores dos fatores;

γ_t = é o termo de erro estocástico.

As funções (4) e (5) são estimadas pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO).

2.3 BASE DE DADOS

Os dados utilizados na análise do modelo são oriundos de duas fontes: a primeira, através de pesquisa de campo, com informações sobre valor bruto da produção (VBP), quantidade produzida (QT), área cultivada (AA), preço dos produtos (P), valor dos insumos (IN), valor das máquinas e equipamentos (ME), quantidade da mão-de-obra (MO) utilizada na produção, e sobre a tecnologia de cultivo (TC), além de informações sobre a comercialização dos produtos para venda e subsistência, levantados junto a CAMTA; e, a segunda, relativamente às informações do sistema institucional resulta de levantamentos junto a EMBRAPA, UFRA, Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Pará (EMATER-PA) e outros órgãos.

A pesquisa de campo utilizou formulário ajustado, aplicado sobre uma amostra de 36 unidades rurais conduzida intencionalmente, sendo 18 unidades produtivas do tipo SAF e 18 do tipo tradicional

(ST), esta última caracterizada pela exploração de cultivos solteiros. A maioria das unidades produtivas pesquisadas possui estruturas de produção de pequena e média propriedade, sendo o tamanho definido segundo a área e o valor bruto da produção anual.

As informações coletadas em nível de campo abrangeram os períodos agrícolas de 2001, 2002 e 2003 num total de 108 observações (= 36 unidades x 3 anos), incluindo SAF e ST. O modelo de análise aplicado combina dados de série de tempo (anos 2001, 2002 e 2003) com informações dos sistemas agroflorestais e tradicionais (*cross section*) levantados em cada um desses períodos. As variáveis especificadas com valor monetário (VBP, IN e ME) foram atualizadas a preços de dezembro de 2003, pelo Índice Geral de Preços, disponibilidade Interna (IGP-DI), da Fundação Getúlio Vargas (FGV). As variáveis quantificadas fisicamente (QT, AA, MO) permaneceram com suas respectivas unidades originais, com exceção da tecnologia (TC) que foi medida através de um índice construído a partir do referencial da produtividade média⁶ de cada sistema de produção tradicional praticado na região (cultivo solteiro).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise fatorial permitiu identificar o número de fatores representativos das variáveis-resposta que influenciam as decisões do produtor sobre as atividades dos SAF e dos sistemas tradicionais de produção

⁶ O índice de produtividade foi construído supondo a produtividade média de qualquer cultivo solteiro igual a um (1). A partir daí, a maior ou menor densidade de plantas de cada cultivar por hectare em SAF, - dependendo do espaçamento, de sua idade e do seu estágio vegetativo (plântio, tratos cultural ou colheita) - determina uma produtividade quase sempre menor do que um (1), por hectare, porque no SAF, a densidade de plantas de cada cultivar é menor do que nos ST, embora a densidade de todos os cultivares nos SAF seja maior do que nos ST.

em nível de unidade produtiva (UPSAF e UPST). Em seguida, verificou-se de que forma esses fatores determinam a produção (VBP) e o risco IeI nesses dois sistemas cultivados em propriedade.

3.1 ANÁLISE DE FATOR EM UNIDADE PRODUTIVA (UPSAF E UPST)

A análise fatorial contemplando as unidades produtivas de SAF e ST apresentou as informações contidas na Tabela 1.

Os resultados da Tabela 1 indicam a existência de autovalores de sete fatores possíveis. Com base no critério da raiz latente os dois primeiros componentes explicam a maior parte da variância total da nuvem de dados, respondendo por 77,1% do total da variância explicada pelos fatores componentes das decisões das unidades produtivas de SAF e ST. Esse resultado é satisfatório pelo critério da porcentagem da variância.

A Tabela 2 mostra a existência de dois fatores (F_1 e F_2) na análise das unidades produtivas com SAF e ST, evidenciando suas respectivas cargas fatoriais.

Os fatores F_1 e F_2 da Tabela 2 agrupam as variáveis-resposta de maior atratividade no conjunto das decisões tomadas ao nível das unidades produtivas de SAF e ST. A última coluna mostra a comunalidade, ou seja, o grau em que cada variável é explicada pelos dois fatores componentes.

Na penúltima linha da Tabela 2, a soma das colunas de cargas fatoriais ao quadrado ($\sum \lambda^2$) mostra a importância relativa de cada fator na explicação da variância associada

ao conjunto de variáveis, totalizando uma variância explicada de 5,396 pela solução fatorial. Tais valores podem ser comparados com a porcentagem (%) do traço apresentado na última linha, que representa a variância total a ser explicada, correspondente a soma dos autovalores do conjunto de variáveis.

O fator 1 apresenta a maior soma ao quadrado de autovalores (3,847) com um percentual de traço de 54,95% e reúne as variáveis que representam os insumos e recursos diretamente ligados à produção tais como insumos, terra, máquinas e equipamentos, mão-de-obra, além da quantidade produzida. Este fator representa a maioria dos elementos que influenciam a produção no seu estágio racional e pode ser denominado fator de **produção racional** (F_1).

O fator 2, com menor carga de autovalor, representa o estado da tecnologia (ou produtividade) observada nos sistemas de produção das unidades produtivas, bem como o preço do produto. Tais variáveis refletem a situação da competitividade da produção no mercado e passa a ser denominado **competitividade do produto** (F_2).

Os dois fatores escolhidos (F_1 e F_2) respondem por 77,1% do total da variância explicada pelos fatores que compõe o universo das decisões dos sistemas agroflorestais e dos sistemas tradicionais, em nível de unidade produtiva.

O desempenho de cada um dos fatores pode também ser medido pelo coeficiente das suas variáveis componentes representado pelo escore. A soma resultante do produto dos escores pela escala média de cada

variável componente do fator mostra o grau de importância de um fator em relação ao outro. No caso em análise, a soma dos escores indica a predominância do fator **produção racional** em relação à **competitividade do produto**.

Os resultados das análises mostram, também, que as comunicações dos elementos que constituem os fatores contribuem com mais de 70,7% da variância comum validando a representatividade dos referidos fatores. A variável gestão (GE), que representa a mão-de-obra familiar, foi excluída desta análise, dada sua contribuição abaixo dos 50%.

O teste KMO (*Kaiser-Meyer-Olkin*), no valor igual a 0,693 indica a adequação da amostra de dados à análise proposta. Ademais, a matriz de correlação simples entre as variáveis mostra que 15 das 21 correlações (74%) são significantes ao nível de 5%.

A adequação da análise feita pelo teste de *Bartlett*, de esfericidade, avaliou a significância geral da matriz de correlação, mostrando que as correlações, em geral, são significantes com aproximação do qui-quadrado = 400,367, ao nível de 1%.

Tabela 1 – Resultados dos autovalores para a extração de fatores em UPSAF e UPST. Tomé-Açu, Pará – 2001-2003

Componente ou Fator	Autovalores iniciais			Autovalores rotacionados		
	Variância Total	% da Var. Total	% da Var. Acumulada	Variância Total	% da Var. Total	% da Var. Acumulada
1	3,847	54,957	54,957	3,841	54,876	54,876
2	1,549	22,135	77,092	1,555	22,216	77,092
3	0,701	10,019	87,111			
4	0,431	6,161	93,272			
5	0,248	3,538	96,810			
6	0,191	2,733	99,543			
7	0,032	0,457	100,000			

Fonte: Elaborado pelo autor, (2005).

Tabela 2 - Matriz Fatorial Rotacionada, Comunalidades e Escores em UPSAF e UPST. Tomé-Açu, Pará – 2001-2003

Variáveis	Fatores		Comunalidades	
	1	2	Inicial	Extração
AA	0,932	-0,161	1,000	0,895
IN	0,897	0,142	1,000	0,825
ME	0,852	-0,118	1,000	0,740
MO	0,847	-0,050	1,000	0,720
QT	0,811	0,345	1,000	0,777
P	-0,179	-0,837	1,000	0,733
TC	-0,184	0,820	1,000	0,707
$\Sigma(\lambda^2)$	3,847	1,549	-	5,396
% do traço	54,957	22,135	-	77,092

Fonte: Elaborado pelo autor (2005).

3.2 FATORES DETERMINANTES DO VBP EM PROPRIEDADE (UPSAF E UPST)

A regressão estimada do VBP como variável dependente dos fatores de **produção racional** (F_1) e **competitividade do produto** (F_2), realizada em nível de unidade produtiva, apresenta os resultados da Tabela 3.

Os valores do teste *t* (*student*) da Tabela 3 evidenciam que o intercepto e o coeficiente dos fatores 1 e 2 são estatisticamente significantes ao nível de 1% de probabilidade de erro, atestando que a **produção racional** e a **competitividade do produto** influenciam diretamente o valor bruto da produção dos sistemas estudados.

O coeficiente de determinação R^2 , da ordem de 0,8365, indica que 83,6% das variações no VBP dos SAF e dos sistemas tradicionais de produção são explicadas pela variações simultâneas nos fatores **produção racional** e **competitividade do produto**.

Do ponto de vista econômico, os sinais dos coeficientes da regressão estão coerentes com a base teórica da produção.

O valor do intercepto da função indica que mesmo na ausência dos fatores **produção racional** e **competitividade do produto** o valor bruto da produção dos SAF e dos sistemas tradicionais apresenta-se positivo. Os coeficientes dos fatores 1 e 2 mostram que a variação de uma unidade nesses fatores resulta numa variação respectiva de 85.293 e 12.875 unidades equivalentes no VBP dos referidos sistemas, no mesmo sentido. Tais efeitos denotam maior importância relativa da **produção racional** na formação do VBP dos SAF e dos ST.

Os resultados econômicos obtidos são coerentes com o postulado da teoria neoclássica da função de produção (DILLON, 1977; FERGUSON, 1999) no sentido de que o nível de produção depende da combinação adequada dos **fatores** associados à **produção racional** (insumos, terra, mão-de-obra e capital) e à **competitividade do produto** (tecnologia e preço).

Tabela 3 – Regressão Estimada do VBP em função dos fatores F_1 e F_2 em UPSAF e UPST. Tomé-Açu, Pará – 2001-2003.

Variável dependente: VBP				
Método: Mínimos Quadrados Ordinários				
Data: 26/01/06 Hora: 16:00				
Observações: 100				
Variável	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística -t	Probabilidade
C	95159.72	4557.940	20.87779	0.0000
F_1	85293.13	4589.930	18.58267	0.0000
F_2	12875.14	4589.928	2.805086	0.0065
R-quadrado (R^2)	0.836564	Media da var. dependente		95159.70
R^2 ajustado	0.831827	S.D. var. dependente		94309.75
S.E. da regressão	38675.40	Critério de inf. Akaike		24.00457
S.quadr. resíduo	1.03E+11	Critério de Schwarz		24.09943
Log probabilidade	-861.1645	Estatística - F		176.5920
Durbin - Watson (d)	2.309663	Prob. (Estatística - F)		0.000000

3.3 FATORES DETERMINANTES DO RISCO IeI EM UPSAF E UPST

A análise da função risco IeI, representada pela regressão estimada da variabilidade do produto em função de mudanças nos fatores F_1 e F_2 em nível de unidade produtiva mostra os resultados da Tabela 4.

Os resultados do teste t da Tabela 4 indicam que o intercepto e o fator **produção racional** apresentam-se estatisticamente significantes⁷ aos níveis de 1% e 10% de probabilidade de erro, respectivamente; isso significa que tais fatores exercem influência sobre a variabilidade do produto, ou seja, constituem fontes de risco da produção dos SAF e dos sistemas tradicionais de produção. A

competitividade do produto não se apresenta estatisticamente significativa, não representando, portanto, fator de risco desses sistemas.

O valor do R^2 , da ordem de 0,0614, indica que 6,14% da variabilidade do produto (risco) dos SAF e dos sistemas tradicionais de produção estudados é explicada pelas variações nos fatores associados à **produção racional** desses sistemas.

O valor de $F = 8,294$, estatisticamente significativa a 1% de probabilidade de erro, mostra que a regressão proposta pode ser utilizada para estudar o assunto relacionado ao risco nos SAF e nos sistemas tradicionais de produção.

⁷ Na análise e interpretação estatística dos resultados do teste F considerou-se a significância até o limite de até 20% de probabilidade de erro, baseado nas características bioclimáticas da agricultura e na discussão de alguns autores sobre o assunto.

A regressão estimada indicou a inexistência de problema de heterocedasticidade - o que assegura a variância constante do termo de erro para todos os valores da variável explicativa.

Relativamente a interpretação econômica, os sinais dos coeficientes da regressão mostram que o fator produção racional, em que pese sua influência positiva sobre o VBP, constitui fonte de risco, mostrando que a combinação dos insumos e recursos da produção devem ser cuidadosamente planejados, pois constituem determinantes do risco dos sistemas estudados.

O valor do intercepto da regressão indica que mesmo na ausência dos fatores **produção racional** e **competitividade do produto** o nível de risco dos SAF e dos sistemas tradicionais de produção mostram-se positivos. Por seu turno, o coeficiente do fator 1 mostra que o aumento de uma unidade no fator de **produção racional** resulta num acréscimo de 5.328 unidades equivalentes no risco dos referidos sistemas de produção, em nível de propriedade.

Quanto a este ponto, deve-se destacar o papel da CAMTA nas ações voltadas ao controle do risco nos sistemas de produção de seus cooperados. Esse controle pode ser

observado pelo rigor com que a cooperativa trata questões relacionadas a informação de mercado agrícola, ao controle da produção e o suprimento de insumos, a formação do preço dos produtos comercializados e a qualidade da assistência técnica e tecnologia repassada aos produtores.

Destacam-se, também, a logística de comunicação (telefonia rural) e de infraestrutura básica (energia e conservação de estradas) dispensadas aos produtores pela ação da Cooperativa de Eletrificação e Telefonia Rural de Tomé-Açu - COERTA e da própria CAMTA, em parceria com os órgãos municipais e estaduais da região. Tais fatores agilizam o processo de comunicação, beneficiamento primário e transporte da produção reduzindo os riscos de infestação de pragas e doenças e a perdas na comercialização da produção.

Ainda nessa linha de controle do risco, pode-se observar em nível de campo, três aspectos facilitadores do manejo da produção e da adoção e manutenção do nível tecnológico dos plantios: a) quase todos os produtores pesquisados (90%) possuem segundo grau completo; b) 35% deles possuem curso superior ou equivalente; e, c) quase todos moram na própria unidade produtiva.

Tabela 4 - Regressão estimada do risco IeI em função dos fatores F_1 e F_2 , em nível de propriedade. Tomé-Açu, Pará – 2001-2003.

Variável dependente: Risco IeI				
Método: Mínimos Quadrados Ordinários				
Data: 26/01/06 Hora: 17:20				
Observações: 100				
Corrigido pelo método White de heterocedasticidade				
Variável	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística -t	Probabilidade
C	27629.98	3018.940	9.152212	0.0000
F_1	5328.078	3040.129	1.752583	0.0841
F_2	3656.812	3040.127	1.202848	0.2331
R-quadrado (R ²)	0.061459	Media da var. dependente		27629.98
R ² ajustado	0.034255	S.D. var. dependente		26066.91
S.E. da regressão	25616.56	Critério de inf. Akaike		23.18064
S.quadr. resíduo	4.53E+10	Critério de Schwarz		23.27550
Log probabilidade	-831.5030	Estatística - F		2.259196
Durbin - Watson (d)	1.910401	Prob. (Estatística - F)		0.112107

Fonte: Elaborado pelo autor, (2006).

4 CONCLUSÃO E SUGESTÃO

a) Os resultados da **análise de fator** em nível de propriedade mostram que o fator **produção racional** exerce influência positiva no VBP dos sistemas analisados, mas constitui fonte de risco nesses sistemas. O fator **competitividade do produto** também contribui positivamente com a produção e não constitui fator de risco dos SAF e ST.

b) Tais resultados mostram ainda que, mesmo na ausência dos respectivos fatores, o VBP e o risco dos SAF e dos ST apresentam-se positivos, indicando que a decisão sobre a expansão desses sistemas deve ser precedida da avaliação risco-retorno em cada caso.

c) Frente a essa situação, a sugestão é que o processo de expansão dos SAF e dos

sistemas tradicionais devem ser precedidos de um reexame pela pesquisa e pelo produtor sobre o planejamento e uso combinado dos fatores **produção racional** e **competitividade do produto**, de forma a ajustar a utilização desses recursos em combinação com os outros, a fim de melhorar a produção econômica e reduzir o risco dos sistemas analisados.

d) A expansão da produção atual com base no ajuste do uso dos insumos e fatores de produção, implicaria teoricamente na redução do risco, dentro do que estabelece a **hipótese risco-eficiência** proposta por Antle (1983). Mais ainda, tal expansão se planejada com base em estudo de mercado e suporte tecnológico, pode se consolidar como um agronegócio que permitiria a conquista de maior **fatia de mercado** (*market share*) à produção, em substituição ao **lucro** que passaria a ser um objetivo estratégico de longo

prazo, em função do desempenho da rentabilidade econômica desses sistemas.

Finalmente, deve-se registrar que no esforço em busca de novos mercados, a CAMTA já vem trabalhando com a agregação de valor à produção – como é o caso do *mix* de sucos e de polpas de frutas tropicais, do beneficiamento da pimenta branca, da obtenção do princípio ativo do nim como antibiótico e outros – mas na área agrícola, ainda existe espaço para a expansão das áreas de SAF, em função das indicações da demanda dos mercados agroindustriais, interno e externo.

REFERÊNCIAS

- ANTLE, J.M. Incorporating risk in production analysis. *American Journal of Agricultural Economics*, v.65, n.5, dez. 1983.
- BAENA, A.R.C; FALESI, I.C. *Avaliação do potencial químico e físico dos solos sob diversos sistemas de uso da terra na colônia agrícola de Tomé-Açu – Estado do Pará*. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1999. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 18).
- CRUZ, E. R. da. *Risco em modelos de decisão na agricultura*. Brasília, DF: EMBRAPA-DEP, 1984.
- DILLON, J. L. *The analysis of response in crop and livestock production*. New York: Pergamon Press, 1977.
- FERGUSON, C.E. *Microeconomia*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1999.
- GALVÃO, A.P.M. (Org.). *Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais*. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo: Embrapa Floresta, 2000.
- HOMMA, A.K.O. *Amazônia: meio ambiente e desenvolvimento agrícola*. Brasília; DF: EMBRAPA-SPI; Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998.
- MENDES, F.A.T. *A sustentabilidade socioeconômica das áreas cacauzeiras na Transamazônica: uma contribuição ao desenvolvimento regional*. 1997. Tese (Doutorado)- ESALQ, Piracicaba, 1997.
- SANTANA, A.C. de. *Elementos de economia, agronegócio e desenvolvimento local*. Belém: UFRA, 2005.
- YAMADA, M. *Japanese immigrant agroforestry in the Brazilian Amazon: a case study of sustainable rural development in the tropics*. 1999. Tese (Doutorado em Economia Agrícola) - University of Florida, Gainesville, 1999.
- JOHNSON, R. A. ; WICHERN, D.W. *Applied multivariate statistical analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 1999.