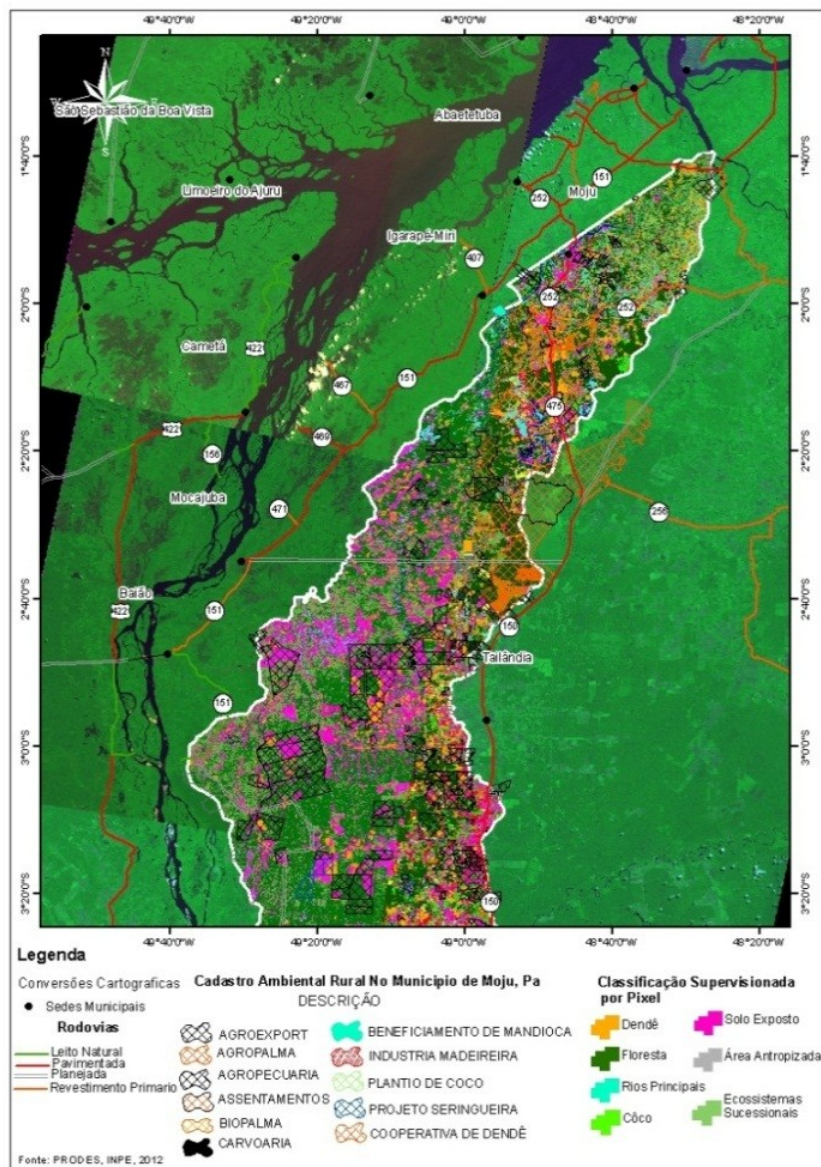


DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA DINÂMICA DO DESFLORESTAMENTO, SEGUNDO AS ATIVIDADES PRODUTIVAS, NO MUNICÍPIO DE MOJÚ-PA ENTRE 2000 E 2010.

HERIBERTO WAGNER AMANAJÁS PENA



SUMÁRIO

DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA DINÂMICA DO DESFLORESTAMENTO, SEGUNDO AS ATIVIDADES PRODUTIVAS, NO MUNICÍPIO DE MOJÚ-PA ENTRE 2000 E 2010.....	1
Resumo.....	2

<u>Abstract.....</u>	<u>2</u>
<u>INTRODUÇÃO.....</u>	<u>3</u>
<u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</u>	<u>3</u>
<u>METODOLOGIA: DA MULTIVARIADA AO MODELO DE CONVERSÕES DE ECOSISTEMAS - MCE.....</u>	<u>5</u>
<u>A ANÁLISE MULTIVARIADA COMO MÉTODO ESTATÍSTICO.....</u>	<u>5</u>
<u>A TÉCNICA DE ANÁLISE FATORIAL - AF.....</u>	<u>5</u>
<u>O MODELO MATRICIAL DA ANÁLISE FATORIAL.....</u>	<u>6</u>
<u>A EXTRAÇÃO E O NÚMERO DE FATORES</u>	<u>7</u>
<u>A ROTAÇÃO DE FATORES.....</u>	<u>8</u>
<u>DIAGNÓSTICOS DE VIOLAÇÃO DAS HIPÓTESES.....</u>	<u>8</u>
<u>Avaliando a Análise Multivariada.....</u>	<u>8</u>
<u>O MODELO ANALÍTICO DAS CONVERSÕES ECOSISTÊMICAS.....</u>	<u>9</u>
<u>O Modelo Teórico.....</u>	<u>9</u>
<u>O Modelo Estatístico</u>	<u>10</u>
<u>Descrição das variáveis e hipóteses clássicas.....</u>	<u>11</u>
<u>RESULTADOS.....</u>	<u>11</u>
<u>ANÁLISE FATORIAL</u>	<u>11</u>
<u>Validação da Interdependência</u>	<u>11</u>
<u>A Dimensão Fatorial e Interpretação dos Fatores.....</u>	<u>12</u>
<u>A Equação Fatorial</u>	<u>15</u>
<u>ANÁLISE DO MODELO - MCE.....</u>	<u>16</u>
<u>Os Resultados Estatísticos.....</u>	<u>16</u>
<u>Análise Econômica do MCE.....</u>	<u>18</u>
<u>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</u>	<u>21</u>
<u>REFERÊNCIAS.....</u>	<u>22</u>

DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA DINÂMICA DO DESFLORESTAMENTO,
SEGUNDO AS ATIVIDADES PRODUTIVAS, NO MUNICÍPIO DE MOJÚ-PA ENTRE
2000 E 2010.

Heriberto Wagner Amanjás Pena – UEPa
heripena@yahoo.com.br
professorheriberto@gmail.com

Resumo

As considerações sobre a dinâmica do desflorestamento no estado do Pará-Amazônia-Brasil têm indicado resultados estatísticos que se ajustam a sua dimensão territorial, mas para uma análise de conversões florestais em escala de municípios outros determinantes emergem como fatores relevantes e isto estaria associado a um ambiente complexo, não controlado e com estruturas de inputs multidimensionais. A compreensão adequada do impacto das atividades produtivas está associado ao objetivo de determinar quais são as variáveis latentes que identificam, dimensionam e explicam a dinâmica do desflorestamento recente no município Moju, a partir da Modelagem de Regressão Linear Múltipla - MRLM permitir estimar os parâmetros explicativos. A Análise Fatorial Exploratória - AFE foi a técnica empregada para identificar a variabilidade comum dos dados com ênfase na variância total pelo Método dos Componentes Principais – MCP adotando a rotação ortogonal Varimax para isolar as variáveis ao fator e utilizando os escores como regressores. O modelo se ajustou as hipóteses teóricas e apresentou elevado poder de explicação (R^2 99,20), da variável explicada desflorestamento, e com significâncias abaixo de 1% para as variáveis explicativas.

Palavras-chave: Desflorestamento; Conversões Florestais; Modelagem; Análise Fatorial e Regressão Linear.

Abstract

The considerations about the dynamics of deforestation in the Amazon state of Para, Brazil, have shown statistical results that fit their territorial dimension, but for an analysis of forest-scale conversion of municipalities other determinants emerge as relevant factors and this was associated with a complex environment, uncontrolled and multidimensional structures inputs. A proper understanding of the impact of productive activities is associated with the objective of determining what are the latent variables that identify, they measure and explain the dynamics of deforestation in the city Moju latest from the Linear Regression Modeling - MRLM allow estimation of the parameters explanatory. The Exploratory Factor Analysis - AFE technique was employed to identify the common variability of the data with emphasis on

total variance by the Method of Principal Components - MCP adopting the Varimax orthogonal rotation to isolate the variables and using the factor scores as regressors. The model fit the theoretical assumptions and presents a high explanatory power (R^2 99.20), the explanatory variable deforestation, and with significance below 1% for the explanatory variables.

Keywords: Deforestation, Forest Conversions, Modeling, Factor Analysis and Linear Regression.

INTRODUÇÃO

O desflorestamento recente no município de Moju tem operado transformações rápidas na paisagem da zona rural, nos últimos dez anos um novo ciclo de investimentos tem se concentrado na região sob a lógica da expansão por monocultivo e promovendo uma ampliação linear das conversões florestais, e novas áreas estão sendo anexadas como atividades produtivas com intuito de atender as demandas atuais e futuras do mercado.

Nesse sentido, a dinâmica econômica do estado do Pará apresenta informações valiosas para um estudo sobre desflorestamento na região, de um lado o período considerado já é capaz de sinalizar novas tendências produtivas em andamento ou mesmo a constatação de dinâmicas já iniciadas e que parecem se reproduzir para o futuro, porém num ritmo mais acelerado e desordenado quanto à escolha de localizações produtivas.

A Região do Baixo Tocantins, a qual pertence o município de Moju têm sido a preferencia de alocações de grandes volumes de investimentos, e isto tem promovido um cenário incerto e complexo quanto ao uso dos recursos e também das novas dinâmicas de conversões florestais, o que representa mais um complicador para o município que tem uma extensão muito grande 9.681,20 ¹Km² (IBGE, 2012) e um recorte territorial que prejudica a gestão do território.

¹ Para esta variável – dimensão territorial do município, a estatística utilizada foi do IBGE, que difere dos dados do INPE, que computa a fisiografia do município de Moju em 9.131 Km², no entanto para maiores detalhes das metodologias empregadas para entender divergências de medidas, consultar site: www.dsr.inpe.br/laf/.../GeotecnologiaAvaliarCafeiculturaBrasileira.pdf

O entendimento das dinâmicas de desflorestamento em curso no município de Moju está correlacionado as interpretações dos indicadores de produção do município com outras variáveis que qualifiquem melhor as mudanças nos processos estruturais vigentes. A intensificação das atividades econômicas, somado a uma forte pressão sobre o uso dos recursos naturais tem alterado a estrutura de funcionamento dos ecossistemas.

Por conseguinte, o município vem enfrentando um conjunto de ligeiras transformações nesta última década, especialmente por conta dos grandes projetos, que atuam na região como a industrialização do óleo de palma (dendê), entre outros, existem também fortes interesses externos e principalmente a aposta do governo federal no Programa Nacional de Produção e Uso Sustentável do Biodiesel – PNPB lançado em 2004 e com fortes parcerias com o estado do Pará para ampliação de áreas de produção de dendê, que entende o município de Moju como área estratégica para aumento da produção.

Portanto, se de um lado o cenário atual é de forte expansão dos investimentos em grandes projetos visando uma consolidação do município como um dos principais polos produtivos de óleo de palma. De outro, as pressões sobre o uso dos recursos naturais intensificou-se com desflorestamento médio nos últimos dez anos de aproximadamente 2.880Km² ²e um incremento anual de 120,81 Km², caso este cenário se projete para o futuro em pouco mais de 40 anos, a área do município será toda de consolidação das atividades produtivas.

Teoricamente admite-se que ocorre forte interação econômica e a expansão de algumas atividades esta correlacionada ao crescimento de outras, podendo também, acontecer o inverso. Portanto, diante do crescimento linear das taxas de desflorestamento no município de Moju, e da expansão concomitante de um conjunto de atividades produtivas, quais são os fatores que respondem pelo desflorestamento recente naquele município? Quais deles tem maior poder de explicação das conversões dos ecossistemas?

Nesse sentido, em termos gerais a análise dos determinantes explicativos da dinâmica do desflorestamento no município de Moju foi o caminho adotado para explicar como as interações produtivas estão se estabelecendo na região e com que grau de associação ou convergência vetorial. Especificamente, a estimação dos parâmetros com base na análise fatorial foi empregado para dimensionar a participação das atividades produtivas; a identificação e análise das interações e o estabelecimento de novas abordagens no aspecto multidimensional.

² Estimativas calculadas pelo autor a partir de dados do sistema de detecção do desmatamento na Amazônia - PRODES, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

Além desta introdução este artigo está organizado em quatro seções. A discussão dos principais estudos teóricos sobre os modelos de desflorestamento segundo as atividades produtivas corresponde à seção inicial. Na segunda seção, a descrição metodológica e a metodologia de análise econométricas são apresentadas. A terceira seção, os resultados e os principais testes estatísticos que dão sustentação ao modelo são expostos e analisados. Na última seção todos os comentários, discussões e sugestões de política pública são referenciadas e comparadas com a revisão de literatura.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os principais avanços teóricos apresentados pela literatura especializada foram discutidos nesta seção, que objetivou revisar e expor os principais determinantes do desflorestamento em diferentes regiões do mundo, do país e da região Amazônica, principalmente com um foco específico nos trabalhos que assumiram escalas com maior nível de detalhes (município), bem como analisou o arranjo metodológico empregado nestes estudos e principalmente as especificações de modelagem já propostas como alternativa de avaliar o problema das conversões florestais.

O estudo dos principais fatores que explicam a dinâmica do desflorestamento em escala de municípios³ tem sua importância redobrada para os gestores municipais e contribuem teoricamente para estudos da academia que objetivam compreender como ocorre a interação de espaços produtivos complexos com o meio ambiente, onde se desenvolvem um conjunto de atividades produtivas com rápidas transformações e impactos correlacionados.

No cenário internacional, diversos modelos foram desenvolvidos para entender a realidade do desflorestamento em diferentes países. Os determinantes apontados levam em considerações as atividades econômicas; a influência de políticas públicas; à pressão de grandes grupos exploradores de áreas minerais; o aumento da população pressionando os recursos; a especulação fundiária; a ampliação das linhas crédito e de financiamento público; a lógica da organização produtiva; as elevações de infraestrutura; áreas de fronteira; a concentração de recursos naturais e a facilidade de acesso; a pressão dos mercados; o nível da pobreza da região; subsídios e incentivos fiscais, entre outros fatores contemplados na análise multissetorias (TANAKA, 1994; GELLRICH; BAUR; KOCH; ZIMMERMANN, 2006;

³ A área de estudo definida para análise deste artigo foi o município, dada a importância da escala para entender a dinâmica do desflorestamento, e também pela lacuna de artigos que estabelecem esta escala de análise como padrão de contribuição acadêmica.

BHATTARAI; CONWAY; YOUSEF, 2009; ESPINDOLA; AGUIAR; PEBESMA; CÂMARA; FONSECA 2012).

A leitura disponível indica que a proposição de modelos ⁴tem sido um caminho muito utilizado para buscar melhorar o entendimento das dinâmicas complexas sobre a interação dos fatores do desflorestamento, os estudos internacionais têm voltado suas análises para identificar a importância das conversões dos ecossistemas e o estabelecimento de padrões do desflorestamento (PORTELA; RADEMACHER, 2001; NELSON; GEOGHEGAN, 2002).

Diversos trabalhos analisaram como são formados os fatores e o estabelecimento de padrões do desflorestamento em diversas regiões no mundo, suas interações, intensidades, dinâmicas e áreas geográficas são categorias presentes na modelagem, que utiliza abordagens temporais de pelo menos 10 anos escalas de análises diferenciadas, permitindo confirmar proposições gerais e abrir espaço para estudos mais detalhados (DOLISCA; MCDANIEL; TEETER; JOLLY, 2007; SCRIECIU, 2007; MINETOS; POLYZOS, 2010).

As novas abordagens metodológicas estão influenciando estudos regionais no Brasil, no entanto a maior importância consiste na estrutura lógica das equações que estão sendo propostas e no refino dos modelos estatísticos estimados. O componente espacial tem sido amplamente empregado como uma variável consistente e que explica as especificações regionais e torna cada modelo diferente do outro (AGARWAL; SILANDER; GELFAND; DEWAR; MICKELSON, 2005).

Esta revisão selecionou pelo menos 10 artigos internacionais com grau médio a elevado de importância metodológica e objetivo condizente com a problemática levantada. A diversidade de modelos permite efetuar comparações objetivas e identificar como podem ser aplicados a realidades locais. Uma tendência observada é o trato do problema com abordagem ou proposições de equações estatísticas, a modelagem de conversões de ecossistemas no contexto da economia mundial e a estrutura metodológica que esta sendo utilizada para atender os diferentes objetivos (Tabela 1).

4 Este artigo consultou diversas bases indexadas de artigos internacionais, com uma revisão de mais de 200 artigos que analisaram a problemática das conversões de ecossistemas, e 40% deles utilizaram a modelagem estatística como metodologia para alcançar os seus objetivos. Quando consideramos os últimos dez anos de referência consultada, o percentual que empregou a modelagem estatística do problema aumenta para 90% dos trabalhos.

Tabela 1. Principais estudos internacionais revisados e o grau de importância para o problema analisado.

1. Autor	2. Estatística Empregadas	3. Tipo de Dados	4. Escala do Objeto	5. Modelo Empregado	6. Grau de Importância
Shojiro Tanaka (1994)	Internacionais	seção-cruzada	Hiroshima	Modelo de Equações Diferenciais	3
Gellrich; Baur; Koch; Zimmermann (2006)	Internacionais	seção-cruzada	Suíça	Modelo de Regressão Logística	4
Bhattarai; Conway; Yousef (2009)	Internacionais	seção-cruzada	Nepal	Modelo de Regressão Linear Múltipla	5
Espindola; Aguiar; Pebesma; Câmara; Fonseca (2012)	Nacionais	seção-cruzada	Brasil - Pará, Mato Grosso e Rondônia	Modelo de Regressão Loglinear/Espacial	5
Nelson; Geoghegan (2002)	Internacionais	seção-cruzada	Alemanha	Regressão logística, padrão multinomial	5
Agarwal; Silander; Gelfand; Dewar; Mickelson (2005)	Internacionais	seção-cruzada	Madagascar	Hierarquia espacial	4
Doliska; McDaniel; Teeter; Jolly (2007)	Internacionais	seção-cruzada	Haiti	Regressão log-linear	4
Minetos; Polyzos (2010)	Internacionais	series temporais	Grecia	Análise de Regressão Ordinal	5
Scricciu, S. S (2007)	Internacionais	múltiplos	Países em Desenvolvimento	Dados de Painel	4
Portela; Rademacher (2001)	Nacionais	múltiplos	Brasil	Modelo Dinâmico	4

*Legenda:

1- Definição da autoria em ordem de importância

2- Fonte de dados utilizados para elaboração do artigo

3- Natureza /Classificação dos dados

4- Definição da Área de Estudo/aplicação do artigo

5- Identificação das técnicas estatísticas utilizadas

6- Grau de importância na aplicação deste artigo definido pelo autor de 1 a 5, em grau de importância (1=menor e 5=maior)

Fonte: Elaboração do autor (2012)

Para a Amazônia, muitos estudos aumentaram a circulação após os anos noventa do século passado, motivados pela Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – CNUMAD⁵, o encontro estabeleceu um marco para análises profundas dos problemas de sustentabilidades da Amazônia e da contestação de políticas públicas inversas ao modelo de desenvolvimento sustentável. Atualmente, passados vinte anos é o

⁵ Esta Conferência Internacional sobre Meio Ambiente, ocorreu no estado do Rio de Janeiro-Brasil, e ficou conhecida como a ECO 92, e exatamente há 40 anos a Organização das Nações Unidas abriu as discussões sobre o Desenvolvimento Sustentável no mundo, para maiores informações consulte o link: <http://unicrio.org.br/conferencia-do-meio-ambiente-comeca-preparacao-para-20-anos-da-revisao-de-marco-da-onu/>

momento oportuno para apresentar novos estudos e comparar se aquele trato inicial permitiu avanços significativos na dimensão ambiental. De acordo com Fearnside (2006), o desmatamento vem crescendo sistematicamente desde 1991, e as amplitudes variam de acordo com a sensibilidade das políticas públicas e a conjuntura correspondente.

Quanto aos determinantes do desflorestamento, a modelagem com foco nos municípios da Amazônia aparece nos trabalhos Margulis,⁶ (2003), utilizando uma abordagem sistêmica com emprego dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas – IBGE para analisar a tendência temporal e os padrões geográficos do processo de conversão florestal em conjunto com as atividades produtivas (madeira; pecuária e agricultura), que utilizou dados de painel para os censos demográficos de 1970 e 1996 complementados por informações de custo de transporte e ecológicas. Rivero et al. (2009), estimando regressões lineares igualmente com dados de painel mostrou que o desmatamento é fortemente correlacionado com a pecuária soja.

Seguindo explorando a análise empírica dos efeitos econômicos sobre o desflorestamento para os estados da Amazônia Legal – AL, Prates (2008), utiliza ferramenta econométrica com dados *cross-section* empregando modelo de dados de painel, revelando que entre os estados da federação que compõem a região, o desmatamento é desigual, estendendo-se para uma análise dentro dos estados, de acordo com os coeficientes das atividades produtivas e demais variáveis consideradas.

Outros modelos, como o de defasagem espacial distribuída estimou mais de trinta variáveis explicativas para um total de 399 municípios da Amazônia entre os anos de 1997 e 2001, e atestou significativo ajustamento dos regressores com a variável dependente (estoque de área desmatada), o estudo indicou um elevado coeficiente de correlação entre a variável explicada e a variável independente “criação de bovino por Km²” (GARCIA et. al, 2004).⁷

Soares Filho e Britaldo Silveira et al. (2005), avançaram quanto a proposição de cenários de desflorestamento para a Amazônia com simulação espacial aplicando um modelo integrador, que foi capaz de projetar os resultados nas regiões de planejamento definidas e utilizando a

6 Maiores detalhes, consultar trabalhos em andamento para discussão publica no site do Banco Mundial, verificar endereço www.bancomundial.org.br

7 Outras variáveis neste estudo apresentaram elevados coeficientes de correlação, entre elas: distancia média à rodovia asfaltada; densidade populacional; valor da lavoura por Km²; percentual da área municipal plantada em 1997; Índice de Governança, o conjunto das demais foi reduzido por ajustamentos parciais e técnicas estatísticas, a estas seis principais variáveis.

uma base cartográfica de qualquer Sistema de Informações Geográficas – SIG⁸ para espacializar os resultados e produzir as interações.

Novas espacializações por mapas temáticos também foram apresentadas por Oliveria et al. (2009), depois de empregar modelo de análise fatorial para identificar os principais *clusters* (regiões), mais importantes, nos estados de Rondônia e Acre, destacando a pecuária como principal atividade relacionada ao desmatamento na área de estudo. Os determinantes em pólos de produção agropecuária no estado do Acre, também foram estudados por meio de modelo econométrico logit multinomial do desmatamento recente ou parcial explicada também por fatores socioeconômicos (SANTOS; BRAGA; HOMMA, 2008).⁹ A dinâmica da paisagem alterada pelo desmatamento introduzido com a pecuária foi estudada entre 1984 e 2002, e atestou que as políticas sustentáveis para a região central de Rondônia, passam pela criação de áreas de proteção e corredores ecológicos (FERRAZ; VETTORAZZI; THEOBALD; BALLESTER, 2005).

Em geral a literatura científica trata atualmente a questão central do desflorestamento como um problema sistêmico, e estes avanços metodológicos não completaram 20 anos, em parte isto ocorria porque existia uma grande dificuldade de entender as interações complexas e dinâmicas dos fatores causais do desflorestamento, de outro porque algumas explicações eram mais específicas e por isso focada a uma determinada região, não permitindo extrapolações e nem a construção de cenários.

De outro modo, a crescente discussão mundial sobre as questões ambientais e principalmente o maior entendimento de como elas afetam a relações homem/natureza e homem/sociedade, possibilitou maior dedicação a estudos que explicassem o fenômeno, isto significou o avanço na diversificação das pesquisas e do progresso metodológico em todo o mundo, e o problema do desflorestamento foi rapidamente teorizado (Figura 1).

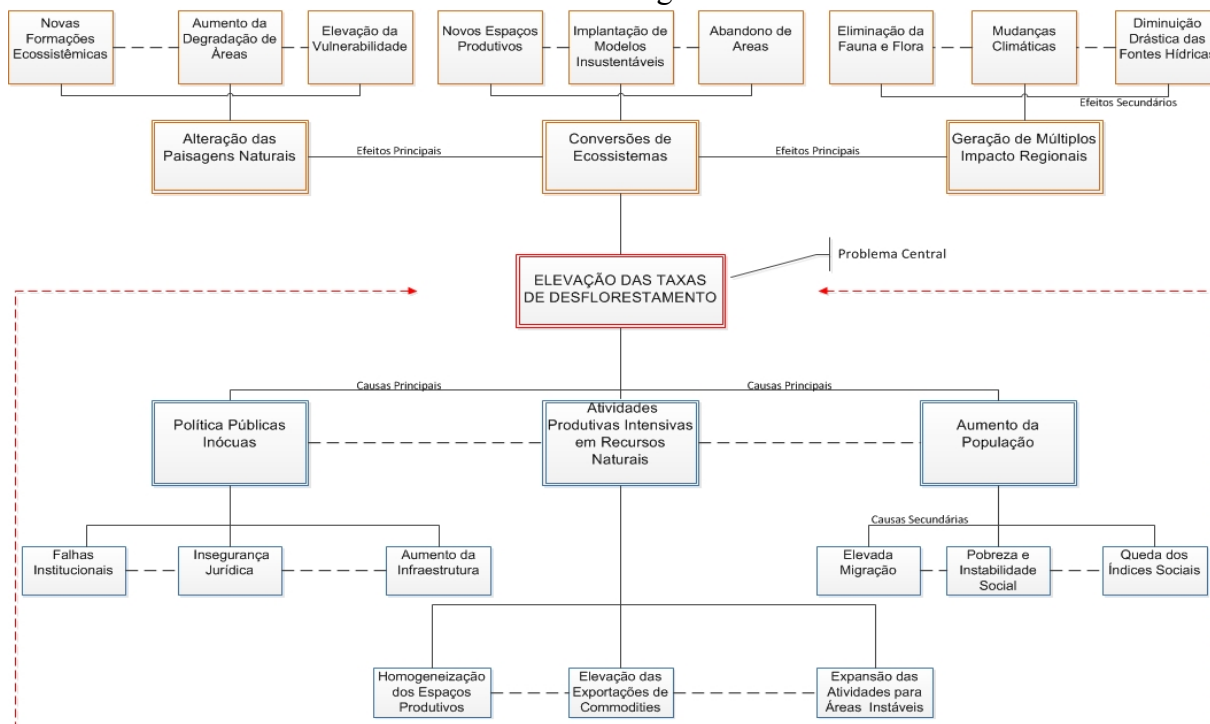
Além de oferecer uma discussão atualizada sobre o tema, esta seção foi além de uma revisão bibliográfica, e estabeleceu um padrão de tratamento teórico sintetizado, oriundo dos próprios artigos revisadas, ou seja, uma estrutura de fluxograma, organizada como uma “árvore de problemas” estruturada a partir de um problema central, objeto de investigação deste artigo e demais componentes, como a origem do problema e os desdobramentos deles. Todos os

⁸ Os mapas temáticos produzidos por este estudo encontram-se disponível para acesso no site: www.csr.ufmg.br/simamazonia

⁹ Os principais dados empregados no artigo são de estatísticas secundárias nacionais e de acesso gratuito, dada a similaridade na metodologia, a mesma fonte de informação, também será utilizada para modelar os determinantes no município de Moju.

elementos ou determinantes para o problema central foram identificados e agrupados em fatores que adensam um subconjunto de fatores menores, mais que interagem entre eles (Figura 1).

Figura 1. Estrutura de fluxograma dos principais fatores do desflorestamento abordados na revisão bibliográfica



Fonte: Elaboração do autor (2012)

A literatura revisada forneceu os elementos fundamentais para a sistematização de novos estudos sobre a dinâmica de desflorestamento, as variáveis destacadas constituem-se nos principais fatores defendidos pela atual investigação científica, o cenário atual é o de modelagem dos problemas, mais o entendimento da interação do conjunto das atividades foi o caminho inicial e necessário para este avanço (Figura1).

O exercício final desta revisão propôs uma síntese dos fundamentos do problema central “elevação das taxas de desflorestamento”¹⁰ apresentado no retângulo vermelho acima, e a identificação das principais causas agregados em fatores subjacentes (retângulo maior em azul), seguindo a análise vertical para baixo estas causas estariam vinculadas a nível secundário de variáveis motivadoras (retângulos menores em azul). Nesse sentido, a literatura agrupa um conjunto de causas secundarias a fatores principais que causam o desflorestamento e testam metodologicamente pela proposição de modelos esses fatores (Figura 1).

¹⁰ Neste artigo, toda a base de dados sobre desflorestamento pertence ao Instituto Nacional de Pesquisa Espacial – INPE, cujas estatísticas encontram-se disponíveis em nível de município, mais detalhes sobre as informações públicas, verificar o site: <http://www.inpe.br/>.

Assim como as causas principais e secundárias, a academia também destaque os efeitos principais do desflorestamento, que por sua vez são agrupamento de fatores secundários ou entendimentos como desdobramento ou de repercussão menor, a análise vertical descreve bem o processo e vincula de forma hierárquica como os danos ou consequências do desflorestamento estão sendo analisadas pelas correntes teóricas (Figura 1).

Ao descrever o processo de forma resumida e simplificada do desflorestamento, este artigo de forma nenhuma pretende ser conclusivo com o fluxograma, mais pelo contrário, se apropria de tal análise e considerações gerais em relação a uma equivalência de conceitos, e aplica os fundamentos teóricos para uma proposta metodológica que contemple as especificidades regionais, e principalmente para uma adaptação em nível de município, objeto deste artigo, e que será desenvolvido na próxima seção.

METODOLOGIA: DA MULTIVARIADA AO MODELO DE CONVERSÕES DE ECOSISTEMAS - MCE

A MCE no contexto da economia foi a metodologia empregada para analisar a dinâmica e os determinantes do desflorestamento no município de Moju-Pa. A literatura notada ainda apresenta uma lacuna quanto à pesquisa em escala de município, o que exigiu uma apropriação dos modelos teóricos, e a proposição e estimação, de um modelo de regressão linear múltipla utilizando-se os escores fatoriais como regressores ou variáveis independentes do modelo.

Nesse sentido, esta abordagem metodológica está dividida em dois objetivos, de um lado emprega-se o modelo matemático de análise fatorial para avaliar o nível de correlação existente entre um conjunto de variáveis defendidas como relevantes pela literatura, assim como, a sua possibilidade de ajustamento em fatores latentes. De outro, a modelagem proposta utilizou os resultados da variabilidade comum para estimar os impactos das atividades produtivas no processo de conversões de ecossistemas no município de Moju-Pa, o modelo de regressão múltipla empregado fez uso das técnicas de interdependência alicerçado pela revisão teórica e também com objetivo de assegurar maior confiabilidade nas hipóteses clássicas do modelo.

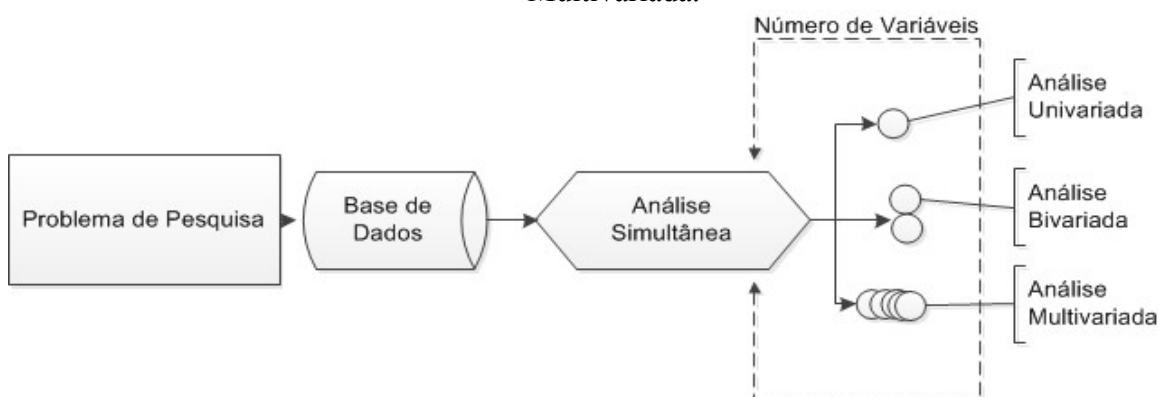
A ANÁLISE MULTIVARIADA COMO MÉTODO ESTATÍSTICO

Os determinantes do desflorestamento como problema central exigiu um esforço teórico que considerasse a explicação de variáveis subjacentes e o comportamento explicativo simultâneo do seu conjunto, neste contexto, o estudo do objeto obrigou um ajuste estatístico que envolvesse uma multiplicidade conceitual de variáveis e técnicas estatísticas para modelar um

ambiente complexo e com forte interdependência entre os seus agentes econômicos e as atividades produtivas.

As considerações conceituais sobre a análise multivariada e a diferenciação entre as técnicas estatísticas devem ser ajustadas ao problema de pesquisa para fornecer as melhores inferenciais. Quando a base de dados associada ao problema necessita realizar análise simultânea de apenas uma única variável, estamos diante da Análise Univariada – AU. Quando a disposição envolve duas variáveis simultâneas, Análise Bivariada – AB, e quando o número de variáveis for maior que 2 (duas), Análise Multivariada – AM (Figura 2).

Figura 2. Identificação dos processos conceituais da técnica estatística de Análise Multivariada.



Fonte: Adaptado a partir de (CORRAR et. al, 2009).¹¹

O procedimento da Análise Multivariada - AM permite simultaneamente analisar um conjunto de variáveis sem a exigência inicial de uma determinação previa de quais são dependentes ou independentes em determinado modelo. A estrutura de correlação que a técnica explora envolve uma análise de interdependência da base de dados (via variáveis selecionadas), e pode ser refinada com técnicas estatísticas apropriadas ao problema de pesquisa (RODRIGUES; PAULO, 2009).

A TÉCNICA DE ANÁLISE FATORIAL - AF

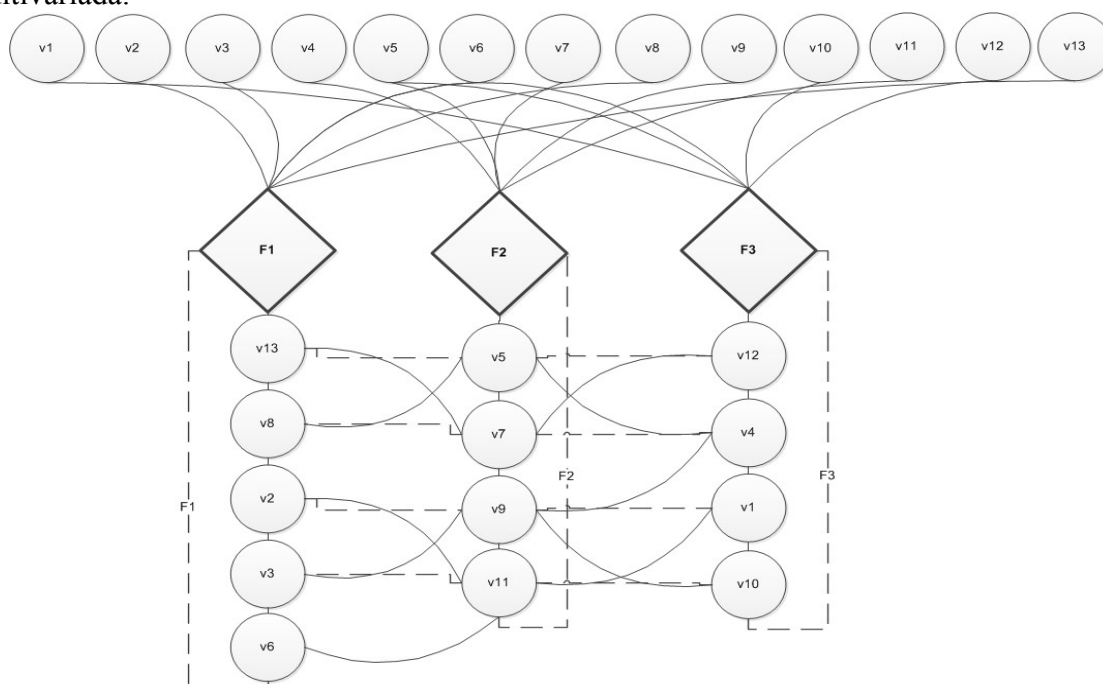
O emprego da análise fatorial como o título sugere é uma técnica estatística de AM que objetiva analisar a estrutura das correlações de um conjunto de variáveis, e identificar fatores que não são diretamente observáveis, mais a partir de suas interdependências admitem a

¹¹ Maiores detalhes conceituais e explicações da adaptação da figura, consultar a obra completa “Análise Multivariada” no capítulo 1, pp 2-3, dos autores CORRAR, L. J; PAULO, E; FILHO, J. M. D (coordenadores da publicação).

composição de estruturas de relacionamentos que explicam as variações no conjunto das variáveis analisadas.

De acordo com Bezerra (2009), em termos gerais partir da AM é identificado às dimensões de variabilidade comum, e um conjunto de variáveis fica subordinado a correspondentes latentes, denominados de FATORES. Ocorre que, um número extenso de variáveis é vinculado a grupos menores, o que explica que o agrupamento ocorre por um comportamento padrão, simplificando estruturas complexas de relacionamento (Figura 3).

Figura 3. Identificação dos processos conceituais da técnica estatística de Análise Multivariada.



Fonte: Elaborado pelo autor

Neste sentido, a AF foi empregada com varias finalidades¹²: 1)- além de se mostrar um modelo adequado para analisar a interação num ambiente complexo, permitiu; 2)- a redução do número de variáveis com representatividade das variáveis originais; 3)- a sumarização das variáveis; 4)- a escolha das principais variáveis e a decisão de empregar os fatores como variáveis independentes para eliminar problemas de multicolinearidade¹³, ou seja, o conjunto destas ações explica esta opção estatística, e são descritos quando o fluxograma das múltiplas variáveis retorna aos seus respectivos fatores (Figura 3).

¹² Para maiores detalhes dos fatores extraídos da técnica de AM e suas diversas finalidades, consulta referencia de “Análise Multivariada” no capítulo 2, pp 74-78, dos autores CORRAR, L. J; PAULO, E; FILHO, J. M. D (coordenadores da publicação).

¹³ Para verificar as deduções matemáticas do modelo que ajustam tal procedimento estatísticos, consultar Elian (1998) e Hair et al. (2005).

O MODELO MATRICIAL DA ANÁLISE FATORIAL

$$\dots\dots\dots(1)$$

(2)

(3)

- constitui as variáveis manifestas ou valores observados na pesquisa, ou ainda o vetor transposto com dimensão (n x k), denotado por $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$, a chamada matriz de respostas;
- representa as correlações da matriz do tipo (p x k), das constantes desconhecidas, denominadas de cargas fatorais;
- variáveis latentes ou fatores comuns, denotado por $Y = (y_1, y_2, \dots, y_p)$, a chamada matriz de fatores ortogonais, sendo $q < p$;

14 A possibilidade de apresentar uma contribuição original para o problema do desflorestamento, esta associada a escala de análise da questão e as considerações específicas apontadas pela análise multivariada pelo método da AF.

\mathbf{m} – seriam as \mathbf{m} variáveis x_1, x_2, \dots, x_m associadas a valores observados;

\mathbf{p} – correspondem aos vetores y_1, y_2, \dots, y_p , explicativos dos escores obtidos;

– significa o vetor transposto de avariáveis aleatórias ou vetor de componentes residuais, denotado por $\mathbf{E} = (\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{e}_m)$.

Para Ando (2009), o modelo matricial de AF de base ortogonal, são cominadas as seguintes condições: o número de fatores é menor que o numero de observações; os fatores são ortogonais; a covariância dos vetores de erro são nulas; não deve haver correlação dos fatores com os vetores de erro; as medias nulas e variâncias unitárias dos fatores é uma condição necessária.

A matriz (fórmula 3) representa, é que uma variável padronizada do tipo que apresenta média zero e variância igual a um como condição necessária depende de uma constante do tipo ; multiplicada por um fator ; com média zero e variância um, sendo que a variável apresenta características incomuns ao conjunto das variáveis do modelo matricial, por isso o fator não contempla 100% da explicação na variável, admitindo-se parte da explicação para ; que representa o termo de erro no modelo matricial (SYMONS et al., 2007; BEZERRA, 2009).

A EXTRAÇÃO E O NÚMERO DE FATORES

Para obtenção dos fatores foi empregado o Método dos Componentes Principais – MCP, que representa o mais atuante método de ajuste da matriz de correlação dos dados “C” . A estrutura da variância e da covariância é explicada pelo método assim como a proposta de reduzir os dados e apresentar resultados mais robustos para a interpretação. As relações lineares das variáveis originais para reproduzir a variabilidade do sistema são fundamentais para aplicação do método (WEGGE, 1996; PAULINO, 2012).

A seguir a base matricial da correlação:

$$; \quad (4)$$

Em que:

A variável = , representa a correlação entre e . Portanto, a soma dos termos da diagonal e dos respectivos autovalores, é igual a p, correspondente ao número de variáveis A partir da matriz “ , encontram-se os autovalores e seus correspondentes autovetores (PAULINO, 2012).

Portanto, os componentes principais são dados pelos autovetores da matriz de correlação¹⁵ “c”, descrito pela equação 4, ficando da seguinte forma:

15 Para explicações mais apuradas sobre a técnica de componentes principais, verificar em: FÁVERO, P. L.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L. da; CHAN, B. L. Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

(5)

Em que:

Os valores são representações lineares da matriz de correlação “c”, e os “p” componentes principais.

Efetuada-se a transformações lineares dos valores para , o que corresponde a uma mudança ortogonal, ficando assim descrita:

(6)

Como os componentes principais precisam ser definidos para futura análise fatorial, e o critério de proporcionalidade vinculada com cada fator e a mudança de sentido da curva (ponto de inflexão) do gráfico “*scree-plot*”¹⁶, correspondem às técnicas adotadas pela literatura, ou seja, a cada fator adicionado a análise ocorre uma queda no seu percentual de explicação, como a curva é descendente algum momento a relação das variáveis autovalores e o número de componentes deixa de ser representativa (PAULINO, 2012; BEZERRA, 2009; ANDO, 2009; FAN, et al., 2008).

Um terceiro método existente e aqui escolhido para estabelecer o número de fatores foi o de raiz latente ou também conhecido como Kaiser. Para a literatura, a exigência de aplicação é a de que qualquer fator individualmente considerado deve explicar a variância de pelo menos uma variável (VALENTE et al., 2011). Para Bezerra (2009), os fatores que apresentarem autovalor abaixo de 1,0 são não significativos e por isso não podem substituir as variáveis originais, o que torna obrigatório que os fatores para serem escolhidos devem apresentar raízes latentes maiores que 1.

A ROTAÇÃO DE FATORES

Como existe a possibilidade da matriz de cargas fatoriais proverem resultados com problemas de significância, foi empregado o método de rotação de fatores ortogonais do tipo varimax de com duplo objetivo: o de evitar a correlação entre os fatores por eixos perpendiculares e reduzir a possibilidade de vinculação das variáveis apresentarem cargas fatoriais elevadas para mais de um fator prejudicando assim a sua identificação (KANO et. al, 1992; BOYK, 1990).

16 O termo refere-se a um critério do gráfico de declive, momento em que ocorre uma suavização da curva, para melhorar a compreensão, consultar “Análise Multivariada” no capítulo 2, pp 86-87, dos autores CORRÊA, L. J; PAULO, E; FILHO, J. M. D (coordenadores da publicação).

Nesse sentido, procurando estabelecer uma solução que gerem fatores não correlacionados, a rotação ortogonal, tipo varimax é apresentada abaixo:

(7)

Dado que, representa o novo

DIAGNÓSTICOS DE VIOLAÇÃO DAS HIPÓTESES

A utilização da AF requer algumas condições para a sua viabilização enquanto modelo de extração ¹⁷da variabilidade comum ¹⁸de um banco de dados, isto significa que é exigido um nível de correlação entre as variáveis analisadas onde um conjunto observável p-dimensional aleatória (linha vetores Z), são relacionadas com um conjunto K-dimensional “x” vetores fatores de não observáveis p-dimensionais vetores de erros, isto atenta em testar e avaliar a significância geral da matriz de correlação e comparar correlações parciais.

Avaliando a Análise Multivariada

Esta validação geral do modelo foi realizada por meio do teste de *Kayser-Meyer-Olkin*¹⁹ -*KMO*, que recomenda ou não recomenda a substituição do conjunto de variáveis pelos fatores observados, e ainda investiga se as correlações parciais entre os itens são pequenas testando a própria adequação da amostra adotada, de acordo com emprego da literatura (PISON et al., 2003; JIN, 2011).

O teste KMO, apresenta a seguinte estrutura matemática (PISON et al., 2003; VALENTE, 2008; JIN, 2011).

(8)

Em que:

17 Detalhes e regras praticas para o teste de suposições, verificar: HAIR, J. F. et al. Analise multivariada de dados. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

18 Detalhes, ver DILLON, W. R.; GOLDSTEIN, M. Multivariate analysis: methods and applications. New York: John Wiley & Sons, 1984.

19 Mais informações sobre os aspectos teórico e matemático do teste consultar artigo PISON, G; ROUSSESEEEUW, P. J; FILZMOSER, P; CROUX, C. Robust facto analysis. Journal of Multivariate Analysis, 2003.

= é o coeficiente de correlação parcial, e valores acima de 0,50 validam a utilização de todos os indicadores da AF;

= são as estimativas das correlações entre os fatores.

Um segundo teste adotado, refere-se à significância geral da matriz de correlação, conhecido como teste de esfericidade de Bartlett ²⁰de testando a variabilidade comum de todas as variáveis, sua estrutura esta disposta abaixo (PISON et al., 2003; VALENTE, 2008 JIN, 2011).

(9)

Onde testa-se a hipótese nula,

Em que:

= é o determinante da Matriz de Correlação “C”;

= é o número de observações;

= é o número de variáveis.

Após a validação do modelo geral de AM com os testes acima recomendados para aplicação da técnica de AF, os respectivos fatores latentes extraídos substituirão o conjunto de observações da base de dados, e os seus escores fatoriais foram utilizados como variáveis explicativas para a modelagem do MCE, os escores são modelados como combinações lineares adicionados o respectivo termo de erro, objeto da próxima seção.

O MODELO ANALÍTICO DAS CONVERSÕES ECOSSISTÊMICAS

O Modelo Teórico

Na revisão dos trabalhos publicados foram identificados, diversas variáveis que influenciam a dinâmica do desflorestamento, e isto já seria uma forte justificaria para o emprego da AM como ferramenta estatística na avaliação do fenômeno. No entanto, existem muitas interações entre essas variáveis e para uma análise simultânea foi escolhido a técnica de AF para dimensionar os principais fatores. As variáveis ²¹admitidas no modelo teórico MCE reduzidas pela AF, encontram-se abaixo.

²⁰ Detalhamento das expressões consultar artigo PISON, G; ROUSESEEEUW, P. J; FILZMOSE, P; CROUX, C. Robust facto analysis. Journal of Multivariate Analysis, 2003.

²¹ Para a composição inicial do modelo teórico foram estabelecido um numero de 24 atividades para analisar a dinâmica do desmatamento, aqui o modelo apresentado foi resumido, mais no capítulo de resultados, os detalhamentos das ações para restringir o numero de variáveis será explicador com maiores detalhes.

$$,) \quad (10)$$

Em que:

Atividade Madeireira, no período t;
 Cultivo do Arroz, no período t;
 Cultivo do Feijão, no período t;
 Cultivo da Mandioca, no período t;
 Plantio de Coco, no período t;
 Plantio de Dendê, no período t;
 Plantio de Pimenta-do-reino, no período t;
 Pecuária, no período t;
 Carvão Vegetal, no período t;

Quanto aos coeficientes das relações teóricas, admitisse grandezas diretamente proporcionais, entre a expansão das atividades produtivas e o aumento das conversões florestais, ou desflorestamento (MCE), esta hipótese esta associada com o modelo clássico da função de produção, onde as expansões de atividades intensivas em recursos naturais (fator-terra) aumentam as áreas desflorestadas, típico de economias com baixo desenvolvimento tecnológico e a agricultura tradicional como atividade base.

No entanto, analisada as interações entre as atividades produtivas, pode originar relações de interdependência que se definem como complementar e concorrente, por isso depois da aplicação do modelo fatorial, um redesenho das hipóteses clássicas foram necessárias, assumiu-se que o avanço de determinadas atividades e a diminuição ou até eliminação de outras estaria fortemente correlacionado, ao passo que a expansão de algumas atividades valoriza espaços produtivos e concomitantemente permite a consolidação da outra, isto explica as variâncias compartilhadas que os fatores ou dimensões latentes assumidas por meio do método varimax.

As hipóteses ao problema do desflorestamento requerem agora um novo tratamento teórico (redimensionamento), pois a combinação vetorial da matriz de correlação (equação 4) entre o conjunto de variáveis (interdependência) reduzirá o banco de dados a fatores latentes, não cabendo mais uma análise linear e independente. Portanto, assume-se como resposta provisória, que todos os fatores (variável endógena) exercem influencia alternativamente diferente de zero, e hipótese nula . De que os fatores como variável independente exercem influencia positiva ou negativa no desflorestamento, entre o período de 2000 a 2010.

Portanto, o modelo teórico não garante o entendimento pleno das interações dinâmicas que se deseja extrair das atividades produtivas, por isso o modelo estatístico de regressão múltipla é proposta depois a utilização da AF como instrumento estatístico de redução do numero de variáveis consideradas para entender o problema.

O Modelo Estatístico

Após a determinação dos fatores, um dos principais objetivos para utilizar a AF, é a decisão de adotar os escores fatoriais como variáveis independentes com intuito de eliminar problemas de multicolinearidade no modelo de regressão linear, é o que defende os resultados da literatura recente (ATICI, 2011; ARANDA, 2012; FURLAN, 2012). Uma forma geral para descrever as relações lineares e o modelo de regressão múltipla²², apresenta-se abaixo na descrição de álgebra matricial:

$$\dots\dots\dots (11)$$

A formulação matricial do modelo é representada da seguinte forma, (12)

Em que: (13)

Onde:

Esta generalização descreve um modelo de regressão múltipla que inclui variáveis, sendo uma dependente e variáveis autônomas ou explicativas e mais o coeficiente linear ou intercepto da equação acrescida do termo de erro. Após a AF, foram adotados os fatores e seus respectivos escores como variáveis independentes, com objetivo de captar a realidade das mudanças interativas para as variáveis descritas pela equação (10), um novo modelo então foi proposto e algumas condições e hipóteses são estabelecidas.

Admite-se que , na condição de adequação ao modelo teórico, e para as variáveis autônomas , admitindo os fatores como regressores do modelo. Nesse sentido, a especificação pela nova formulação matricial ²³é dada por:

$$(14)$$

Em que (15)

22 Sobre modelos de regressão, consultar: NETER, J.; KUTNER, M. H.; NACHTSHEIM, C. J. E WASSERMAN, W. Applied Linear Regression Models. 3rd Edition. Irwin, Illinois, 1996.

23 Para analisar as deduções matriciais das funções, consultar obra de CHARNET, et al. Análise de Modelos de Regressão Linear: com aplicações; pp 5-46.

Descrição das variáveis e hipóteses clássicas

- constitui as variáveis manifestas ou valores observados na pesquisa, ou ainda o vetor transposto com dimensão n , denotado por X , a chamada matriz de respostas, ou seja, a **variável dependente do modelo**;
- representam as correlações da matriz do tipo R , das constantes desconhecidas, denominadas de cargas fatoriais, **variáveis independentes do modelo**; sendo fixos seus elementos com variância constante (SANTANA, 2005);
- é o vetor-coluna dos **parâmetros** do modelo de regressão múltipla β ;
- significa o vetor transposto de variáveis aleatório ou vetor de componentes residuais, denotado por ϵ e assume-se a condição satisfatória do Modelo de Regressão Linear Clássico – MRLC²⁴ com normalidade para o termo de erro e distribuído normal multivariada com média ou valor esperado zero $E(\epsilon) = 0$ e matriz de covariância constante $V(\epsilon) = \Sigma$ (FUREI, 1993). Outras hipóteses²⁵ exigidas são, a não autocorrelação entre os erros não existe colinearidade entre pares das variáveis explicativas, o que significa não admitir combinação linear exata, e as variáveis independentes são fixas e não correlacionada com o termo de erro.

RESULTADOS

Esta seção está dividida em duas subseções. Inicialmente os resultados da AM revelam o conhecimento da estrutura de relacionamento das variáveis empregadas para análise do problema de pesquisa, assim como a validade estabelecida de suas relações complexas e a discussão estatística e teórica da representatividade do modelo. Na segunda subseção a partir da modelagem múltipla – MCE são apresentados os principais coeficientes técnicos e sua validade como estimadores eficientes, e o seu confronto teórico.

ANALISE FATORIAL

Fonte de dados e ajustes iniciais

24 Detalhamento das hipóteses Clássicas do modelo de regressão múltipla, consultar artigo, FUREY, a. M; KOWALSKI, C. J; SCHNEIDERMAN, E. D; WILLIS, S. M. A Pc Program To Aid In The Choice Of The Design Matrix In Multiple Linear Regression. Int J Biomed comput, vol. 33, pp 1-8.

25 Para discussão destas outras hipóteses, que também contemplam o Modelo de Regressão Linear Múltipla, verificar com maiores detalhes em: SANTANA, A. C. Métodos Quantitativos em Economia: elementos e aplicações. Cap. 4, pp 160- 162, 2003.

A validação do modelo de AM esta relacionada com a origem²⁶, tratamento²⁷ e ajuste²⁸ da base de dados empregada. Na aplicação da AF, os dados foram relativos às atividades produtivas provenientes da Pesquisa Agrícola Municipal – PAM, Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - PEVS e, foram utilizados os indicadores de área plantada/colhida em formato de séries temporais para o período e 2000 a 2010. Inicialmente, 26 atividades foram selecionadas com o mesmo tratamento estatístico (índices produtivo), porém a matriz de correlação e outros testes reprovou o emprego da AF, o que exigiu vários ajustes para o grau de validação necessário, entre os quais a redução do número de variáveis para melhorar o poder de explicação dos fatores e aumentar a associação das variáveis analisadas.

Validação da Interdependência

Inicialmente as estimativas da AF foram geradas pelo *software* aplicativo *Statistical Package for the Social Sciences* – SPSS²⁹, para analisar a viabilidade geral da estrutura de interdependência. Para o modelo final de AF o teste de KMO, foi da ordem de indicando um bom poder de explicação entre os fatores e as variáveis. O teste de esfericidade de Bartlett³⁰ foi significativo a , indicando elevadas associações e sustentando a de aplicação da AF nas variáveis indicadas (Figura 4).

Figura 4. Comparação dos testes KMO e Esfericidade de Bartlett empregados para Diferentes modelos.

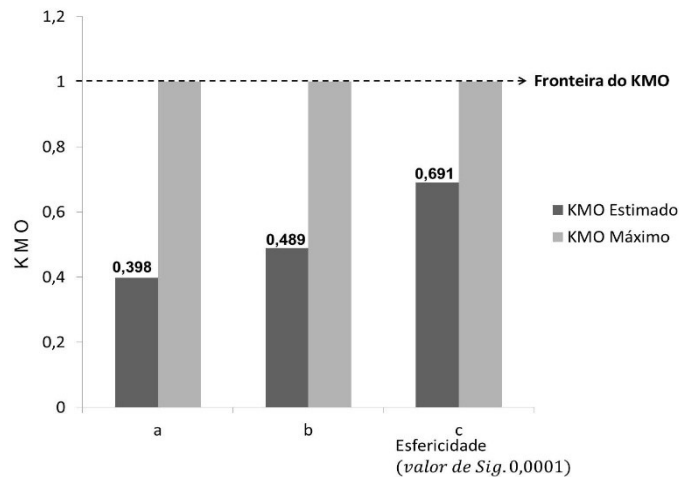
26 As estatísticas empregadas, no modelo de AF são todas provenientes do banco de dados agregados do IBGE - SIDRA, disponível em formato de planilha Excel, em escalas de município, consultar link para acesso: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2008/default.shtm>>.

27 Os dados foram transformados em índices produtivos, com todas as variáveis relativizadas pela área colhida.

28 O modelo final aqui analisado, estatístico e teoricamente, ficou ajustado com nove variáveis, sendo retiradas 17 variáveis inicialmente inseridas na Análise Fatorial Exploratória, porque apresentaram reduzida significância (matriz de correlação) e teoricamente não representavam a estrutura produtiva do município de Mojú..

29 Esta primeira etapa dos resultados, o SPSS versão 19.0 foi o pacote estatístico empregado para gerar os resultados e apoiar a tomada de decisões e aplicação analítica.

30 De acordo com a literatura, o valor de SIg, não deve ultrapassar 0,05, caso chega a 0,10, o emprego da Análise Fatorial não é apropriado.



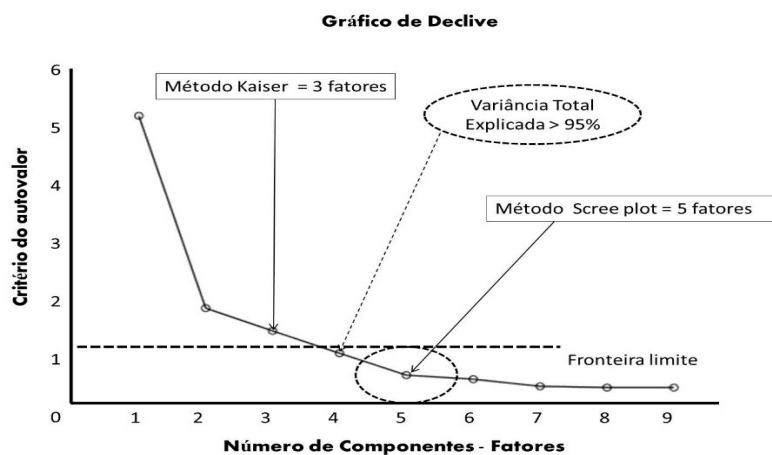
Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Os modelos estimados foram sequencialmente ajustados, a retirada de variáveis foi necessária para aumentar o grau de correlação e adequar a exigência da AF. Inicialmente, o modelo “a” estimado com 26 variáveis atestou baixo poder de explicação dos fatores, a redução do número de variáveis foi realizada para aumentou o total da Variância Explica - VE e o KMO, sendo o valor não significativo para aplicação do método , portanto um terceiro e último modelo foi estimado “c”, apresentando KMO próximo do limite , com nove variáveis e comunalidades altamente representativas para explicar a dinâmica do desflorestamento (Figura 4).

A Dimensão Fatorial e Interpretação dos Fatores

De acordo com a metodologia empregada, a matriz fatorial e as cargas explicativas foram estimadas pelo *software* SPSS versão 19.0, por meio da transformação da matriz de correlação, de acordo com o descrito nas equações 4,5,6, e 7 (seção metodologia). Os valores representativos dos percentuais da variância acumulada e da variância total foram os critérios utilizados para estruturar as dimensões latentes do desflorestamento no município de Moju. O ajuste estatístico adotado para definir as estruturas latentes, considerou um percentual de variância explicada acima de 95%, o que foi reforçado pelo método de componentes principais que comparou a soma das cargas fatorais e o limite de contribuição percentual de cada fator (Figura 5).

Figura 5. Métodos empregados para definição do número de Fatores (Kaiser, *scree plot* e percentual de variância explicada).



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Neste método as dimensões fatoriais devem ter como suporte uma boa revisão teórica para garantir as análises futuras do fator. Os quatro fatores retidos explicam mais de 95% da variância das nove variáveis do modelo de AF, considerado altamente relevante para uma aplicação posterior de regressão múltipla, onde o nível de significância exigido também é de 95% de resposta das variáveis explicativas em relação variável explicada (Figura 5).

A decisão de empregar os fatores como variáveis independentes garantiu o cumprimento de um dos pressupostos básicos do modelo de regressão linear, e uma análise mais detalhada da importância de cada fator esta presente na (Tabela-2). A matriz apresenta nove fatores possíveis, coluna (3), e seus respectivos autovalores discutidos na seção metodologia, assim como o percentual da variância, coluna (5), que estabelece um instrumento visual de corte para os fatores e o percentual de variância explicada pelo fator de forma acumulada, coluna (6) indicando elevada representatividade da variância total, o conjunto destas análises permitiu a definição teórica com critério múltiplos para a escolha dos 4 fatores que representam mais 95% da variância total dos componentes, coluna (6), o que é altamente significativo para aplicação da AF e a continuidade da análise dos seus fatores (Tabela-2).

Tabela 2. Matriz da variância total explicada pelo conjunto dos fatores obtidos pela análise fatorial fornecida saída do software SPSS 19.0.

Componentes (3)	Initial Eigenvalues (1)			Rotation Sums of Squared Loadings (2)		
	Total (4)	% of Variance (5)	Cumulative % (6)	Total (7)	% of Variance (8)	Cumulative % (9)
1	5,262	58,463	58,463	3,575	39,720	39,720
2	1,538	17,094	75,557	2,154	23,929	63,649
3	1,098	12,199	87,756	1,642	18,247	81,896
4	,666	7,401	95,157	1,194	13,261	95,157
5	,242	2,685	97,842			
6	,164	1,822	99,665			
7	,026	,292	99,956			
8	,002	,027	99,984			
9	,001	,016	100,000			

Notas*

1. Autovalores iniciais
2. Soma do quadrado das Cargas Rotacionais
3. Componentes ou 9 fatores possíveis
4. Auto valores dos fatores
5. Percentual da Variância
6. Percentual Cumulativo da Variância
7. Auto valor rotacionado
8. Percentual da Variância
9. Percentual Cumulativo

Fonte: Elaboração do autor (SPSS, 2012)

A variância cumulativa deve somar 100%, coluna (6), é o que assegura a metodologia, mostrando a compatibilidade dos resultados com os postulados da técnica, a coluna (5), revela a importância de cada fator e suas respectivas contribuições percentuais na variância, já a soma da coluna (4), corresponde ao total dos autovalores iniciais, sendo que os quatro fatores identificados respondem por 95,157% da variância dos componentes, assegurando a sua significância estatística e a importância na explicação do problema (Tabela-2).

Aplicada a técnica de componentes principais para extração de fatores representativos da base de dados, o passo seguinte foi examinar as cargas fatoriais significativas na matriz não-rotacionada, isto atestou a necessidade de isolar melhor as variáveis dentro dos fatores porque foi diagnosticado um elevado número de variáveis no fator F1 da matriz não-rotacionada, superdimensionado sua atuação e impossibilitando a leitura teórica (Tabela-3).

Tabela 3. Matriz comparativa de análise fatorial de componentes não-rotacionada e rotacionada.

Component Matrix (1)					Rotated Component Matrix (2)			
Variáveis (3)	Component (4)				Component (5)			
	F1	F2	F3	F4	FR1	FR2	FR3	FR4
Madeira	-,392	,863	-,008	-,192	,104	,238	-,795	-,485
Arroz	-,802	,068	,577	-,098	-,303	,876	-,045	-,359
Feijão	-,711	,104	,612	,310	-,275	,941	-,160	,039
Mandioca	,402	-,713	,382	-,377	,238	-,024	,947	-,063
Coco da baía	,758	-,100	,144	,587	,494	-,161	,148	,811
Dendê	,870	,195	,367	-,069	,924	-,128	,175	,184
Bovino	,946	,230	-,009	,048	,806	-,455	,012	,305
Carvão vegetal	-,918	-,115	-,087	,099	-,805	,400	-,178	-,186
Pimenta do reino	,852	,395	,283	-,143	,972	-,185	-,008	,067

Notas*

1. Componente Matricial não-rotacionado

2. Componente Matricial rotacionado

3. Variáveis

4 e 5. Componentes

* F= Fatores

* FR= Fatores

Rotacionados

Fonte: Elaboração do autor (SPSS, 2012)

Para maximizar o grau de correlação de cada variável com cada fator, e facilitar o isolamento ou vinculação ao fator foi aplicada de acordo com a metodologia a rotação ortogonal varimax, os fatores agora rotacionados – FR permitiram melhorar a compreensão das cargas fatoriais e a simplificação da estrutura fatorial e melhor especificação do modelo, sem nenhum prejuízo para a variância total e extraída e para as comunalidades (Tabela-3).

As maiores cargas fatoriais identificadas na linha das variáveis vincula-se automaticamente ao fator da matriz rotacionada, nesse sentido o “FR1” é composto por quatro atividades (dendê, bovino, carvão vegetal e pimenta do reino). O segundo fator “FR2” que explica mais de 23% da variância tem como composição o arroz e feijão, o penúltimo fator “FR3” apresenta a madeira e a mandioca na composição e a vinculação do coco da baía é feita pelo “FR4” e explica mais de 13% da variância dos componentes (Tabela-3).

A Nomeação dos Fatores

Nesta seção as cargas fatoriais e as comunalidades determinam significativamente a determinação dos nomes dos fatores, principalmente porque as relações de dependência futuramente estabelecida no modelo de regressão múltipla facilitarão as análises das relações de interdependência. Isto significa que dentro de um fator relações de associações positivas ou negativas também influenciam a análise do modelo e o seu resultado (Tabela 4).

Tabela 4. Matriz de análise fatorial de componentes rotacionada.

Rotated Component Matrix (1)					
Variáveis (3)	Fatores (2)				Comunalidades (4)
	Projetos Agorpecuários	Agricultura Tradicional	Interação de Subsistência	Plantação Industrial	
Madeira	,104	,238	-,795	-,485	,936
Arroz	-,303	,876	-,045	-,359	,991
Feijão	-,275	,941	-,160	,039	,987
Mandioca	,238	-,024	,947	-,063	,959
Coco da baía	,494	-,161	,148	,811	,949
Dendê	,924	-,128	,175	,184	,934
Bovino	,806	-,455	,012	,305	,951
Carvão vegetal	-,805	,400	-,178	-,186	,874
Pimenta do reino	,972	-,185	-,008	,067	,983

Notas*

1. Componente Matricial Rotacionada
2. Fatores Nomeados
3. Variáveis
4. Grau de correlações

Fonte: Elaboração do autor (SPSS, 2012)

No fator Projetos Agropecuários as atividades do dendê e pimenta do reino tem maior influência (cargas fatorais de 0,924 e 972 respectivamente), seguida da pecuária bovina e carvão vegetal, que apesar de variar juntos com os demais tem sentido oposto dentro do fator, o que pode estar associado às fortes ações de fiscalização ambiental no município de Moju para controlar desflorestamento e fechamento de carvoarias sem licenciamento (Tabela 4).

O segundo fator foi denominado de Agricultura Tradicional apresentou vinculação das atividades do cultivo de arroz e feijão, com as maiores comunalidades do modelo, explicando 99,1% e 98,7% respectivamente no grau de associação, o que descreve uma característica da atividade agrícola no Moju. O terceiro foi denominado de Interação de Subsistência e apresentou sentido oposto entre as atividades madeira e cultivo de mandioca, com maior peso no fator (carga fatorial de 0,947), isto pode estar relacionado com pequenas derrubadas de floresta para futuros roçados de base alimentar no município, como o cultivo da mandioca se expande, a quantidade de madeira tende a diminuir com o processo (Tabela 4).

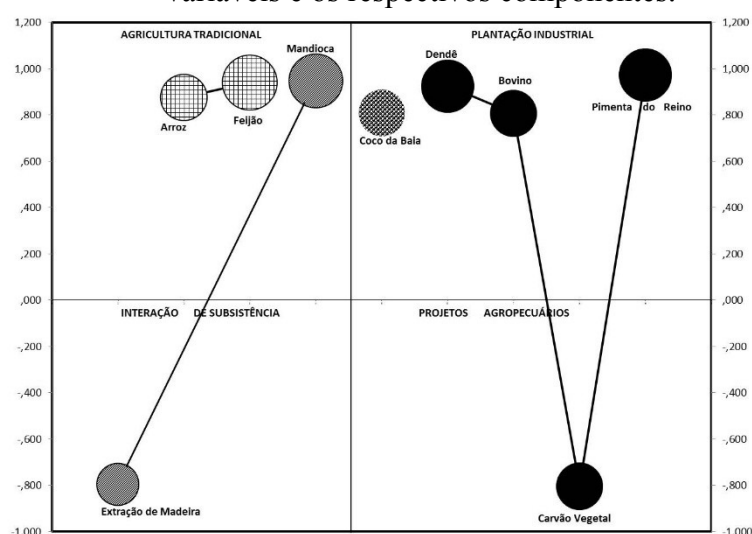
O ultimo fator foi denominado de plantação industrial e teve apenas a atividade do coco da baía como predominante o que esta associada a um ritmo estável de plantio e que as novas áreas não estão sendo incorporadas pela atividade (limitada pela reserva legal). As cargas fatorais em geral apresentaram 45% do seu valor com escores acima de 0,30, indicando um bom ajuste do modelo de AF (Tabela 4).

As comunalidades que representam as associações das variáveis pelos fatores, ou seja, o quanto da variância das atividades é explicado pelo conjunto dos fatores apresentou elevado

coeficiente, ou seja, estatisticamente significativo, em geral o nível mínimo admitido é de 0,5 para este indicador, e a coluna da comunalidades indicou que o menor valor explicou 87,4% da variação da atividade de carvão vegetal (Tabela 4).

Uma análise gráfica determinada pela interação das cargas fatoriais e sua vinculação isolada com os fatores foi produzida para complementar análise da matriz rotacionada. Os componentes que apresentaram cargas negativas foram ajustados nos quadrantes inferiores, posicionando o fator relacionado, e os demais fatores que estão vinculados apenas com variáveis de escores positivos ajustaram-se nos quadrantes superiores (Figura 6).

Figura 6. Resultado gráfico da matriz de análise fatorial rotacionada, a disposição das variáveis e os respectivos componentes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A rotação ortogonal do tipo varimax, garantiu a independência dos fatores analisados, sendo que a variância foi redistribuída, estabelecendo uma nova estrutura de cargas fatoriais, mais claras que permitiram o isolamento do fator. Para esta visualização gráfica apenas as maiores cargas foram adicionadas no gráfico e suas devidas posições maximizadas para eliminar cruzamentos, a figura tem ligações com a (Tabela 4), e revela estruturas de ligações teóricas importantes para a estruturação do modelo de regressão proposto nas seções adiantes (Figura 6).

A Equação Fatorial

Os quatro fatores juntos respondem por “95,15%” da variância total dos componentes, sendo o fator 1 o mais importante, explica de forma individual 39,72% da variância e tem na sua composição 4 atividades que caracterizam bem o desflorestamento recente no município de Moju, as equações estimadas estão descritas para este fator:

	(16)	
+	(17)	
+		(18)
+		(19)
+		(20)

As variáveis explicadas pelo fator 2,

	(21)	
+		(22)
+		(23)

As variáveis explicadas pelo fator 3,

	(24)	
+		(25)
+		(26)

As variáveis explicadas pelo fator 4,

	(27)	
+		(28)

De forma agregada, a análise da matriz de cargas fatoriais, a forte associação indicadas pelas comunalidades e a montagem sequencial das equações fatoriais permitiram estruturar as bases para a especificação do MCE, determinado por meio da regressão múltipla e ajustado pelos estimadores de mínimos quadrados foi estabelecido que os fatores fossem a parte determinística do modelo, objeto da segunda parte dos resultados.

ANALISE DO MODELO - MCE

As compreensões das relações teóricas sobre a dinâmica do desflorestamento definiu as relações funcionais, em deterministas e aleatórias, e estimou o seguinte modelo econométrico, em forma linear ajustados com os regressores fatoriais:

(29)

Em que α é o desflorestamento no município de Moju em Km² para o período relacionado; corresponde ao intercepto ou valor médio do desflorestamento quando os fatores ($\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$) forem iguais à zero; os β_i são os coeficientes estimados pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários – MQO e medem a mudança no valor médio de α resultante da variação unitária em um dos fatores, e mantendo constante o valor dos demais; os fatores ($\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$) são as variáveis explicativas ou regressores do modelo e ϵ é o termo de erro ou componente aleatório.

Os Resultados Estatísticos

A partir da especificação do modelo da seção anterior, foram realizados os principais testes que validam as hipóteses clássicas do modelo de regressão linear múltipla empregado. A

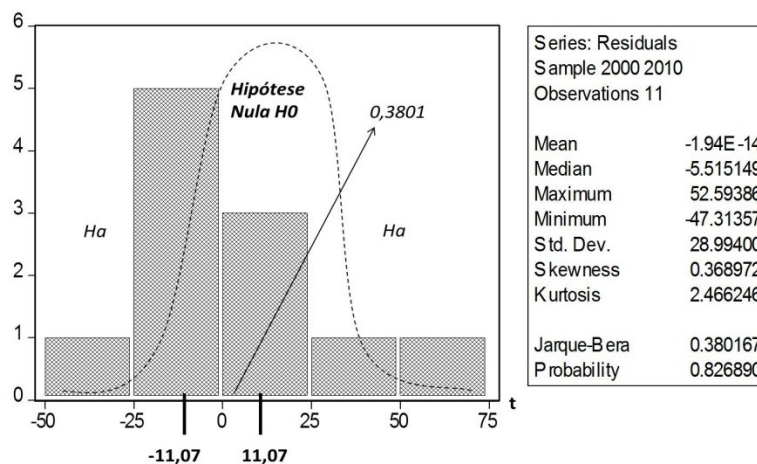
aplicação de modelos e outras técnicas estatísticas exigem o cumprimento das suposições e pressupostos para garantir a análise dos resultados e a utilização dos estimadores como coeficientes preditivos eficientes.

Normalidade dos Resíduos: o teste Jarque Bera - JB

A inclusão deste teste foi de grande valor para esta pesquisa, porque em amostras relativamente pequenas (desflorestamento recente) a sua exigência é maior para garantir a validação dos testes “t” e “F”, ou seja, a validação geral do modelo enquanto instrumento de predição. O teste JB avalia a hipótese de normalidade dos dados e seus resultados aceitam a hipótese nula, de que os erros apresentam distribuição normal (Figura 7).

O teste JB segue uma distribuição com graus de liberdade, assegurando um JB calculado da ordem de 0,380167 bastante inferior ao valor crítico da distribuição, tabulado em 11,07. Para outros comparativos da eficiência, atesta-se na linha (*Probability* = 0,8268 >) no relatório gerado pelo *software Eviews*, revelando valor de JB *probability* acima de 5% e distribuição próxima a normal apresentada pelo histograma (Figura 7).

Figura 7. Relatório de normalidade a partir da análise dos resíduos, o teste Jarque Bera



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

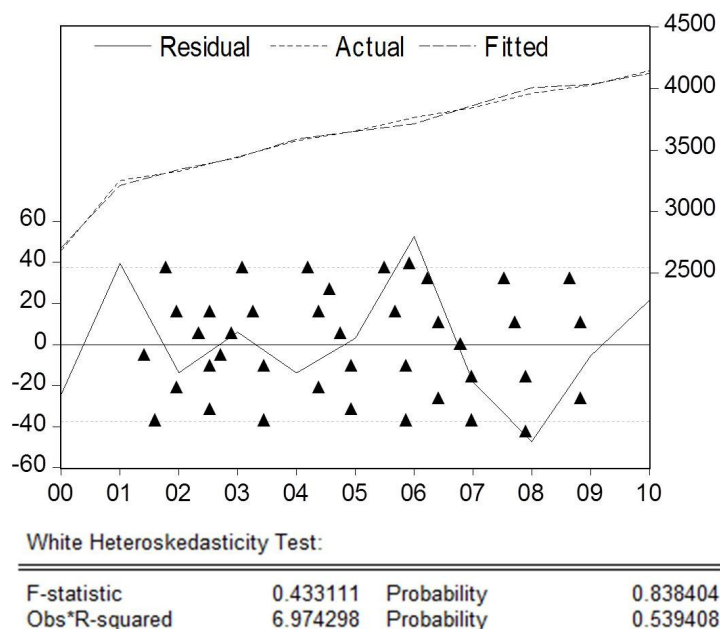
A área de aceitação da hipótese nula foi dada pelo destaque da seta, que inclui o intervalo de avaliação e aceitação da hipótese nula, e ao mesmo tempo estabelece o intervalo da hipótese alternativa do teste (Figura 7). A distribuição do termo de erro apresenta distribuição normal, e é centrada na media zero, sendo que os seus resíduos variam de (*minimum* de -47.31357 a um *maximum* de 52.59386).

A Variância do termo de erro: o teste *White Heteroskedasticity*

O processo de geração de dados para o desflorestamento pode apresentar variância não constante, ou seja, dados com problemas de heterocedasticidades, e como a validação geral do modelo depende desta não violação, procedeu a análise com resultados satisfatórios, aceitando-se a hipótese nula de que os dados são homocedásticos por meio do teste F ($Probability = 0,8384 >$), isto garante que os desvios-padrão dos estimadores não são tendenciosos, as estatísticas T e F não são viesados e perfeitamente normais (Figura 8).

O relatório do teste foi gerado pelo *software Eviews* que permite a sua correção automática na hipótese de detecção do problema, de acordo com o teste a variância não altera sua largura quando os valores de x aumentam (eixo das abscissas), o que indica regularidade e constância na variância residual, não ultrapassando os limites inferiores e superiores ao longo da serie (Figura 8).

Figura 8. Relatório de Análise da variância, o teste de *White Heteroskedasticity*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Outro componente importante é que ao longo da serie os componentes residuais se ajustam perfeitamente mantendo os valores *Actual* próximos do *Fitted*, isto garante que os resíduos parecem aleatórios, ou não configuram a formação de padrões, o que afiança que a técnica de

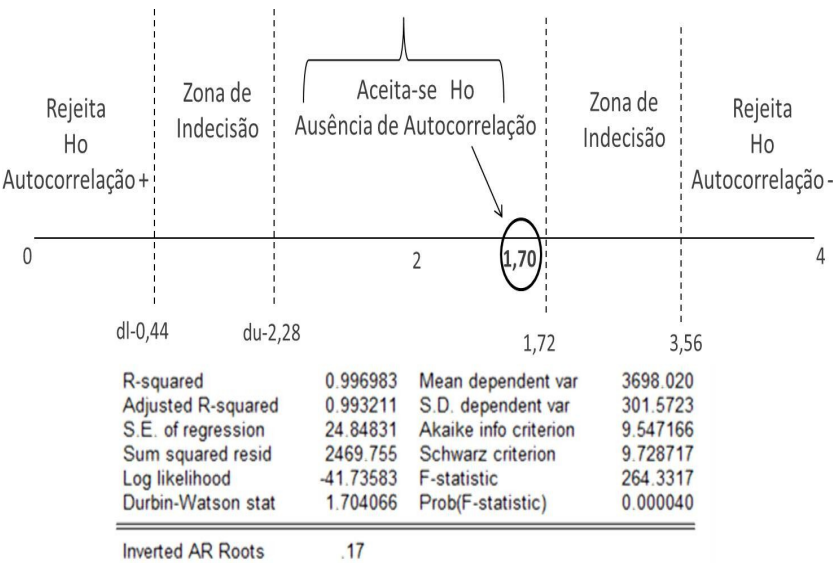
mínimos quadrados é um método eficiente para modelar o problema do desflorestamento no município de Moju (Figura 8).

A Correlação dos Resíduos: o teste Durbin-Watson – DW

Neste teste, os dados referentes ao desflorestamento podem apresentar erros correlacionados, pois, trata-se de informações de natureza temporal, e em se tratando da dinâmica do desflorestamento, um período pode ter influenciado altamente anos subsequentes, decorrentes da presença de políticas públicas, expansão de atividades incentivadas pelo governo, ou inúmeras alternativas. O relatório do teste foi gerado pelo *software Eviews* que permite a comparação direta da hipótese de correlação de primeira ordem ao nível de 5% de probabilidade por meio do teste F ($Probability = 0,2838 > .$). Segundo o relatório para o MCE, foi aceita a hipótese nula, de que os erros são não-correlacionados (Figura 9).

Analisando pelo critério das zonas de avaliação da autocorrelação, são identificados em tabela específica para o número de variáveis explicativas da regressão “k” com referência cruzada para o número de observações “n” do teste DW os limites inferiores e superiores nesta ordem ($dl=0,44$ e $du=2,28$), e o índice d estimado pelo *software Eviews*, que gerou valor igual a “1,70” da estatística DW, fazendo os devidos enquadramentos e testando a hipótese de ausência de autocorrelação aceita-se a hipótese nula de que não existe correlação serial dos resíduos (Figura 9).

Figura 9. Relatório de Análise da autocorrelação residual: o teste de *Breusch-Godfrey Correlation LM*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A Multicolinearidade das Variáveis Independentes

Um dos pressupostos fundamentais no modelo de regressão linear, é que as variáveis explicativas devem assumir seus efeitos de influencia sobre a variável dependente, mais mantendo constantes as demais variáveis, no entanto, quando um par ou grupo de variáveis são colineares, o efeito isolado fica prejudicado. Na dinâmica do desflorestamento as atividades produtivas analisadas podem sofrer fortes alterações de forma conjunta, no entanto este problema foi eliminado porque os regressores do MCE foram às dimensões fatoriais e seus devidos escores.

No entanto, o teste de multicolinearidade foi realizado independente das precauções anteriores, as medidas adotadas compararam os pares de correlações simples entre as variáveis explicativas, é comparado com o coeficiente de determinação do modelo de regressão. Por este critério, o coeficiente de correlação simples das variáveis independentes ao quadrado foi comparado com o, portanto foi rejeitada a hipótese de presença de multicolinearidade entre os fatores adotados no MCE, validando os procedimentos iniciais adotadas na análise fatorial para estabelecer elementos preditivos.

Análise Estatística do MCE

Os relatórios exportados pelo *software Eviews* para os testes de violação das hipóteses clássicas do modelo de regressão múltipla foram todos suficientes, eliminando qualquer problema estatístico que produzisse estimadores espúrios, enviesados ou que não validassem o MCE como um modelo apropriado para analisar a dinâmica do desflorestamento e reproduzir estimativas para análise de cenários (Figura 10).

Figura 10. Relatório de Análise das Estatísticas Estimadas pelo Eviews

Estatísticas (1)	Valores (2)	Estatísticas	Valores
R-squared	0.995217	Mean dependent var	3605.627
Adjusted R-squared	0.992028	S.D. dependent var	419.2277
S.E. of regression	37.43109	Akaike info criterion	10.38584
Sum squared resid	8406.519	Schwarz criterion	10.56670
Log likelihood	-52.12209	F-statistic	312.0992
Durbin-Watson stat	2.232269	Prob(F-statistic)	0.000000

Notas:

1- Indicadores Fornecidos pela estimativa Eviews

2- Estimativas e parâmetros de análise

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A eficiência do modelo atesta-se por meio de estimadores não-viesados por meio de comparações com os valores das estatísticas estimadas. O modelo MCE é altamente significativo para analisar o desflorestamento em Moju, a estatística F de 312,09, é significativa a 1% de probabilidade de erro (o $F_{\text{crítico}}$ com 7 graus de liberdade igual a 5,59), o que permite rejeitar a hipótese nula (Figura 10).

Os valores referentes aos critérios de *Akaike* e *Schwarz* foram baixos, isto indica excelente ajustamento do modelo e assegura que a especificação foi apropriada ao problema analisado. As variáveis independentes exercem forte influencia na resposta ao desflorestamento no município, o coeficiente de determinação ajustado aos graus de liberdade = 0,9920, indica que mais de 90% das alterações no ecossistema do município são explicadas pelas dimensões fatoriais empregadas no modelo, *ceteris paribus* (Figura 10).

Análise Econômica do MCE

Os resultados do MCE especificado em seções anteriores atesta elevada significância na explicação do fenômeno do desflorestamento no município de Moju e apresenta todos os sinais condizentes e justificado pelos postulados teóricos, dado o grau de interação atestado no modelo de análise fatorial. Na leitura dos parâmetros, todos foram significativos a 1% de probabilidade de erro atestando alta representatividade na explicação do fenômeno estudado e em média o desflorestamento recente se deu torno de 3.641Km² no período analisado considerando nula (valor = 0) a participação dos demais parâmetros (Figura 11).

Figura 11. Resultados da estimação do MCE pelo Eviews

Dependent Variable: MCE(1)
Method: Least Squares(2)
Date: 05/24/12 Time: 16:38
Sample(adjusted): 2001 2010(3)
Included observations: 10 after adjusting endpoints(4)
Convergence achieved after 6 iterations(5)

Variable(6)	Coefficient(7)	Std. Error(8)	t-Statistic(9)	Prob(10)
C	3641.466	20.40535	178.4564	0.0000
PA	228.7223	28.85367	7.926973	0.0014
AT	-139.7854	9.719310	-14.38223	0.0001
IS	107.8871	11.89573	9.069399	0.0008
PI	193.0158	26.76913	7.210388	0.0020

Notas:

- 1- Variável Dependente: Desflorestamento;
- 2- Método empregado: Mínimos Quadrados Ordinários – MQO;
- 3- Amostra Ajustada;
- 4- Variáveis incluídas após ajustes;
- 5- Convergência alcançada após 6 iterações;
- 6- Variáveis adotadas;
- 7- Coeficientes estimados;
- 8- Erro padrão das variáveis;
- 9- Estatística – t;
- 10- Probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Os coeficientes do MCE explicam a magnitude de variação no desflorestamento quando os fatores variam em uma unidade. As explicações na dinâmica de conversões de ecossistemas no município de Moju captam por meio dos fatores estimados, qual o impacto em Km² de uma unidade estimulada no fator analisado, considerando sua contribuição de forma isolada sobre o desflorestamento, ou seja, *ceteris paribus* para o conjunto dos demais regressores (Figura 11).

As variações individuais são importantes porque descrevem o impacto independente de cada fator sobre o processo de conversão florestal. Nesse sentido, o coeficiente técnico dos projetos agropecuários em Moju foi da ordem de 228,72 indicando que para cada estímulo em uma unidade no setor, a dinâmica de desflorestamento sofre impulso de 228,72 Km²/ano, no mesmo sentido, mantendo constante o efeito dos demais fatores, isto isola o fator, como o principal estimulador das conversões de ecossistemas no município (Figura 11).

O parâmetro que faz a leitura da agricultura tradicional apresentou sinal negativo em relação ao desmatamento, pois na análise de interdependência do modelo de análise fatorial, tal resultado foi captado pela interação das variáveis. No MCE o coeficiente foi negativo em 139,78, o que indica que caso as políticas públicas no município estimulem (aumento de incentivos) a agricultura tradicional em uma unidade, a resposta a estas incitações promove uma redução de 139,78Km²/ano no desflorestamento, *ceteris paribus* (Figura 11).

O parâmetro de interação de subsistência apresenta coeficiente positivo, indicando que teoricamente estímulos neste fator respondem em mesmo sentido para as conversões florestais, ou seja, uma elevação de uma unidade no parâmetro – IS, causa desflorestamento que se eleva em 107,88 Km²/ano, mantendo constantes os parâmetros projetos agropecuários, agricultura tradicional e plantação industrial (Figura 11).

O parâmetro plantação industrial exibiu comportamento positivo e também condizente com o postulado teórico dos fatores do desflorestamento, o coeficiente técnico estimado foi da ordem de 193,01 é o terceiro maior estimador do MCE, assegurando que as mudanças que resultem em aumento do estímulo das plantações industriais em uma unidade, estimulam as conversões de ecossistemas em 193,01Km²/ano, ceteris paribus os demais parâmetros, o que representa forte participação deste fator na explicação da dinâmica de conversões (Figura 11).

O MCE estimou os impactos no desflorestamento decorrentes de estímulos nos fatores e a sua magnitude foi determinado pelo coeficiente técnico dado pela equação de regressão múltipla. Assumindo que os estímulos variam em uma unidade, com ação isolada dos parâmetros e que a expansão das atividades produtivas utilizam áreas novas para processos de conversão, a partir desta condição foi estimada a evolução dos incrementos anuais do fator e a sua relação com a área de floresta atual no município de Moju.

Secundariamente para a análise de cenário foi defendido que o estímulo futuro para às atividades produtivas de acordo com o modelo, manteve constante a interação entre os fatores e excluiu com base na realidade do município a possibilidade de implementar algum instrumento de política pública de compensação ambiental, entre as quais, a recuperação de áreas degradadas, as políticas de reflorestamento e recomposição florestal, etc.

A proposta de modelagem analisou quatro cenários para o município de Moju. O primeiro nomeado como Cenário A – CA foi analisada com base no parâmetro PA, e apresentou o maior impacto no desflorestamento recente, indicando que no ano de 2020, metade da floresta remanescente do município terá sido convertido em atividades produtivas. Um estímulo anual de uma unidade impulsiona as dinâmicas de conversões em torno de 284,9 Km² ceteris paribus, nesse ritmo as áreas remanescente de florestais teriam um duração de apenas 18 anos (Figura 12).

Figura 12. Estimativas dos incrementos anuais do desflorestamento e redução das áreas de florestas, sob a ótica dos Projetos Agropecuários.

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

As trajetórias do desflorestamento acumulado esta vinculada ao eixo principal em característica ascendente e o vetor área de floresta possui vinculação ao eixo secundário e tendência descendente, as trajetórias se interligaram em 2019, quando 2848 Km² de novas áreas de ecossistemas terão sido inseridas em atividades produtivas. De acordo com o modelo fatorial, as atividades com maior impacto foram dendê, pecuária bovina e a pimenta-do-reino na explicação do CA (Figura 12).

O Cenário B – CB, as estimativas da agricultura familiar são positivas para as conversões florestais, a dinâmica das atividades no município atesta que as inversões no setor podem reduzir o desflorestamento e contribuir para um aumento da área de floresta. Os cultivos de arroz e feijão se incentivados apresentam diminuição do avanço das conversões de ecossistemas de em 131,58 Km², o que representa uma excelente política para conter o desflorestamento municipal. (Figura 13).

Figura 13. Estimativas dos incrementos anuais do desflorestamento e redução das áreas de florestas, sob a ótica da Agricultura Tradicional.

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Nesse sentido, as curvas dos vetores não se interligam, exatamente porque a contribuição do parâmetro é inversamente proporcional ao desflorestamento. Os estímulos nessa atividade contribuem para consolidarem as áreas de plantio de arroz e feijão, e concomitantemente contribuem para uma dinâmica de sucessão florestal que restabelece a área desflorestada no município de Moju num período equivalente há 40 anos (Figura 13).

Os estímulos às atividades de agricultura tradicional valorizam os produtores locais e desmobilizam o emprego do fator terra para outras atividades, estabelecendo condições objetivas para produção e comercialização. Quando o fator altera em uma unidade, os reflexos são de diminuição no desflorestamento em 139,78 Km², ceteris paribus. Isto representa que na comparação com outras atividades, à agricultura tradicional exerce menor impacto no processo de conversões (Figura 13).

O Cenário C – CC corresponde à dinâmica do parâmetro de Interação de Subsistência, mantido constantes as demais variáveis, a cada ano apenas 83,84 Km² são desflorestados no município proveniente de extração de madeira e expansão de plantio de mandioca. A leitura do coeficiente indica que a interação das trajetórias levaria em torno de 30 anos para converter um pouco mais de 2500 Km² de novas áreas para e nesse mesmo ritmo somente em 2070 a

expansão para novas áreas utilizadas nas atividades de madeira e mandioca esgotariam, isto assegura certa subsistência e sustentabilidade no uso do recurso terra (Figura 14).

Figura 14. Estimativas dos incrementos anuais do desflorestamento e redução das áreas de florestas, sob a ótica da Interação de Subsistência.

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

O quarto e ultimo Cenário D – CD apresenta atividade de plantação de coco isolada no fator, e o parâmetro de desflorestamento ascendente na regressão, mantido constante as alterações nas demais variáveis até ano de 2020 ocorreram às interações entre o incremento do desflorestamento e a redução da área de floresta. Os estímulos no setor expandem a produção para 263,44 Km²/ano e em 2030, a área de floresta seria exaurida para atender as expansões do setor, mantendo constante o efeito das demais atividades (Figura 14).

Figura 14. Estimativas dos incrementos anuais do desflorestamento e redução das áreas de florestas, sob a ótica da Plantação Industrial.

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

As conversões dos ecossistemas segundo a modelagem apresentam quatro perspectivas de análise. Primeiramente foi avaliada a significância e coerência teórica das variáveis (parâmetros estimados), seguida da magnitude de alterações no meio físico para variações unitárias nos regressores, e posteriormente a relação desse impacto nos estoques de florestas do município sob a hipótese de expansão para novas áreas e finalmente, uma leitura da interação dos cenários, analisando a evolução conjunta dos parâmetros e as expectativas futuras.

Considerando a área de floresta como uma variável exógena ao MCE foi possível identificar elementos comparativos para análise da dinâmica do desflorestamento. Nesse sentido, a expansão dos projetos agropecuários isoladamente contribuiu para o maior impacto na

conversão de novas áreas, influenciado por uma política nacional expansionista de uso sustentável do biocombustível – PNPB, a cultura do dendê acelerou as conversões florestais no município e liderou o processo de desflorestamento em Moju.

Um forte indicativo dessa expansão, é a simulação dentro das hipóteses estabelecidas, onde seriam necessários apenas 19 anos, *ceteris paribus*, para que as áreas de florestais fossem totalmente dizimadas. Na comparação com os demais parâmetros estimados, a expansão dos plantios industriais a exemplo do coco da baía, ocupa a segunda colocação entre os fatores com maior magnitude de conversões de ecossistemas, com o coeficiente apresentado em pouco mais de 20 anos as áreas de florestais não existiriam, em decorrência de estímulos a este setor (Figura 15).

Figura 15. Estimativas da redução das áreas de florestas, um enfoque comparativo dos parâmetros.

Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

O CC aponta para situação bem melhor na comparação com os cenários CA e CD, pelo coeficiente estimado a interação das atividades de extração de madeira e plantio de mandioca pelo ritmo que apresentado, necessitariam de pelo menos 60 anos de atividade intensa para exaurir os recursos florestais, o que revela que a principal cultura da agricultura familiar oferece tem menor impacto no desflorestamento do município (Figura 15).

Com relação ao envolvimento do agricultor familiar, outra condição no MCE atesta para ganhos comparativos dos produtores, as plantações de arroz e feijão contribuem para a diminuição do desflorestamento, pois apresentaram relação inversa com a variável determinada. Incentivos na agricultura tradicional permitem a organização da produção e maior fixação a terra, diminuição da especulação fundiária e diminuição da pressão por vendas e exploração de novas áreas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dinâmica de desflorestamento no município de Moju foi determinada a partir de uma estrutura de relacionamento vetorial representada por quatro dimensões fatoriais com vinculações significativas de nove variáveis empregadas no modelo, que juntas explicaram mais de 95% da variância total, isto significa que as variáveis contempladas pela análise multivariada apresentaram um elevado nível de interdependência que se ajustou automaticamente para responder as mudanças na conversão de ecossistemas.

O ajustamento no modelo fatorial foi necessário para isolar o conjunto de variáveis que explicam a dinâmica do desflorestamento recente no município, identificando os principais

vetores nesta ordem de importância quanto à intensidade dos escores fatorais estimados: projetos agropecuários; agricultura tradicional; interação de subsistência e plantação industrial.

No entanto, a compreensão da dinâmica do processo de conversão em Moju não ficou condicionada apenas a identificação dos principais determinantes apontados pela análise fatorial, foi proposto um modelo econométrico MCE para estimar os impactos dos fatores no desflorestamento do município entre os anos de 2000 e 2010 e a sua relação com os 1.460 Km² de novas áreas convertidas em atividades produtivas nesse período (INPE, 2012).

O MCE concluiu que o parâmetro “projetos agropecuários” apresentou o maior coeficiente de resposta sobre a variável determinada, isto significa que os estímulos recebidos pelo conjunto de atividades vinculadas ao fator responderam fortemente como causa do desflorestamento, com razões justificadas pelo mercado consumidor e o incentivo de políticas públicas específicas na região. Com um desflorestamento médio no município de 3.605,62 Km² no período analisado, a contribuição dos PA foi em torno 284,89 Km²/ano quando recebeu estímulos unitários e sem a influência dos demais fatores.

Uma das principais atividades dos projetos agropecuários que aumentou de forma linear o desflorestamento foi a ampliação das áreas do plantio de palma do dendê no município, que inicialmente, ocupavam 1.914 ha e no ano final do período analisado já somavam 8.322 ha, com crescimento unitário na ocupação de áreas de 3,35 vezes. A média da expansão das áreas de plantio ficou em torno de 6.193 ha/ano e o crescimento da cultura assim como a sua vinculação para o aumento do desflorestamento esta associado principalmente à atuação de grandes empresas de extração e industrialização do óleo de palma (IBGE, 2012).

As atividades de plantio do dendê nos últimos dez anos em Moju cresceram em mais de 300% e estão diretamente associados com a dinâmica de conversões de florestas. As novas áreas foram sendo incorporadas para atender a lógica do mercado sob um enfoque monocultivo e mobilizando muito recurso na região, tendenciado pelas grandes empresas como Marborges, Agropalma, Biopalma, BioVale e as prestadoras de serviços da Petrobrás e do grupo chinês no município tem estimulado a abertura de áreas que não estão recomendadas pela zoneamento agroecológico, isto explica a grande influencia desta atividade na dinâmica de conversões de ecossistemas.

Esta lógica de mercado começou a integrar a produção familiar rural para aumento do plantio da palmeira do dendê, por meio de projetos vinculados nas áreas da agricultura familiar casado com incentivos fiscais, tendo em vista que 64% população de Moju esta na zona rural. Esta população rural de 44.803 vive uma nova relação de produção e reprodução familiar e de

vínculo com a terra, com consequências diretas no desflorestamento recente, as áreas de produção agrícola foram sendo convertidas em plantio da palma do dendê e novas áreas para produção de alimentos foram sendo abertas pelos produtores, que em função da grande expansão da cultura ficaram cercados pelo plantio (IBGE, 2012).

As condicionantes de mercado ao aumento do desflorestamento se estendem para as questões de demanda externa ampliada por inúmeras utilidades nos setores de alimentos, lubrificantes e cosméticos. As estruturas de mercado estabelecidas pelos plantios em grande escala, igualmente oferecem uma boa resposta para o aumento do desflorestamento, na medida em que pressionam uma valorização do fator terra, e venda subsequente em áreas onde a derrubada já aconteceu, o campo está limpo para o plantio e tenham medidas acima de 50 ha. Isto explica também a expansão da palma para áreas onde o ecossistema predominante eram pastagens, que dentro do fator aparece com significativa expressão.

A relação de aumento do desflorestamento pelos projetos agropecuários também está relacionado com o parâmetro da agricultura tradicional que segundo análise do MCE contribui para diminuir as conversões de ecossistemas florestais quando incentivada em uma unidade para 139,78 Km²/ano, ceteris paribus, para as demais influencias, o que ressalta a importância em investir na agricultura familiar como política pública de combate efetivo as conversões florestais, porque os produtores familiares são os agentes multiplicadores de processos e as gerações administram a complexa relação recursos limitados versus necessidades ilimitadas.

Outra questão concluída com a modelagem é a suspeita da expansão dos grandes projetos agropecuários, basicamente associado às atividades de dendê e pecuária bovina para áreas de produção de lavouras. O crescimento de estabelecimentos de criação bovina foi multiplicado em 17 vezes justificando um crescimento absoluto do rebanho de 27.500 cabeças em 2000 para 51.131 cabeças em 2010, ao mesmo tempo em que a agricultura tradicional representada pelo plantio de feijão e arroz reduziu suas áreas plantadas de 800 ha e 500 ha na sua maior área cultivadas para 300 ha e 200 ha, respectivamente (IBGE, 2012).

De um lado, as ações de políticas públicas, como do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel – PNPB criado em meados de 2004 com o intuito de envolver os agricultores familiares na produção e com perspectivas de maiores rendas, promoveu certa desmobilização da produção tradicional explicando em parte a queda da área plantada das culturas de feijão e arroz. De outro, a pressão por áreas para expandir a criação de bovinos e atender demanda externa de animais vivos pela empresa *AgroExport* com sede da filial em Belém, mais com entrepostos de comercialização e fazendas no município de Moju, tem promovido a expansão

da atividade em larga escala no município e priorizado grandes investimentos com reflexos também nos processos de conversão de ecossistemas.

A conclusão retirada do modelo proposto pode ser avigorada quando comparamos o aumento da participação da na pauta do produto “outros bovinos vivos” pela empresa *AgroExport*, foi identificado que no ano de 2006 US\$ 23.630.827 com participação relativa na pauta daquele ano de 7,24, em quatro anos depois o mesmo produto já havia vendido US\$ 153.400.713 e a participação na pauta subiu para 32,82%, tornando-se o principal produto exportador por Belém em valor (MDIC, 2012).

Estas estatísticas revelem fortemente a importância que o capital privado atribuiu para o produto, no entanto, para aumentar as exportações novas áreas precisam servir de criadouro e engorda dos animais, o que reforça a pressão por terras no município de Moju, então as terras já descampadas passam por um novo processo de valorização culminando na venda e procura por novas áreas, ou também o financiamento do capital estimula recentes conversões de florestais promovidas diretamente para a criação de bovino ou indiretamente para acessar novas áreas de plantio para lavouras ocupadas por agricultores que venderem suas terras explicando um ciclo identificado pelo MCE.

A análise fatorial revelou interações importantes para o entendimento da dinâmica de desflorestamento em Moju, o parâmetro Interação de Subsistência composto pelo plantio de mandioca e a extração de madeira revelou características importantes. Dentro do fator a relação destas atividades de mesma intensidade apresentaram sentidos opostos, isto estaria associado para o problema de conversão de ecossistemas que a retirada de madeira tem um papel inicial de reserva de valor, mais como o estoque é conhecido, posteriormente predomina o plantio de mandioca nestas áreas e outros ciclos subsequentes também são revelados.

O parâmetro de IS foi o que menos causou desflorestamento, levando em consideração que o estimador AT apresentou relação inversa com a variável dependente. Para o município de Moju esta condição estaria associada com o predomínio da pequena agricultura na frente destas atividades, que hoje possuem 1.531 estabelecimentos agropecuários no grupo de atividade da lavoura temporária com no máximo quatro módulos fiscais de 25 ha cada (IBGE, 2012).

A combinação de investimento neste fator da IS pode não apenas prolongar os efeitos da extinção de florestais no município, para daqui há 60 anos segundo as estimativas, como também acusam ser uma das melhores políticas públicas para fortalecer a população do meio rural, pela fixação do produtor ao campo e a possibilidade de consolidação da atividade de

mandioca que teve grande oscilação no período analisado, incentivos neste parâmetro elevam o desflorestamento em apenas 107 Km²/ano, ceteris paribus (IBGE, 2012).

Outras aferições do modelo estão associadas ao elevado crescimento do plantio de coco no município, com utilização média de 6.746 ha/ano, a análise do parâmetro da PI revelou que os incentivos nesta cultura resultam num desflorestamento de 193,01 Km²/ano, ceteris paribus. Os grandes projetos de plantio estão associados com direcionamento industrial pela empresa Sococo em área plantada de aproximadamente 5.000 ha ou o equivalente a 70% de toda a área ocupada pela cultura, entre 2000 e 2010 a produção também só vem aumentando, e como já existe uma limitação na área da empresa por conta da reserva legal, produtores familiares ajudaram a expandir a cultura no município, contanto com uma venda garantida para a empresa Sococo (IBGE, 2012).

Portanto, as interações reveladas em torno do modelo de análise fatorial permitiram explicar porque no município de Moju existe um predomínio dos grandes projetos como causa direta do desflorestamento e quais foram os principais impactos das públicas direcionados ao município, e ainda como reverter, a dinâmica atual por meio de instrumentos inclusivos de incentivos, assistência técnica direcionada e garantia de mercados para produtos com foco na produção agrícola familiar.

REFERÊNCIAS

- RANDA, A; FERREIRA, G; TOLEDO, M.M.D; SACARPELLINI; SASTRESA, E. L. Multiple regression models to predict the annual energy consumption in the Spanish banking sector. *Energy and Buildings*, vol. 308, pp 318-333, 2012.
- ATIC I, U. Prediction of the strength of mineral admixture Concrete using multivariable regression analysis and an artificial neural network. *Expert Systems with Applications*, vol. 38, pp 9609-9618, 2011.
- ANDO, T. Bayesian factor analysis with fat-tailed factors and its exact marginal likelihood. *Journal of Multivariate Analysis*, vol.100, pp 1717-1725, 2009.
- AGARWAL, D. K; SILANDER, J. A; GELFAND, A. E; DEWARD, R. E; MICKELSON, J.G. Tropical deforestation in Madagascar: analysis using hierarchical, spatially explicit, Bayesian regression models. *Ecological Modelling*, vol. 185, pp 105-131, 2005.
- BEZERRA, F. A. Análise Fatorial. In: CORRÊA, L. J; PAULO, E; FILHO, J. M. D (Orgs). *Análise Multivariada: para os cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia*. São Paulo: Atlas, 2009. pp 73-130.

- BOIK, J. R. Inference on Covariance Matrices under Rank Restrictions. JOURNAL OF MULTIVARIATE ANALYSIS, vol.33, pp 230-246,1990.
- BHATTARAI, K; CONWAY, D; YOUSEF, M. Determinants of deforestation in Nepal's Central Development Region. Journal of Environmental Management, vol. 91, pp 471-488, 2009.
- CHARNET, R; FREIRE, C, A. L; REGITATO, E. M; BONVINO, H. Análise de Modelos de Regressão Linear: com aplicações. Campinas, SP: UNICAMP, 2008.
- CORRAR, L. J; PAULO, E; FILHO, J. M. D (Orgs). Análise Multivariada: para os cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia. São Paulo: Atlas, 2009. 541p.
- DILLON, W. R.; GOLDSTEIN, M. Multivariate analysis: methods and applications. New York: John Wiley & Sons, 1984.
- DOLISCA, F; McDANIEL, J. M; TEETER, L. D; JOLLY, C. M. Land tenure, population pressure, and deforestation in Haiti: The case of Fore[^] t des Pins Reserve. Journal of Forest Economics. USA, Vol. 13, pp 277-289, 2007.
- ELIAN, S. N. Análise de Regressão. São Paulo: IME, 1998.
- ESPINDOLA, G. M; AGUIAR, A. P; PEBESMA, E; CÂMARA, G; FONSECA, LEILA. Agricultural land use dynamics in the Brazilian Amazon based on remote sensing and census data. Applied Geography, vol. 32, pp 240-252, 2012.
- FAN, J; FAN, Y; JUNICHI, L. High dimensional covariance matrix estimation using a factor model. Journal of Econometrics, vol. 147, pp186-197, 2008.
- FEARNISIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. Acta Amazônia. Manaus, vol. 36, pp395 - 400, 2006.
- FERRAZ, F. B. F; VETTORAZZI, C. A; THEOBALD, D. M; BALLESTER, V. A. Landscape dynamics of Amazonian deforestation between 1984 and 2002 in central Rondônia, Brazil: assessment and future scenarios. Forest Ecology and Management, vol. 204, pp 67-83, 2005.
- FUREY, a. M; KOWALSKI, C. J; SCHNEIDERMAN, E. D; WILLIS, S. M. A Pc Program To Aid In The Choice Of The Design Matrix In Multiple Linear Regression. Int J Biomed comput, vol. 33, pp 1-23, 1993.
- FURLAN, C; OLIVEIRA, A. P; SOARES, J; CODATO, G; ESCOBEDO, J. F. The role of clouds in improving the regression model for hourly values of diffuse solar radiation. Applied Energy, vol.92, pp 240-254, 2012.
- FÁVERO, P. L.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L. da; CHAN, B. L. Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

GELLRICH, M; BAUR, P; KOCH, B; ZIMMERMANN, N.E. Agricultural land abandonment and natural forest re-growth in the Swiss mountains: A spatially explicit economic analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, VOL. 118, PP 93-108, 2007.

GRACIA, R.A.; FILHO.B. S. S & MORO, S. ENCONTRO Modelagem Espacial do Desmatamento Amazônico. In: XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP. Caxumbú – MG, de 20-24 de setembro, 2004.

HAIR, J. F. et al. *Análise multivariada de dados*. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

IHARA, M; KANO, Y. Asymptotic equivalence of unique variance estimators in marginal and conditional factor analysis models. *Statistics & Probability Letters*, vol. 14, pp 337-341, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Pesquisa do Perfil dos Municípios Brasileiros – 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2008/default.shtm>>. Acesso em: 19 abril de 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite - PRODES. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=2175>. Acesso em 19 de abril de 2012.

JIN, M; YUN, H; JEONG, C. S; HEO, J. H. Factor analysis and multiple regression between topography and precipitation on jeju Island, Korea. *Jornal de Hydrology*, vol. 410, pp 189-203, 2011.

MARGULIS, SERGIO. Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira. Banco Mundial. Brasília, 1ª ed, 2003.

MINETOS, D; SERAFEIM, P. Deforestation processes in Greece: A spatial analysis by using an ordinal. *Forest Policy and Economics regression model*. Grecia, vol.12, pp 457-422, 2010.

MINISTÉRIO DE DESENVOLVIMENTO INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR – MDIC. Estatísticas de Comércio Exterior e Balança Comercial Brasileira por Município. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/sistema/balanca/>. Acesso em: 03 abril de 2012.

NELSON, G. C; GEOGHEGAN, J. Deforestation and land use change: sparse data environments. *Agricultural Economics*, vol. 27, pp 201–216, 2002.

NETER, J.; KUTNER, M. H.; NACHTSHEIM, C. J. E WASSERMAN, W. *Applied Linear Regression Models*. 3rd Edition. Irwin, Illinois, 1996.

OLIVEIRA, S. J.M.; ABREU, U. G. P; VALENTIM, J. F; BARIONI, L.G; SALMAN, A. K. Pecuária e desmatamento: Mudanças no uso do solo no Noroeste Brasileiro. In: 47º Congresso Brasileiro de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2009. Porto Alegre.

PAULINO, E, D. Análise fatorial exploratória aplicada a dados de avaliação do estado nutricional de idosos. 2012. 73 f. (Dissertação em Biometria) – Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, São Paulo. 2012.

PISON, G; ROUSESEEEEEUW, P. J; FILZMOSE, P; CROUX, C. Robust facto analysis. Journal of Multivariate Analysis, vol. 84, pp 145-172, 2003.

PORTELA, R; RADEMACHER, I. A dynamic model of patterns of deforestation and theireffect on the ability of the Brazilian Amazonia to provide ecosystem services. Ecological Modelling, vol.143, pp 115-146, 2001.

PRATES, R;C. O desmatamento desigual na Amazônia brasileira: sua evolução, suas causas e consequências sobre o bem-estar. 2008. 135f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

RIVERO, S; ALMEIDA, O; ÁVILA, S; OLIVEIRA, WESLEY. Pecuária e Desmatamento: Belo Horizonte , vol. 19, pp 41-66, 2009.

RODRIGUES, A; PAULO, E. Introdução a Análise Multivariada. In: CORRAR, L. J; PAULO, E; FILHO, J. M. D (Orgs). Análise Multivariada: para os cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia. São Paulo: Atlas, 2009. pp 1-72.

ROBERTSON, D; SYMONS, J. Maximum likelihood factor analysis with rank-deficient sample covariance matrices, Journal of Multivariate Analysis vol. 98, pp 813 – 828, 2007.

SANTANA, A. C. Métodos Quantitativos em Economia: elementos e aplicações. Belém: UFRA, 2003.

_____. Elementos de Economia, Agronegócio e Desenvolvimento Local. Belém: GTZ;TUD:UFRA, 2005. (Série Acadêmica).

SANTOS, J. C; BRAGA, J. M; HOMMA, A, K, O. Determinantes de Desmatamento em Pólos de Produção Agropecuária no estado do Acre. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008. Rio Branco – AC, 20-23 julho de 2008.

SCRIECIU, S. S. Can economic causes of tropical deforestation be identified at a global level? Ecological Economics, vol. 61, pp 609-612, 2007.

VALENTE; M, D.V; QUEIROZ, W. T; PINHEIRO, J. G; MONTEIRO, L, A. S. Modelo de Predição para o volume total de Quaruba (*Vochysia inndata ducke*) via Análise de Fatores de Regressão. Revista Árvore, Minas Gerais, vol. 35, pp 307-317, 2011.

SOARES, FILHO; BRITALDO, SILVEIRA; NEPSTAD, DANIEL; CURRAN, LISA; COUTINHO, GUSTAVO. Cenários de Desmatamento para a Amazônia. Estudos Avançados, São Paulo, vol.19, n.54, pp137-152, 2005.

TANAKA, S A quantitative aspect on man-land interrelations: case study of deforestation in Japan. Ecological Engineering. Japão, vol. 4, pp 163-172, 1995.

WEGGE, L, L. Local identifiability of the factor analysis and measurement error model parameter. Journal of Econometrics, vol. 70, pp 351-382, 1996.