



MINISTERIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

HERIBERTO WAGNER AMANAJÁS PENA

**MODELAGEM DA CONVERSÃO DE ECOSISTEMAS NO CONTEXTO DA
ECONOMIA: UMA ANÁLISE APLICADA AO MUNICÍPIO DE MOJÚ, NORDESTE
DO ESTADO DO PARÁ.**



MINISTERIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA
DOUTORADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

HERIBERTO WAGNER AMANAJÁS PENA

**MODELAGEM DA CONVERSÃO DE ECOSSISTEMAS NO CONTEXTO DA
ECONOMIA: UMA ANÁLISE APLICADA AO MUNICÍPIO DE MOJÚ, NORDESTE
DO ESTADO DO PARÁ**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciências Agrárias: área de concentração Agroecossistemas da Amazônia, para obtenção do título de Doutor em Ciências Agrárias.

Orientador: Francisco de Assis Oliveira

Pena, Heriberto Wagner Amanajás

Modelagem da conversão de ecossistemas no contexto da economia: uma análise aplicada no município de Moju, nordeste do estado do Pará. /Heriberto Wagner Amanajás Pena. – Belém, 2013.

222 f.; il.

Tese (Doutorado em Ciências Agrárias/ Agroecossistemas da Amazônia) – Universidade Federal Rural da Amazônia/Embrapa Amazônia Oriental, 2013

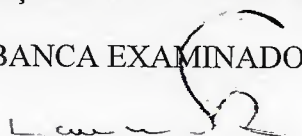
- | | | | |
|----------------|--------------|----|----------------------|
| 1. Modelagem | econométrica | 2. | Desflorestamento |
| 3. Condições | de vida | 4. | Bacias Hidrográficas |
| 5. Comunidades | Rurais. | | |

HERIBERTO WAGNER AMANAJÁS PENA

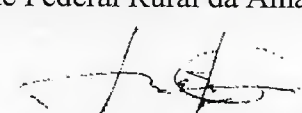
**MODELAGEM DA CONVERSÃO DE ECOSISTEMAS NO CONTEXTO DA
ECONOMIA: UMA ANÁLISE APLICADA AO MUNICÍPIO DE MOJÚ, NORDESTE
DO ESTADO DO PARÁ**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do
Curso de Doutorado em Ciências Agrárias: área de concentração Agroecossistemas da
Amazônia, para obtenção do título de Doutor em Ciências Agrárias.

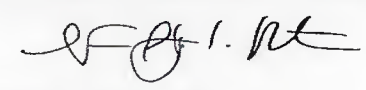
BANCA EXAMINADORA



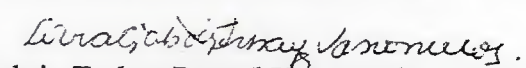
Francisco de Assis Oliveira - Orientador
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA



Mario Miguel Amin Garcia Herreros – Examinador
Núcleo de Altos Estudos da Amazônia - NAEA



Norma Ely Santos Beltrão – Examinador
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ - UEPA



Livia Gabrig Turbay Rangel Vasconcelos – Examinador
Programa Nacional de Pos-doutoramento -PNPD-CAPES



Paulo Araújo Pontes – Examinador
Serviço Geológico do Brasil –CPRM

A quem com todo o amor continuamente observava nas longas e exigidas madrugadas a dentro, sempre atento ao sono e aos sonhos de quem acompanhava e entre as leituras e escritas de páginas, que muitas vezes pouco avançavam tinham seu vigor e ritmo reestabelecidos quando eu os observava, motivação pela qual eu continuava. Única e exclusiva garantia de que este esforço (físico, intelectual, moral e social), não será esquecido, mas contemplado e seguido. Na tentativa de continuar sendo o super-herói aos tempos modernos e aprendendo acima de tudo ser o que a vida até o momento me destinou (filho, marido e pai). Consagro este trabalho em toda a sua plenitude a minha família (Samara, Cauê e Henrique).

AGRADECIMENTOS

Em especial a DEUS, por todos os dons, as bênçãos e a evolução espiritual a mim proporcionado, a todas as provas individualmente vividas e absorvidas, a todas as experiências de aprendizado com os meus erros e de outros nesta momentânea estadia terrena, que trouxeram maior compreensão da importância da vida, e o mais extraordinário, a comprovação real de sua existência e do verdadeiro conhecimento aplicado.

A minha família, em exclusivo aos meus Pais e Irmãos por toda a sua representação de acolhimento fraternal, de amor e de observância das questões éticas, de dignidade, de honestidade e postura social sempre exigidos como parte integrante de minha formação como indivíduo e cidadão, da preocupação em ocupar um lugar na sociedade e não qualquer lugar, de cumprir o desafio de ser uma referência como pessoa e de repassar tais princípios a meus descendentes. Em memória de minha mãe (Maria Rosa Amanajás Pena) sempre dedicada e preocupada com o meu futuro enquanto filho e profissional, nunca deixou transparecer a fraqueza, e até mesmo nos últimos momentos de sua vida, buscou repassar ensinamentos e principalmente nos preparar para enfrentar o luto que julgava estar muito próximo, sua torcida mesmo a distancia não foi em vão assim como todos os princípios repassados e de minha parte sempre bem seguidos.

Aos poucos amigos familiares e também conselheiros que de muitas formas procuram intervir em nossas decisões de maneira produtiva e bondosa, ocupando parte de seu tempo com isso, seja em pensamentos ou em suas atitudes, refirio-me aos meus irmãos e pai, (Hil, Tinho, Gil e Berto), e Salim, Nazeth e Demétrio. A toda a família do meu amigo e companheiro de viagem Félix Lelis da Silva (mãe dona Esmini dos Santos Lelis e irmão Franklin Lelis da Silva), que ofereceram todo o apoio necessário para a nossa estadia quando as pesquisas situava-se próxima a comunidade de Castanhandeua, sem esquecer da participação efetiva nas entrevistas e nas explicações de cunho prático orientadoras de nossas viagens e continuidade dos trabalhos. A amiga Jamile Lobato pelo entendimento do esforço necessário para a conclusão da pesquisa e principalmente das ausências justificadas, muito importantes para os créditos das disciplinas que hora exigiam a coincidência de horários.

Ao amigo e Prof. Amin, sempre próximo nos aconselhamentos pessoais e também profissionais e principalmente com exemplo e dedicação na vida acadêmica tem motivado meu interesse pela pesquisa. A Prof. Norma, por todo o apoio profissional e pessoal junto a UEPA que muito contribuíram para que este trabalho estivesse sendo concluído e

principalmente pelo seu olhar da sustentabilidade, que ajudaram na escolha desse tema. Aos doutores Livia Gabrig e Paulo Pontes que aceitaram com humildade participar desta defesa emprestando e compartilhando seus conhecimentos. Aos demais professores da UFRA pelo inúmeros aprendizados repassados e principalmente pelo apoio também institucional das secretárias Shirley e Mylena do curso de doutorado. Ao INPE na pessoa do Dr. Eduardo Camargo, que me auxiliou mesmo nos horários extra curso, para responder indagações sobre a metodologia do sistema de informações geográficas.

Ao meu orientador Prof. Assis, que desde o primeiro momento, acreditou no meu potencial e sem preconceitos aceitou em fazer ser parte deste projeto, a quem aprecio como professor, pesquisador e principalmente como pessoa, e anseio continuar convivendo de forma pessoal e produtiva.

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACT	11
1. CONTEXTUALIZAÇÃO	12
2. PADRÕES DE DESFLORESTAMENTO NO ESTADO DO PARÁ-AMAZÔNIA-BRASIL, 2000 A 2009	17
RESUMO	17
DEFORESTATION PATTERNS IN THE STATE OF PARA – AMAZON -BRAZIL, 2000 TO 2009	18
ABSTRACT	18
INTRODUÇÃO	19
REVISÃO DA LITERATURA	20
MÉTODOS	26
RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS	44
3. DINÂMICA DO DESFLORESTAMENTO, SEGUNDO AS ATIVIDADES PRODUTIVAS, NO MUNICÍPIO DE MOJÚ-PA ENTRE 2000 E 2010	48
RESUMO	48
DEFORESTATION DYNAMICS ACCORDING TO THE PRODUCTIVE ACTIVITIES IN THE CITY OF MOJÚ-PA BETWEEN 2000 AND 2010.	49
ABSTRACT	49
INTRODUÇÃO	50
REVISÃO DA LITERATURA	52
MÉTODOS	58
RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
REFERÊNCIAS	97
4. PADRÕES ESPACIAIS DA CONVERSÃO DE ECOSISTEMAS A PARTIR DA DINÂMICA PRODUTIVA NA ZONA RURAL DE MOJU-PA	102
RESUMO	102
SPATIAL PATTERNS OF CONVERSION OF ECOSYSTEMS FROM THE PRODUCTIVE DYNAMICS OF THE RURAL ZONE OF MOJU -PA	103
ABSTRACT	103

INTRODUÇÃO	104
REVISÃO DA LITERATURA.....	106
MÉTODOS	111
RESULTADOS E DISCUSSÕES	125
REFERÊNCIAS	156
5. DESFLORESTAMENTO NO MUNICÍPIO DE MOJU-PA E SEUS IMPACTOS NA CONDIÇÃO DE VIDA RURAL.....	158
RESUMO	158
DEFORESTATION IN THE CITY OF MOJU-PA AND ITS IMPACTS IN LIVING CONDITIONS IN THE RURAL AREA.	159
ABSTRACT	159
INTRODUÇÃO	160
REVISÃO DA LITERATURA.....	163
MÉTODOS	174
RESULTADOS E DISCUSSÕES	192
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	204
REFERÊNCIAS	212
CONCLUSÕES GERAIS	216

MODELAGEM DA CONVERSÃO DE ECOSISTEMAS NO CONTEXTO DA ECONOMIA: UMA ANÁLISE APLICADA AO MUNICÍPIO DE MOJÚ, NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ.

RESUMO

O desflorestamento no estado do Pará durante décadas teve sua dinâmica estabelecida pela indução de políticas públicas desenvolvimentistas e o cumprimento de uma agenda nacional que engendrou inúmeros cenários na região, intensificando as conversões de ecossistemas, o uso de recursos naturais, o aumento da população pelo componente migração e a consolidação de atividades produtivas homogêneas. O entendimento desse processo de ocupação pela implantação de dinâmicas produtivas foi diverso no estado e aponta inúmeras especificidades, o que não autoriza a sua extensão para a compreensão de dinâmicas em escala de município. Nesse sentido, este trabalho analisa os determinantes das conversões florestais no município de Moju e seus reflexos sobre a condição de vida no meio rural, especificamente, as identificações das principais atividades que respondem pelo desflorestamento, as dimensões vetoriais em escala de área e as mudanças que essa dinâmica originou, respondem pela compreensão das especificidades do município. A partir da Análise Multivariada – AM, pelo Método dos Componentes Principais- MCP, foi identificado a estrutura de fatores representativa dos indicadores, posteriormente, transformados em variáveis independentes no Modelo de Regressão Linear Múltipla – MRLM, proposto para analisar a dinâmica das conversões ecossistêmicas. Uma análise supervisionada das imagens de satélite *SPOT* de resolução 2,5 mts permitiu a classificação e a identificação dos fatores, e o estabelecimento das principais zonas de conversões. A aplicação *in loco* de questionário para a compreensão da percepção das mudanças no meio rural estabelece a discussão social da dinâmica analisada e constitui o modelo de avaliação das transformações na zona rural. O desflorestamento recente do município orienta para avanços em projetos agropecuários com participação de capital estrangeiro e de lógica monocultora, impondo novas zonas para conversões florestais com ganhos reduzidos e elevadas migrações entre as comunidades.

Palavras-chave: Conversões Ecossistêmicas; Análise Multivariada; Modelagem Estatística; Sistema de Informações Geográficas; Atividades Produtivas.

MODEL OF CONVERSION OF ECOSYSTEMS IN THE CONTEXT OF ECONOMY: AN ANALYSIS APPLIED TO THE CITY OF MOJÚ, NORTHEAST OF THE STATE OF PARÁ.

ABSTRACT

The dynamics of deforestation in the state of Pará has been for decades induced by developmental public policies, and by fulfillment of a national agenda that has engendered several scenarios in the region, and led to the increase in conversions of ecosystems, the use of natural resources, population growth by migration, and the consolidation of homogeneous productive activities. The understanding of this occupation process through the establishment of productive dynamics was different in the state and points to many specificities, which does not allow its use for the understanding of the dynamics at a local (city) level. Therefore, the present study analyzes the determining factors of forest conversions in the city of Moju and their effects on the living conditions in rural areas, specifically the identification of the main activities that cause deforestation, vector dimensions at local scale and the changes originated by this dynamics explain the specificities at the local (city) level. Based on Multivariate Analysis– MA, using the Method of Principal Components (MCP), the structure of the factors that represent the indicators was identified, and the indicators were subsequently transformed into independent variables using Multiple Linear Regression Model– MRLM, proposed to analyze the dynamics of ecosystem conversions. A supervised analysis of SPOT satellite imagery with a resolution of 2.5 mts allowed the classification and identification of the referred factors and the establishment of the main zones of conversions. The *in situ* application of a questionnaire for understanding the perception of changes in the rural area promotes social discussion of the analyzed dynamics and constitutes the model for assessing transformations in rural communities. The recent deforestation in the city of Moju favors agricultural projects with participation of foreign capital and monocultures, imposing new zones for forest conversions with reduced gains and high rates of migrations between the communities.

Keywords: Ecosystem Conversions; Multivariate Analysis; Statistical Modeling, Geographic Information System; Productive Activities.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

As intervenções antrópicas sobre a natureza constituem o processo de sobrevivência e crescimento mais antigo da humanidade, a necessidade por alimentos num primeiro momento e recursos posteriormente obrigava a constantes deslocamentos das comunidades, interferindo nas suas relações sociais. O objetivo inicial era de resolver o problema da sobrevivência, e para isso, as relações entre o homem e a sociedade foram transformadas em relações sociais de produção, cujo objetivo maior evoluiria para atender a uma lógica do sistema de produção capitalista.

Assim em qualquer região desse planeta, a necessidade de expansão das lavouras também estaria correlacionada com a derrubada de floresta para aumentar inicialmente a disponibilidade de áreas para agricultura. No entanto na região Amazônica, e em especial no estado do Pará, a expansão das relações sociais de produção se consolidou pelo aporte de elevados investimentos em transformação da paisagem natural para atender o setor florestal e posteriormente, o agropecuário, como forma de assegurar a ocupação e caracterizá-la como produtiva.

Este cenário modelou o processo de ocupação no estado do Pará e as relações homem-natureza e homem-sociedade, caracterizando as atividades predominantes atualmente no estado. A concentração nos últimos dez anos de dinâmica produtiva no Pará já apresentam informações valiosas para um estudo mais detalhado sobre o processo de conversão de florestas em atividades econômicas, ou seja, é possível identificar recentes mudanças de tendências em curso no aspecto produtivo e entender como eles afetam as relações sociais e, portanto as condições de vida.

O processo de expansão das atividades produtivas tem no estado do Pará uma elevada relação com as transformações da paisagem e a dinâmica econômica dos municípios está estritamente relacionada com a intensificação no uso dos recursos naturais. Nesse sentido, notam-se claramente especializações produtivas já iniciadas e que parecem se reproduzir para cenários futuros, assim como algumas constatações de desconcentração da atividade para municípios adjacentes.

Nesse sentido o conjunto das transformações da paisagem e de alteração nos ecossistemas só é possível porque foram postas em ação as forças econômicas, e de mercado que objetivam o processo de expansão da produção, renda e lucro, e, por conseguinte uma prévia “organização” de um sistema produtivo. Nesse sentido, como o estado do Pará e mais amplamente a Amazônia foi a última parte a se integrar ao país, a estrutura da lógica de produção e reprodução está associada ao uso extensivo de terras, o que indica uma permanência dos processos de conversões recentes de áreas florestadas.

Por conseguinte, revertem-se de um acréscimo de elementos que podem contribuir para uma ampliação do entendimento das dinâmicas de desflorestamento em curso e que estão vinculadas as atividades produtivas municipais, identificando os principais fatores de seus determinantes e as variáveis que qualifiquem melhor as mudanças nas estruturas das relações sociais e principalmente, sobre as condições de vida no meio rural.

Os desflorestamentos nas regiões mais adensadas e que estão diretamente relacionados ao processo de colonização do estado do Pará constitui a área de interesse desta tese, mais especificamente o município de Moju, que vem sofrendo nas últimas décadas uma pressão sobre os recursos naturais como consequência do crescimento demográfico (variante migração), do forte interesse do capital externo e da expansão dos grandes projetos na área rural.

Por outro lado, as conversões de florestas em atividades econômicas combinam a supressão de estruturas ecossistêmicas, caracterizadas pela perda da biodiversidade, da capacidade produtiva dos solos e a diminuição das funções ecossistêmicas decorrentes da expansão de atividades em grandes extensões sob a lógica do monocultivo de culturas industriais, em grande parte incentivada por pacotes de políticas públicas que prometem a integração com uma proposta nacionalista de desenvolvimento.

Nos últimos dez anos, a taxa geométrica anual de desflorestamento no município de Moju situa-se em torno de 4,4%, o que pode estar relacionada a um conjunto de fatores como a ampliação de infraestrutura, entre as quais, a construção da Alça Viária em 2002; a ampliação das vias estaduais; a implantação de políticas nacionais de energia e mesmo o aumento da população, etc. Por outro lado, o avanço para novas conversões florestais torna-se um mal necessário, cujo objetivo é atender a novas demandas das atividades produtivas criadas sem a garantia de reflexos positivos sobre as condições de vida no meio rural.

Novas atividades então vão portanto surgindo no município com certo grau de dependência da dinâmica do desflorestamento, assim como, a emergência de determinados padrões de uso do solo e aglomerações sociais são estabelecidas, esta última atraída pela esperança de fixação em áreas para plantio, especulação fundiária para venda futura, entre outros. No entanto, o pacote tecnológico empregado nestas áreas para utilização dos recursos e manutenção da nova área adquirida é inexistente ou inapropriado, comprometendo a geração dos fluxos econômicos futuros com impactos diretos e não planejados para as famílias.

Deste modo, ao longo desta última década, um conjunto de outras atividades econômicas tem se apresentado como alternativas de conversão de áreas de florestas, logo, estão concorrendo com o uso dos recursos e mobilizando relações sociais de produção. Portanto, quais são os determinantes principais do desflorestamento recente no município de Moju e suas implicações sobre as condições de vida das comunidades rurais? Hipoteticamente defende-se, que os determinantes são dados pela expansão das culturas industriais associadas à lógica de grandes projetos e não constitui uma condição necessária para elevação do emprego, renda e melhoria nas condições de vida no meio rural.

A busca de respostas a estas questões relacionadas acima motivou esta pesquisa, precisamente porque se o desflorestamento é uma atividade que historicamente está relacionada ao processo de produção e reprodução material, o que indica uma forte tendência de continuidade das conversões de áreas de florestas, pelo menos até o limite imposto pelas condições naturais. Nesse sentido, às relações sociais atreladas ao processo devem indicar melhorias nas condições de vida, para que haja pelo menos uma defesa de tal processo na estruturação de uma sociedade.

O município de Moju é um exemplo de povoamento antigo incluído na zona de consolidação das atividades produtivas, segundo a lei Estadual nº 6.745 de 6 de maio de 2005, do Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Pará. No entanto, isto não autoriza o avanço indiscriminado sobre as áreas de florestas, e tão pouco, isenta de licenciamento as atividades que se expandirem para estas áreas. As taxas de desflorestamento permitem identificar, um novo ciclo de expansão com derrubadas recentes, de forma desordenada e envolvimento de agentes produtivos com objetivos diferentes. Nesse sentido, o caso particular desta tese objetiva em termos gerais:

Analisar a dinâmica de desflorestamento (modelagem da conversão de ecossistemas) e seus principais reflexos sobre as condições de vida na zona rural do município de Moju, estado do Pará, entre 2000 e 2010.

Em termos específicos:

- 1- Identificar as dimensões do desflorestamento no estado do Pará;
- 2- Determinar a dinâmica de desflorestamento, e avaliar os cenários das conversões segundo as atividades produtivas;
- 3- Identificar padrões espaciais de conversões de ecossistemas a partir da dinâmica produtiva na zona rural do município; e
- 4- Classificar e comparar as condições de vida das comunidades no meio rural.

Além desta introdução, a tese está organizada em quatro artigos que substancia teórica e metodologicamente os objetivos específicos (capítulos 2 a 5, respectivamente). Nesta ordem, o primeiro artigo “Padrões de Desflorestamento no estado do Pará-Amazônia-Brasil, 2000 á 2009” analisa a dinâmica do desflorestamento no estado e suas dimensões fatorias identificando as principais causa do desflorestamento e a formação de padrões municipais que configurem regiões homogêneas.

O segundo artigo intitulado de “Dinâmica do desflorestamento, segundo as atividades produtivas, no município de Mojú-Pa entre 2000 e 2010” analisa aspectos quantitativos e de transformação da paisagem natural na região nordeste do estado do Pará e a sua contribuição para a dinâmica produtiva do município de Moju, destacando as principais atividades econômicas que determinam o desflorestamento recente na região. Conjuntamente, o artigo inclui análise dos processos de conversão de ecossistemas em agroecossistemas e apresentar um modelo com dimensões fatorias que respondem pelo processo de conversão de áreas de florestas.

O terceiro artigo, denominado “Padrões espaciais da conversão de ecossistemas a partir da dinâmica produtiva na zona rural de Moju-Pa”, faz uma análise da modelagem multifatorial do capítulo anterior e apresenta uma proposta de espacialização utilizando a base de dados do INPE com os focos do desmatamento e as imagens de satélite do tipo *Landsat - 7e Spot* de resolução 2,5 para o período analisado. A base teórica apoia-se em trabalhos que

revelam diferentes razões para o avanço no desflorestamento e acusam por conta disso também a diferentes padrões espaciais.

O quarto artigo, intitulado de “Desflorestamento no município de Moju-Pa e seus impactos na condição de vida rural”, compara as principais mudanças na zona rural do município de Moju as quais estão diretamente associadas as dinâmicas de conversões de ecossistemas, sendo classificadas, por meio de índices, resultantes da aplicação de questionários de pesquisas, cujo objetivo é captar as percepções das comunidades, resultantes dos fatores de desflorestamento e da dinâmica produtiva em curso no município.

2. PADRÕES DE DESFLORESTAMENTO NO ESTADO DO PARÁ-AMAZÔNIA-BRASIL, 2000 A 2009

RESUMO

As considerações sobre desflorestamento na Amazônia e em particular no estado do Pará tem rotulado a pecuária como a principal atividade responsável pela conversão de florestas primárias e na abertura de novas fronteiras de produção. Este estudo avalia a veracidade destas assertivas e assume a presença de fortes interações entre as atividades como pressuposto teórico. Em termos gerais investiga a variabilidade comum que dimensiona a dinâmica de desflorestamento e estima um **índice de desmatamento para o estado – IDE**, e especificamente identifica as cargas fatoriais que revelam padrões de desflorestamento segundo as principais atividades produtivas. A utilização das técnicas de multivariada pelo **Método de Componentes Principais – MCP** revelou um elevado peso da atividade agropecuária na explicação do desflorestamento e permitiu localizar espacialmente a concentração de outras atividades que respondem pelo mesmo problema descaracterizando a pecuária como a única causa do desflorestamento no estado.

Palavras-chaves: desflorestamento; atividades produtivas; pecuária; análise multivariada; dinâmica econômica regional.

DEFORESTATION PATTERNS IN THE STATE OF PARA – AMAZON -BRAZIL, 2000 TO 2009

ABSTRACT

In discussions on deforestation in the Amazon and, in particular, in the state of Pará, livestock has been identified as the main activity responsible for the conversion of primary forests and the opening of new frontiers of production. This study assesses the validity of these assertions and assumes the presence of strong interactions between the activities as a theoretical assumption. In general, it investigates the common variability that sizes the dynamics of deforestation and estimates **a deforestation rate for the state** - IDE, and specifically identifies the factor loads that reveal deforestation patterns according to the main productive activities. The use of multivariate techniques through the **Method of Principal Components – MCP** showed that agricultural and livestock activity had a significant impact on deforestation and determined the spatial location of other activities that contribute to the same problem, no longer characterizing livestock as the only cause of deforestation in the state.

Keywords: deforestation; productive activities; livestock; multivariate analysis; regional economic dynamics.

INTRODUÇÃO

Os últimos dez anos de 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 curso ou mesmo a constatação de dinâmicas já iniciadas e que parecem se reproduzir para o futuro, de outro, pequenos movimentos em torno de uma desconcentração produtiva já são evidentes para inferir algumas mudanças de centralidade econômica no estado.

Nesse sentido, reverte-se de um acréscimo de elementos que podem contribuir para uma ampliação do entendimento das dinâmicas de desflorestamento em curso e que estão diretamente vinculadas com as atividades produtivas no estado do Pará, correlacionando as interpretações dos indicadores de produção dos municípios com outras variáveis que qualifiquem melhor as mudanças e caracterizem desta forma os processos de modificações nas estruturas produtivas regionais (PENA *et. al* 2010; 2011)

O modelo desenvolvimentista adotado pela economia brasileira em período de forte expansão da produção mundial intensificou esforços para integrar a Amazônia ao resto do país, e as políticas adotadas tiveram como principal mérito, a pressão sobre os recursos naturais e os ecossistemas da região, e qualquer atividade desempenhada pelos agentes econômicos significava suprimir as florestas no discurso nacional (PENA, 2009)

Um pacote específico de políticas públicas para desenvolver a Amazônia foi sendo cunhado, e tão logo o Estado do Pará começou a integrar a proposta nacionalista. A forte ausência de uma compreensão da realidade e da diversidade do Estado, contribuiu para que as atividades iniciadas engendrassem uma dinâmica incompatível com a sustentabilidade dos recursos e com as próprias potencialidades da região (PENA, 2008)

As políticas econômicas adotadas em nível da macroeconomia nacional como a lei Kandir de 1994, os incentivos fiscais, creditícios e principalmente a política para fortalecer superávits na balança comercial do país sob qualquer custo reforçaram no estado do Pará, uma elevada base de dependência dos recursos naturais que desencadeou seu processo de ordenamento e ainda predomina como atrativo para novos investimentos estabelecimento de padrões de ocupações, emprego, remuneração e, portanto de desflorestamento no estado (PENA, 2005).

Considerando a tendência do desflorestamento que apresentou uma taxa de 5,62% ao ano compreendendo o período entre 2000 e 2009, apartir de estimativas usando os dados do Programa Nacional de Monitoramento do Desmatamento – PRODES, é possível que até o final 2011, seguindo o comportamento da tendência, o total desmatado no Estado alcance 257 mil Km², ou seja, 20,64% da área total do Estado, podendo ser acrescidas 31.465 Km² de novas áreas alteradas 20.386 mil Km² somente para 2010 e 2011.

No entanto, a correspondente intensificação das atividades econômicas, a forte pressão sobre o uso dos recursos como consequência do crescimento demográfico (variante migração), provocaram consequências negativas sobre a estrutura de funcionamento dos ecossistemas do Estado do Pará, caracterizado pelas perdas de biodiversidade, da capacidade produtiva dos solos e a diminuição das funções ambientais decorrentes do forte desflorestamento (PENA, 2008)

Portanto, se de um lado as áreas degradadas aumentam, da mesma forma as pressões para o avanço em direção a novos desflorestamentos se torna necessário em função da continua demanda por produtos agrícolas, madeira e atividades agropecuárias. Nesse sentido como se explica essa dinâmica de desflorestamento no estado? Quais são os fatores que mais respondem pelo atual desmatamento? É possível identificar padrões de desmatamento no estado do Pará?

Nesse sentido, este artigo baseia-se na percepção da heterogeneidade espacial do estado do Pará e admite uma forte interação das atividades produtivas obedecendo a uma lógica de produção e reprodução do capital associada à expansão de culturas exportadoras induzidas por dinâmicas exógenas e que configuram diversos padrões de desmatamento na atual conjuntura, e não apenas a madeira e pecuária como predominou no passado.

REVISÃO DA LITERATURA

PRINCIPAIS DISCUSSÕES SOBRE DESFLORESTAMENTO

Nesta seção pretende-se discutir os resultados de estudos que explicam as causas do desmatamento oriundas das pressões de atividades econômicas no estado do Pará. Entre as variáveis que influenciam e determinam o desmatamento no estado é possível identificar um elenco muito grande de fatores e agentes que promovem o desmatamento da Amazônia (FEARNSIDE, 2007). Embora alguns fatores sejam mais destacados do que outros,

dependendo do recorte temporal que se faça do processo de desmatamento entre a década de 1970 e os dias atuais. (OLIVEIRA JUNIOR, *et. al.*, 2010).

A DIMENSÃO REGIONAL

Diversas mudanças estão em curso na Amazônia, como evidenciado pelo rápido avanço do desmatamento. Enquanto Achard *et al.* (2002) estimaram uma perda florestal de 150 mil km² para toda América Latina entre 1990 e 1997, nesse mesmo período, somente para a Amazônia brasileira, o projeto Prodes (Inpe, 2004) mensurou cerca de 100 mil km² de perda florestal (SOARES-FILHO, *et. al.*, 2005)

O avanço sobre as florestas continuam com força, de um lado não só as taxas se elevaram como de outro, área convertida aumentou em extensão, entre o biênio de 2002-2003. As complexidades destas conversões na Região Amazônica não são de fácil compreensão e no geral estão fortemente associadas a fatores múltiplos, dinâmicos, e correlacionados e precisam de elementos historicamente explicados para uma efetiva compreensão. Os incentivos fiscais, os projetos/programas com a intenção política de integração da Amazônia contribuíram fortemente para o componente migratório, e esse processo proporcionou recorrentes conflitos agrários e de interesses conflitantes para o uso da terra (FEARNSIDE, 2001; SOARES-FILHO *et al.*, 2004).

Essa foi à base de constituição do cenário macroeconômico atual da região (Margulis, 2002), em que pese o destaque para o avanço de diferentes atividades produtivas, ente as quais a exploração madeireira (Nepstad *et al.*, 2001), a pecuária extensiva (Mertens *et al.*, 2002), a introdução da cultura do agronegócio com destino para o comércio internacional com destaque para a introdução da cultura da soja na região e uma grande ampliação de estradas e vicinais como desdobramento de crescimento destas atividades e do financiamento de novas áreas de escoamento da produção pelo setor privado (MERTENS *et al.*, 2002; LAURANCE *et al.*, 2001).

Rivero *et al.* (2009) encontraram um coeficiente de correlação de 0,7345 entre o número de cabeças de gado e o desmatamento da Amazônia no período de 2000 e 2006. Por outro lado no mesmo período foi encontrada uma baixa correlação entre a variável soja e desmatamento (0,0864). Isso implica dizer que a soja causa pouco impacto na supressão da floresta amazônica. Entretanto quando se correlacionaram os fatores soja e arroz o índice foi 0,6462 e soja e milho 0,7397. Este fato liga a soja ao desmatamento de forma indireta através das culturas do arroz e do milho. Os autores observaram que é comum plantar-se arroz em

áreas novas por aproximadamente três anos e depois implantar a cultura da soja nesta mesma área.

A relação do desmatamento com a pecuária, analisada nos anos de, 2000, 2002, 2004 e 2006 apresentou correlações crescentes: 0,6808; 0,7007; 0,7557 e 0,7768 respectivamente. Tal cenário reforça a hipótese de que a pecuária bovina é o principal fator imediato do desmatamento e que a tendência tende a aumentar (RIVERO *et al.*, 2009). Os autores ainda observaram que embora a soja tenha apresentado correlações muito baixas no mesmo período, 0,0522; 0,0650; 0,0981 e 0,1030, mostra um crescimento relativo desses valores no decorrer do tempo.

O estudo das causas de desmatamento feito por Geist e Lambin (2002), aponta que as chamadas *causas próximas* do desmatamento, é uma associação da expansão da agricultura, extração da madeira e expansão da infraestrutura regional. Essas *causas próximas* do desmatamento foram denominadas de *causas diretas* por RIVERO *et al.*, (2009).

O FATOR PECUÁRIA -AGRICULTURA

Agricultura

Entre as décadas de 1970 e 1980, o principal vetor do desmatamento no estado do Pará foi a expansão da fronteira agropecuária, motivada pela facilidade de crédito, propiciado pelos incentivos fiscais (PENA, 2005). Fato este reforçado pela correlação positiva entre a criação de corredores de acesso à região, a migração e a especulação fundiária (OLIVEIRA JUNIOR, *et al.*, 2010).

A expansão da agricultura é a principal causa de desmatamento das florestas tropicais, que se destacam pela disponibilidade de vantagens, como os serviços disponibilizados pelos ecossistemas, como produção de alimentos, armazenamento de carbono e conservação da biodiversidade, processos estes afetado pelas conversões (MORTON, *et al.*, 2008).

A introdução de lavouras agrícolas em regiões de florestas da Amazônia também mudou a natureza das atividades de desmatamento. Clareiras florestais para produção de colheita mecanizada são maiores, em média, do que clareiras para pastagem, e o processo de conversão da floresta é geralmente completado no 1º ano. Essa mudança na dinâmica do

desmatamento altera o uso do fogo e das emissões de carbono provenientes do desmatamento na Amazônia.

Pecuária

A atividade pecuária de corte na Amazônia Oriental, ou na chamada fronteira consolidada, se tornou altamente rentável do ponto de vista privado, isto estaria associado a uma maior mobilização de terras para esta atividade, assim como o financiamento pelos bancos privados. A propriedade ou posse de terras sempre foi associado com poder econômico e político, e na Região Amazônica o processo de expansão da pecuária ia ao encontro desta concepção, na medida em que fixava uma atividade produtiva na área ocupada e ajudava na conversão para novas áreas.

A rentabilidade da pecuária, por sua vez, aumentou a abertura de estradas; seja as criadas pelos próprios pecuaristas para baratear os custos de transportes, seja as estradas construídas por motivos geopolíticos, aumentando o desmatamento pela maior área de pasto e extração de madeira, assim como pela proliferação de povoados e de suas atividades de subsistência (ARIMA *et al.* 2005).

Na Amazônia Brasileira a principal atividade responsável pelo desmatamento é a pecuária. Os dados estatísticos (IBGE; PRODES; INPE), a partir de técnicas estatísticas que o desmatamento é fortemente correlacionado com a pecuária. O desmatamento na Amazônia brasileira tem como principais causas diretas a pecuária, a agricultura de larga escala e a agricultura de corte e queima. Dessas causas, a expansão da pecuária bovina tem maior contribuição relativa. No Brasil, a maioria dos estudos já tem demonstrado que o desmatamento tem sido causado pela conversão de floresta, valorização da terra, principalmente para pecuária, agricultura de corte e queima ou associada à exploração madeireira (RIVERO, *et. al.*, 2009)

Outro aspecto da valorização da terra, estaria associada a ocupação de novas áreas, fixação de povoados, criação de municípios e pequenas melhorias de infraestrutura nas áreas urbanas e o deslocamento de negócios agropecuários para a zona rural, entre as quais as empresas de apoio e correlatas a pecuária. O desflorestamento como processo contínuo está inserido na lógica de valorização econômica dos processos de conversão de ecossistemas, que se explicam pela complementariedade na lógica de transformação da floresta em recursos madeiros e posteriormente na ampliação da pecuária nos moldes extensivos, ampliando não

apenas a velocidade das conversões, como também a espacialidade dos eventos (DINIZ, *et al.*, 2009).

FATOR SOJA

O cenário do desflorestamento segue favorecendo a cultura da soja pela grande quantidade de áreas existentes a serem convertidas, diminuindo os custos relativos comparativamente a outras culturas e o consequente ganho de competitividade neste segmento (PUTY *et al.* 2007). Aliado a este cenário a tendência de alta internacional dos preços da soja entre 2002 e 2003 por fatores conjunturais, entre os quais, o crescimento de demanda externa associada a entrada do mercado chinês no segmento, e a forte queda de produção da safra americana motivaram a expansão da cultura da soja, inclusive com grande expansão no estado do Pará (BRANDÃO *et al.* 2005).

FATOR TERRITORIAL

Além dos efeitos diretos e indiretos das atividades pecuária e madeireira sobre o desmatamento, outros fatores podem ser destacados. A lógica de desmatar para manter a posse da área e defender o investimento contra posseiros e contra a expropriação do governo; as formas de desmatamento que servem o propósito de lavagem de dinheiro, e a perda da cobertura vegetal oficial induzida pelo próprio governo, como é o caso das inundações provocadas pelas barragens hidroelétricas, são outros fatores que contribuem para o desmatamento (OLIVEIRA JUNIOR, *et al.*, 2010)

A infraestrutura rodoviária por vezes é considerada como o principal fator de condução desmatamento. Muito já foi dito pela comunidade científica sobre seus resultados de modelos tidos como apocalípticos, com base em extrapolações simples dos padrões do passado, desconsiderando a região de enorme heterogeneidade biofísica e socioeconômica. A culpa na infraestrutura planejada para a região e a especulação fundiária que provocam as altas taxas correntes para o desmatamento na Amazônia, que pode ser considerada uma visão simplista das causas do desmatamento atual. As taxas de desmatamento aumentaram significativamente nos anos de 2003 a 2005, sendo que, apesar dos planos ambiciosos de infraestrutura anunciados em meados de 1990, poucos investimentos federais em estradas foram feitas desde os anos 1980.

Entre os fatores apontados como explicativos da heterogeneidade do espaço do desmatamento estão os aspectos relacionados às características naturais (relevo, clima, solo, condições de acesso); como também, as diferenças e semelhanças das dinâmicas econômicas das atividades produtivas dominantes, que acabaram por se traduzir em diferenças quanto ao padrão de uso do solo, ocupação e, por essa via, das forças impulsionadoras do desmatamento em cada caso. Nesta direção, por exemplo, cerca de 85% do rebanho bovino da Amazônia está concentrado apenas nos estados de Mato Grosso, Pará, Tocantins e Rondônia (ARIMA *et. al.* 2005).

FATORES INTERAÇÃO PRODUTIVA

Alta frequência de incêndio pode durar vários anos após o desmatamento da floresta inicial, aumentando ainda mais a integralidade de combustão esperado do desmatamento processo (MORTON, 2008). Existe certa assimetria na distribuição do desmatamento da Amazônia Legal brasileira, concentrando-se particularmente nos estados do Mato Grosso, Pará e Rondônia, o que estaria, em princípio, associado a certas características comuns de suas atividades produtivas predominantes, como a pecuária, a exploração madeireira e, mais recentemente, a expansão da produção de grãos. Todavia, pode-se indagar se é possível a formação de grupos de economias municipais com características semelhantes, quanto às causas ligadas ao desmatamento (OLIVEIRA JUNIOR, *et. al.* 2010).

FATOR AGRICULTURA FAMILIAR

Pequenos produtores na Amazônia compartilham uma condição de desenvolvimento econômico e social caracterizada pela invisibilidade, pelo menos em parte alimentada pelas formas de interpretar seus sistemas de produção. Por conseguinte, a falta de apoio político e de infraestrutura básica para estas áreas leva a uma espécie de processo de *feedback* positivo a criação de ciclos viciosos de fracassos econômicos e sociais da pobreza, reforçando ainda mais sua condição de invisibilidade e "falta" de mentes empreendedoras.

A intensificação não procede linearmente dependente de um único fator (por exemplo, a população o crescimento ou a demanda do mercado), nem é histórica. Em vez disso, ela ocorre como uma combinação desses fatores com outras variáveis como a dinâmica interna da população vantagens e oportunista de fontes externas (por exemplo, incentivos de projetos de desenvolvimento). Assim, em vez disso, responde aos processos multilíneares combinando variáveis de trabalho em escalas múltiplas que interligam nacional, regional nível

local, doméstico e individual. Por exemplo, as demandas externas do mercado por produtos florestais e agropastoris tem sido historicamente um dos mais significativos elementos subjacentes às mudanças sociais e ambientais na Amazônia com fortes implicações para o uso da terra e meios de subsistência estratégias das populações rurais. No entanto, enquanto de longo e curto prazo os sinais do mercado (por exemplo, aumentos de preços) podem levar à intensificação ou de “extensificação” do uso do solo atividades nas comunidades rurais, esta é uma condição realmente mediada por variáveis domésticas como posse da terra e acesso aos recursos, experiência e disposição tecnologia e disponibilidade de trabalho doméstico, criando uma resposta social diversificado dentro de uma única comunidade.

MÉTODOS

O MODELO DE ANÁLISE FATORIAL

De acordo com Hair *et al.* (1998), no modelo de análise fatorial, cada uma das variáveis pode ser definida como uma combinação linear dos fatores comuns que irão explicar a parcela da variância de cada variável, mais um desvio que resume a parcela da variância total não explicada por estes fatores. A parcela explicada pelos fatores comuns recebe o nome de comunalidade, e a parcela não explicada é chamada de especificidade. As comunalidades podem variar de 0 a 1, sendo que valores próximos de 0 indicam que os fatores comuns não explicam a variância e valores próximos de 1 indicam que todas as variâncias são explicadas pelos fatores comuns. Hair *et al.* (1998) estabelecem os seguintes passos para a realização de uma análise fatorial:

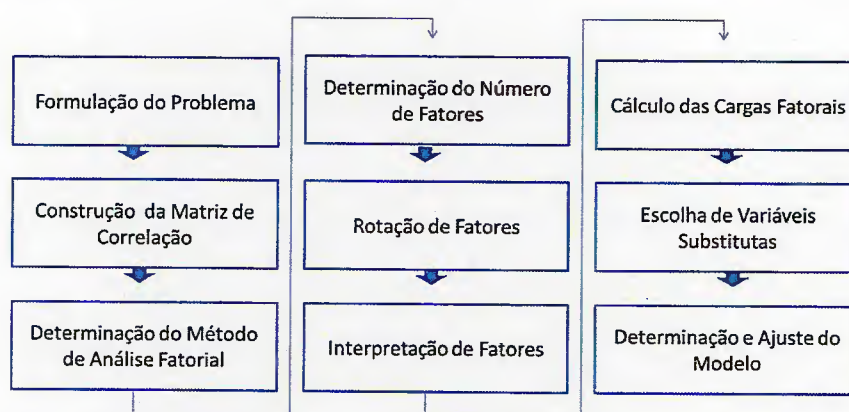


Figura1: Etapas para aplicação do modelo de Análise fatorial

Fonte: Adaptado a partir de Hair *et al.* (1998).

Assim, considerando o objetivo proposto no presente artigo, teve-se inicialmente uma matriz onde as linhas são representadas pelos municípios do estado do Pará e as colunas

pelas variáveis que representam cada um destes. Baseada nessa matriz original, a programação da análise fatorial computou em seguida uma segunda matriz contendo os coeficientes de correlação entre as variáveis.

Encontrada a matriz de correlação μ_i , foram calculados os fatores necessários para representar as variáveis, utilizando-se o método dos componentes principais. A seguir, tornou-se necessário determinar o número de fatores considerados, o que pôde ser feito com base no seu autovalor (*eigenvalues*), definido por Hair *et al.* (1998) como sendo a quantidade de variância associada ao fator.

Segundo Sharma (1996), no modelo de análise fatorial, cada uma das μ_i variáveis representa uma combinação linear de F fatores comuns e de um fator específico. O modelo padronizado e a descrição das hipóteses clássicas de avaliação das correlações foi descrito em formato matricial pela seguinte expressão (DILLON; GOLDSTEIN; 1984).

$$\mu_i = \psi_i F + e_i \quad (1)$$

Em que:

$$\mu_i = \begin{bmatrix} \mu_{i1} \\ \mu_{i2} \\ \dots \\ \mu_{in} \end{bmatrix}; \psi_i = \begin{bmatrix} 1 & \psi_{i11} & \psi_{i1k} \\ 1 & \psi_{i21} & \psi_{i2k} \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & \psi_{in1} & \psi_{ink} \end{bmatrix}; F = \begin{bmatrix} F_0 \\ F_1 \\ \dots \\ F_n \end{bmatrix}; \epsilon = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \dots \\ e_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

Descritas como:

μ_i = é a variável i analisada ou valores observados na pesquisa ou ainda o vetor transposto com dimensão $(n \times k)$, denotado por $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n)$, a chamada matriz de respostas;

ψ_i = é a constante o modelo, às correlações da matriz do tipo $(n \times k)$, das constantes desconhecidas, denominadas de cargas fatoriais, sendo fixos seus elementos com variância constante (SANTANA, 2005);

F = é o fator, denotado por $F = (f_1, f_2 \dots f_n)$, sendo $q < p$;

e_i = significa o vetor de componentes residuais, denotado por $\epsilon = (e_1, e_2, \dots e_n)$ e assume-se a condição satisfatória do Modelo de Regressão Linear Clássico – MRLC 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 $V(\epsilon) = \sigma^2 I$ (FUREI, 1993). De acordo com Sharma

(1996), admite-se que todos os fatores são variáveis, com média 0 e que seus respectivos vetores têm módulo igual a 1.

Uma ferramenta importante na interpretação dos fatores obtidos com a análise fatorial é a sua rotação, que pode ser ortogonal ou oblíqua. De acordo com Hoffmann (1999), o objetivo da rotação ortogonal é obter uma estrutura simples, isto é, obter uma nova matriz $n \times m$ de coeficientes de fatores, de maneira que os valores absolutos dos elementos de cada coluna dessa matriz se aproximem, na medida do possível, de 0 ou 1.

Isso facilita a interpretação dos fatores, pois cada um dos novos fatores, após a rotação, deve apresentar uma correlação relativamente forte com uma ou mais variáveis e correlação relativamente fraca com as demais variáveis. Segundo Hair *et al.* (1998), entre os métodos de rotação ortogonal destaca-se o VARIMAX. Esse método é o mais comumente utilizado e minimiza o número de variáveis, com altas cargas sobre o fator, reforçando a interpretação dos fatores.

Depois da rotação e interpretação dos fatores, Malhotra (2004) e Hair *et al.* (1998) mostram que se deve calcular as cargas fatoriais. Cada variável possui, para cada fator encontrado, um escore fatorial. O peso, ou coeficiente das cargas fatoriais, pode ser obtido na matriz de coeficientes de cargas fatoriais.

Metodologia de Análise

Rotulado os fatores extraídos pela Análise Fatorial, Mingoti (2005), Hair *et. al.* (2009) e Fávero *et. al.* (2009), sugerem que possam ser elaborados índices a partir destes fatores, Gama *et. al.* (2007). As cargas fatoriais foram empregadas aplicando a equação do Índice de Desempenho Competitivo (IDC) adaptado, neste artigo, para medir o desmatamento do estado do Pará e inferir padrões de intensidade das conversões florestais em nível municipal.

$$IDC = \sum \left(\frac{\lambda_i}{\sum \lambda_i} FP_i \right) \text{ em que:} \quad (3)$$

λ_i : Autovalores obtidos após a rotação *Varimax*

FP_i : Fatores obtidos padronizados pelo método *Range 0-1* Gama *et. al.* (2007). A fórmula matemática proposta foi a seguinte:

$$FP_i = \left(\frac{F_i - F_{\min}}{F_{\max} - F_{\min}} \right) \quad (4)$$

Em que $F_{\min}$ e $F_{\max}$ são os valores observados para os escores fatoriais em cada caso estimado, neste artigo o problema investigado foi o desflorestamento segundo a dinâmica das atividades produtivas em nível municipal. O Índice de Desflorestamento do Estado – IDE, é uma adaptação das relações funcionais e não aleatórias do Índice de Desempenho Competitivo apresentado na equação (3), tendo sido ajustado a uma nova problemática, ou seja, definir o padrão de desflorestamento a partir das atividades produtivas e o ranquiamento quando são considerados os municípios na análise.

Nesse sentido o IDE, segue a mesma relação funcional do IDC, onde o peso relativo dos autovalores obtidos, após a rotação *varimax* são multiplicados como peso proporcional aos fatores extraídos e padronizados conforme equação (4). Seguindo os ajustes a nova problemática das conversões florestais, a expressão matemática e funcional do IDE foi a seguinte:

$$IDE = \sum \left(\frac{\lambda_i}{\sum \lambda_i} FP_i \right) \text{ onde: } (5)$$

$\sum$: Somatório Total do valores;

$\sum \lambda_i$: Somatório dos Autovalores;

λ_i : Autovalores obtidos após a rotação Varimax;

FP_i : Fatores obtidos padronizados pelo método *Range* 0-1. O escore fatorial foi padronizado (*FP*) para se obter valores positivos dos escores originais e permitira hierarquização dos municípios (casos), uma vez que os valores do IDE estão situados entre zero e um.

O IDE permitiu definir hierarquicamente as condições de ranquiamento a partir das atividades econômicas nos municípios e sua magnitude foram associadas as variações de utilização de áreas das atividades produtivas, medidas em hectare entre 2000 e 2009. Portanto, o IDE se define como um indicador que mede o grau de sensibilidade do ente municipal em expandir ou diminuir as áreas relacionadas a sua dinâmica produtiva, oferecendo um referencial metodológico de comparação entre os entes municipais e sob o enfoque de diferentes atividades. A dinâmica do desflorestamento sintetizadas nas variações de áreas

ocupadas com as diferentes atividades são extraídas apartir dos fatores (variáveis latentes) e das respectivas cargas fatoriais.

A partir da adaptação de Gama *et. al.* (2007) a classificação do IDE ficou definido em onze níveis de classe, apresentando três enquadramentos da seguinte maneira (tabela 1):

Tabela 1- Parâmetros de enquadramento do Índice de Desflorestamento do Estado – IDE

1.Intervalos	2.Classificação do IDE*
$IDE \geq 0,7$	Índice de Desflorestamento Elevado
$0,4 \leq IDE < 0,7$	Índice de Desflorestamento Intermediário
$IDE < 0,4$	Índice de Desflorestamento Baixo

Legenda:

1- Três intervalos com 11 níveis de Classe

2- Classificação a partir da padronização *Range*

* Índice de Desflorestamento do Estado

A determinação do índice facilita a classificação dos municípios segundo a sua dinâmica de desflorestamento e permite agrupá-los segundo determinados padrões de homogeneidade (proximidade hierárquica).

Para valores em que o $IDE \geq 0,7$, revela um grau de intensidade alto que destaca o município pelo conjunto de seus fatores na explicação do desmatamento o destacando dos demais, possivelmente os fatores com maior poder de explicação do fenômeno estudado tem elevado escore neste conjunto de casos (tabela 1).

Quando o índice situa-se entre $0,4 \leq IDE < 0,7$, a condição é intermediária o que significa que para o conjunto de fatores analisados o município responde com cargas fatoriais em torno da média, o que não impede de ter pesos fatoriais elevados que o possam destacar dessa média. Por ultimo, caso o índice seja inferior a $IDE < 0,4$, os fatores de resposta do município ao desflorestamento é muito pequeno e isto pode estar relacionado com a implementação de gestão ambiental municipal, com a dinâmica produtiva do município que tem sua estrutura produtiva orientada para outros setores, entre outros (tabela 1).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para este estudo o teste *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO) foi da ordem de 0,598 indicando que o conjunto de dados utilizados foi mais do que suficiente para a utilização do modelo fatorial, o teste de significância apresentou coeficiente estatístico de 3853,97 com significância a 1% de probabilidade indicando correlação para o conjunto de variáveis utilizadas no modelo e uma condição suficiente para adequação da amostra ao modelo de análise fatorial de acordo com Fávero *et. al.* (2009)

O Método de Extração de fatores

O do modelo de raiz latente foi empregado para definir os fatores subjacentes que explicam o fenômeno do desflorestamento. Inicialmente foi utilizada 30 variáveis para 143 casos e em função de reduzida explicação ou baixo índice de correlação identificado este número foi reduzido para 24 variáveis que depois de aplicada a análise fatorial apresentou 9 fatores que conjuntamente respondem por 86,52% da variância total, ou seja, altamente significativo e recomendado para o fenômeno do desflorestamento (tabela 2).

Tabela 2- Total da variância explicada pelo conjunto dos fatores obtidos pela análise fatorial

6. Component	3. Initial Eigenvalues			1. Extraction Sums Of Squared			2. Rotation Sums Of Squared		
	7. Total	8. % of Variance	9. Cumulative %	10. Total	11. % of Variance	12. Cumulative %	13. Total	14. % of Variance	15. Cumulative %
1	5,437	22,654	22,654	5,437	22,654	22,654	4,388	18,283	18,283
2	3,241	13,504	36,16	3,241	13,504	36,16	2,728	11,367	29,650
3	2,395	9,979	46,14	2,395	9,979	46,14	2,251	9,378	39,028
4	2,195	9,147	55,28	2,195	9,147	55,28	2,189	9,121	48,149
5	2,108	8,782	64,07	2,108	8,782	64,07	2,06	8,585	56,734
6	1,753	7,303	71,37	1,753	7,303	71,37	2,006	8,358	65,092
7	1,589	6,623	77,99	1,589	6,623	77,99	2,001	8,338	73,430
8	1,047	4,364	82,36	1,047	4,364	82,36	1,691	7,047	80,477
9	1,001	4,170	86,53	1,001	4,170	86,53	1,452	6,049	86,526
10	0,787	3,279	89,81						
11	0,534	2,225	92,03						
12	0,442	1,843	93,87						
13	0,416	1,732	95,61						
14	0,221	0,922	96,53						
15	0,210	0,873	97,40						
16	0,191	0,797	98,20						
17	0,130	0,542	98,74						
18	0,096	0,398	99,14						
19	0,760	0,316	99,45						
20	0,066	0,274	99,73						
21	0,036	0,149	99,88						
22	0,022	0,094	99,97						
23	0,004	0,016	99,99						
24	0,004	0,015	100,00						

Legenda:

- 1- Método de extração fatorial adotado e adequação para explicar os dados;
- 2- Método de rotação Varimax adotado com objetivo de minimizar a ocorrência de uma variável possuir elevadas cargas fatoriais em mais de um fator;
- 3- Critério do Autor valor Inicial para definição dos fatores, foram considerados apenas fatores acima de 1(um);
- 4- Cargas fatoriais extraídas;
- 5- Cargas fatoriais extraídas;
- 6- Número de Componentes do modelo;
- 7- Total observado de auto valor para os componentes;
- 8- Análise percentual da variância para os diferentes componentes, organizadas em ordem decrescentes;
- 9- Auto valor cumulativo dos componentes;
- 10- Total observado de auto valor para os componentes;
- 11- Análise percentual da Variância sem aplicação da rotação;
- 12- Análise cumulativa da Variância sem aplicação da rotação;
- 13- Total observado de auto valor para os componentes;
- 14- Análise percentual da Variância após aplicação da rotação, via método varimax;
- 15- Análise cumulativa da Variância após aplicação da rotação, via método varimax

De um conjunto de 24 variáveis, 9 delas obtiveram destaque quanto ao peso de explicação do desmatamento segundo atividades produtivas de acordo com a sua vinculação em cada fator, entre elas: a variável **milho 00** respondeu por 93,3% do Fator 1 (Pecuária-Agricultura); **Arroz 09** vinculada ao fator Soja contribuiu com 83,4% deste fator; o fator territorial o variável destaque foi **Área** com 95,6%; o 4 fator tem o mesmo nome da variável **dendê 00** com resposta de 94,5%; a **laranja 00** respondeu pelo seu fator em 99,10%; o **cacau 00** também origina fator e contribui com 97,10%; a **pimenta09** com as mesmas características participou com 86,10%; a variável **madeira00** componente do fator interação participou com 85,20% e a variável **feijão09** responde pelo fator agricultura familiar com 88,00% (tabela 3).

Tabela 3 – Matriz de cargas fatoriais rotacionadas das principais atividades do estado do Pará

1. Componentes/2. Fator	Fator Pecuária- Agricultura	Fator Soja	Fator Territorial	Fator Dendê	Fator Laranja	Fator Cacau	Fator Pimenta	Fator Interação	Fator Agricultura Familiar	3. Comunalidades
Area Territorial (Km ²)	0,271	0,076	0,932	-0,040	0,002	0,059	-0,039	0,046	0,026	0,956
Floresta (Km ²)	0,198	0,038	0,943	-0,046	0,002	0,063	-0,042	0,064	0,016	0,942
Pecuária 2000	0,774	0,316	0,075	-0,023	0,003	0,052	-0,065	-0,081	-0,166	0,747
Pecuária 2009	0,914	0,107	0,186	-0,031	0,000	0,085	-0,067	-0,010	-0,036	0,895
Madeira (m3) 2000	0,052	0,317	0,331	0,440	-0,097	-0,131	0,437	-0,476	0,024	0,852
Madeira (m3) 2009	-0,003	0,203	0,400	0,269	-0,098	-0,079	0,475	-0,553	0,038	0,823
Arroz 2000	0,931	0,040	0,094	0,004	-0,032	-0,013	0,011	0,005	0,026	0,880
Arroz 2009	0,120	0,863	0,139	-0,043	-0,014	0,023	0,105	0,133	0,153	0,834
Feijão 2000	0,790	-0,073	0,117	-0,040	0,014	0,062	0,038	0,194	0,317	0,788
Feijão 2009	0,390	-0,003	0,038	-0,060	0,202	0,042	0,012	0,173	0,895	0,880
Mandioca 2000	0,496	-0,018	0,306	0,210	0,004	-0,084	0,185	0,625	0,072	0,817
Mandioca 2009	-0,036	0,252	0,136	0,218	-0,023	-0,058	0,217	0,769	0,233	0,827
Milho 2000	0,947	0,002	0,094	-0,009	-0,014	-0,033	0,012	0,026	0,161	0,933
Milho 2009	0,414	0,433	-0,006	-0,012	-0,044	-0,018	0,054	-0,033	0,617	0,746
Soja 2000	0,077	0,770	0,019	-0,007	-0,011	-0,013	0,174	-0,164	-0,048	0,659
Soja 2009	0,043	0,876	-0,003	-0,007	0,017	-0,054	0,078	0,112	0,039	0,792
Cacau 2000	0,022	-0,260	0,021	-0,012	-0,018	0,976	0,126	-0,006	0,011	0,971
Cacau 2009	0,065	-0,200	0,076	-0,006	-0,014	0,974	0,077	-0,025	0,023	0,966
Dende 2000	-0,025	-0,360	-0,030	0,966	0,000	-0,009	0,022	0,090	-0,027	0,945
Dende 2009	-0,031	-0,045	-0,047	0,941	0,006	0,007	0,075	0,048	-0,039	0,900
Laranja 2000	-0,015	0,002	0,003	0,002	0,987	-0,009	0,078	0,029	0,098	0,991
Laranja 2009	-0,011	-0,015	-0,011	-0,008	0,989	-0,024	0,084	-0,005	0,070	0,990
Pimenta do Reino 2000	-0,004	0,310	-0,097	0,044	0,000	0,177	0,779	0,156	-0,043	0,771
Pimenta do Reino 2009	-0,048	0,060	-0,031	0,039	0,210	0,104	0,890	0,360	0,750	0,861

Legenda:

1- Variáveis Adotados no modelo;

2- Identificação e Nomeação dos fatores subjacentes;

3- Identificação do grau de correlação entre os fatores (grau de interdependência)

A composição dos fatores obedeceu a uma análise matricial, na leitura da linha foi possível visualizar os componentes ou variáveis estudadas e o cruzamento vertical com o fator que apresentasse a maior carga fatorial observada no conjunto da tabela rotacionada (tabela 2), automaticamente se vinculava aquela dimensão subjacente, o mesmo procedimento foi estendido até a última variável observada do grupo de 24.

O conjunto dos fatores já foi nomeado na tabela 2, no entanto o destaque é que quase 50% da explicação da variância total deve-se a apenas três dos nove fatores (pecuária-agricultura; soja e fator territorial), isto significa que os municípios que apresentaram elevadas cargas fatoriais que respondem por estes fatores se destacaram do conjunto apresentando um elevado IDE.

ANÁLISE DAS DIMENSÕES FATORIAS

Os resultados foram gerados não estabelecendo o número de fatores desejados, quando o modelo fatorial foi rodado, nove dimensões foram extraídas para aquele universo de variáveis, uma matriz de correlação de 24 colunas (com indicadores do desmatamento) por 143 linhas identificando os municípios do estado do Pará.

O primeiro fator – F1 denominado de **pecuária-agricultura**, explicou 18,28% da variância total dos dados e englobou as seguintes variáveis: **Pecuária00; Pecuária09; Arroz00; Feijão00 e milho00** (tabela 4). Todas as variáveis apresentaram relação positiva com o fator indicando que para o período indicado ocorreu variações no mesmo sentido no conjunto do fator.

Tabela 4 –Matriz de cargas fatoriais rotacionada, autor valor, comunalidades e variância total explicada

1. Componentes/2.Fator	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	3. Comunalidades
Area Territorial (Km²)	0,271	0,076	0,932	-0,040	0,002	0,059	-0,039	0,046	0,026	0,956
Floresta (Km²)	0,198	0,038	0,943	-0,046	0,002	0,063	-0,042	0,064	0,016	0,942
Pecuária 2000	0,774	0,316	0,075	-0,023	0,003	0,052	-0,065	-0,081	-0,166	0,747
Pecuária 2009	0,914	0,107	0,186	-0,031	0,000	0,085	-0,067	-0,010	-0,036	0,895
Madeira (m3) 2000	0,052	0,317	0,331	0,440	-0,097	-0,131	0,437	-0,476	0,024	0,852
Madeira (m3) 2009	-0,003	0,203	0,400	0,269	-0,098	-0,079	0,475	-0,553	0,038	0,823
Arroz 2000	0,931	0,040	0,094	0,004	-0,032	-0,013	0,011	0,005	0,026	0,880
Arroz 2009	0,120	0,863	0,139	-0,043	-0,014	0,023	0,105	0,133	0,153	0,834
Feijão 2000	0,790	-0,073	0,117	-0,040	0,014	0,062	0,038	0,194	0,317	0,788
Feijão 2009	0,390	-0,003	0,038	-0,060	0,202	0,042	0,012	0,173	0,895	0,880
Mandioca 2000	0,496	-0,018	0,306	0,210	0,004	-0,084	0,185	0,625	0,072	0,817
Mandioca 2009	-0,036	0,252	0,136	0,218	-0,023	-0,058	0,217	0,769	0,233	0,827
Milho 2000	0,947	0,002	0,094	-0,009	-0,014	-0,033	0,012	0,026	0,161	0,933
Milho 2009	0,414	0,433	-0,006	-0,012	-0,044	-0,018	0,054	-0,033	0,617	0,746
Soja 2000	0,077	0,770	0,019	-0,007	-0,011	-0,013	0,174	-0,164	-0,048	0,659
Soja 2009	0,043	0,876	-0,003	-0,007	0,017	-0,054	0,078	0,112	0,039	0,792
Cacau 2000	0,022	-0,260	0,021	-0,012	-0,018	0,976	0,126	-0,006	0,011	0,971
Cacau 2009	0,065	-0,200	0,076	-0,006	-0,014	0,974	0,077	-0,025	0,023	0,966
Dende 2000	-0,025	-0,360	-0,030	0,966	0,000	-0,009	0,022	0,090	-0,027	0,945
Dende 2009	-0,031	-0,045	-0,047	0,941	0,006	0,007	0,075	0,048	-0,039	0,900
Laranja 2000	-0,015	0,002	0,003	0,002	0,987	-0,009	0,078	0,029	0,098	0,991
Laranja 2009	-0,011	-0,015	-0,011	-0,008	0,989	-0,024	0,084	-0,005	0,070	0,990
Pimenta do Reino 2000	-0,004	0,310	-0,097	0,044	0,000	0,177	0,779	0,156	-0,043	0,771
Pimenta do Reino 2009	-0,048	0,060	-0,031	0,039	0,210	0,104	0,890	0,360	0,750	0,861
Auto-valor	4,388	2,728	2,251	2,189	2,060	2,006	2,001	1,691	1,452	20,766
Variância Explicada	18,283	11,367	9,378	9,121	8,585	8,358	8,338	7,046	6,049	86,526

Legenda 1:

1- Variáveis Adotados no modelo;

2- Identificação e Nomeação dos fatores subjacentes;

3- Identificação do grau de correlação entre os fatores (grau de interdependência);

Legenda 2:

F1- Pecuária-agricultura;

F2- Soja;

F3- Territorial;

F4- Dendê;

F5- Laranja;

F6- Cacau;

F7- Pimenta-do-reino;

F8- Interação;

F9- Agricultura Familiar.

As variáveis **arroz00** e **milho00** apresentaram as maiores cargas fatoriais na dimensão, e caracterizam de fato a agricultura no estado do Pará. A pecuária para o ano de 2000, não foi tão significativa na comparação do fator, no entanto em 2009 ela permanece na dimensão e eleva sua carga fatorial. As elevadas cargas fatoriais do arroz e milho estariam associadas a fortes estímulos para a agricultura familiar no primeiro período e todas as variáveis apresentam relação positiva com esta dimensão fatorial (tabela 4).

O segundo fator – F2, denominado de **soja** e reponde por 11,367% da variância total, sendo composto apenas pelas variáveis **soja** e **arroz** na ordem das cargas fatoriais, as variáveis possuem relação positiva com o fator e ambas apresentaram elevadas cargas fatoriais, o que sugere que elas se expandem conjuntamente, em alguns municípios como Santarém é possível observar esta ocorrência. O terceiro fator – F3, nomeado de **territorial** explica 9,37% da variância total dos dados e se dimensiona positivamente envolvendo as variáveis: **área territorial do município** e **áreas de florestas**. Este fator tem elevada importância porque municípios com grandes áreas tendem a ter mais fragilidade na vigilância de seus limites e mesmo estruturam sua base produtiva na exploração intensiva de recursos naturais que tem no desflorestamento a primeira atividade (tabela 4).

O quarto fator – F4 denominado de **dendê** responde por 9,121% da variância total e tem elevada carga fatorial na dimensão e possui características diferentes dos outros grupos e por isso se explica por uma dimensão isolada. Os fatores F5, F6 e F7 também apresentam uma única variável que nomeia a dimensão, são eles e respondem pela variância total respectivamente: **laranja (8,5%)**; **cacau (8,3%)** e **pimenta (8,3%)**, todas as variáveis apresentam relação positiva com o fator e se dimensionaram numa única variável por especificidades de localização produtiva concentrada (tabela 4).

O oitavo fator – F8 é denominado de **interação** e responde por 7,04% da variância total e possui quatro componentes: **madeiram00**; **madeiram09**; **mandioca00** e **mandioca09**. A primeira variável apresenta relação negativa com o fator e a mandioca relação positiva, isto em parte se explica porque a quantidade de madeira extraída diminuiu significativamente no período compreendido por este estudo e a mandioca se expandiu para estas áreas (tabela 4).

O nono fator – F9 **agricultura familiar** representa 6% da variância total com cargas fatoriais com relações positivas, porém de moderada associação no caso da variável

milho09. A variável **feijão09** se destaca com a carga fatorial de 0,895 e ao mesmo tempo em que se associaram em 2000 pela expansão, também refletiram juntas o movimento contrário em 2009, o que esta condizente com a queda de área cultivada das lavouras temporárias e permanentes quando considerados os dados agregados (tabela 4).

Dimensão Espacial dos Fatores

Nesta seção, o objetivo é discutir o posicionamento geográfico dos fatores, ou seja, quais são os municípios que respondem com maior significância para cada uma das dimensões fatoriais consideradas no estudo, esta etapa compreende um objetivo específico de identificar qual a dimensão ou dimensões explicam melhor o desflorestamento segundo as atividades produtivas no estado do Pará no período de 2000 à 2009.

O fator **F1-pecuária-agricultura** para o período do artigo ficou concentrado no sudoeste do estado onde a dinâmica da pecuária é bastante relevante, atividades formais e informais associadas aos estabelecimentos agropecuários são bastantes presentes, municípios como: São Félix do Xingu; São Geraldo do Araguaia; Cumaru do Norte; Santana do Araguaia; Santa Maria das Barreiras apresentaram as maiores cargas fatoriais (figura2).

Para o **F2-Soja**, os cinco maiores municípios que estão conduzindo a dinâmica de expansão das culturas são: Paragominas; Santarém; Ulianópolis; Belterra e Dom Eliseu. A dinâmica de uso de solo nessa cultura esta mudando radicalmente a geografia produtiva, inicialmente os estabelecimentos era no nordeste e hoje a grande produção se expande para o oeste do estado pressionando a produção de alimentos e também abrindo novas áreas para plantio (figura2).

O **F3-Territorial**, os principais municípios que lideram o ranking são: Altamira; Oriximiná; Almeirim; Itaituba e Portel na ordem de classificação das cargas fatoriais. A maior resposta se deve devido às pressões para abertura de novas áreas, a densidade florestal em maior escala, e a dificuldade de gestão sobre os limites municipais (figura2).

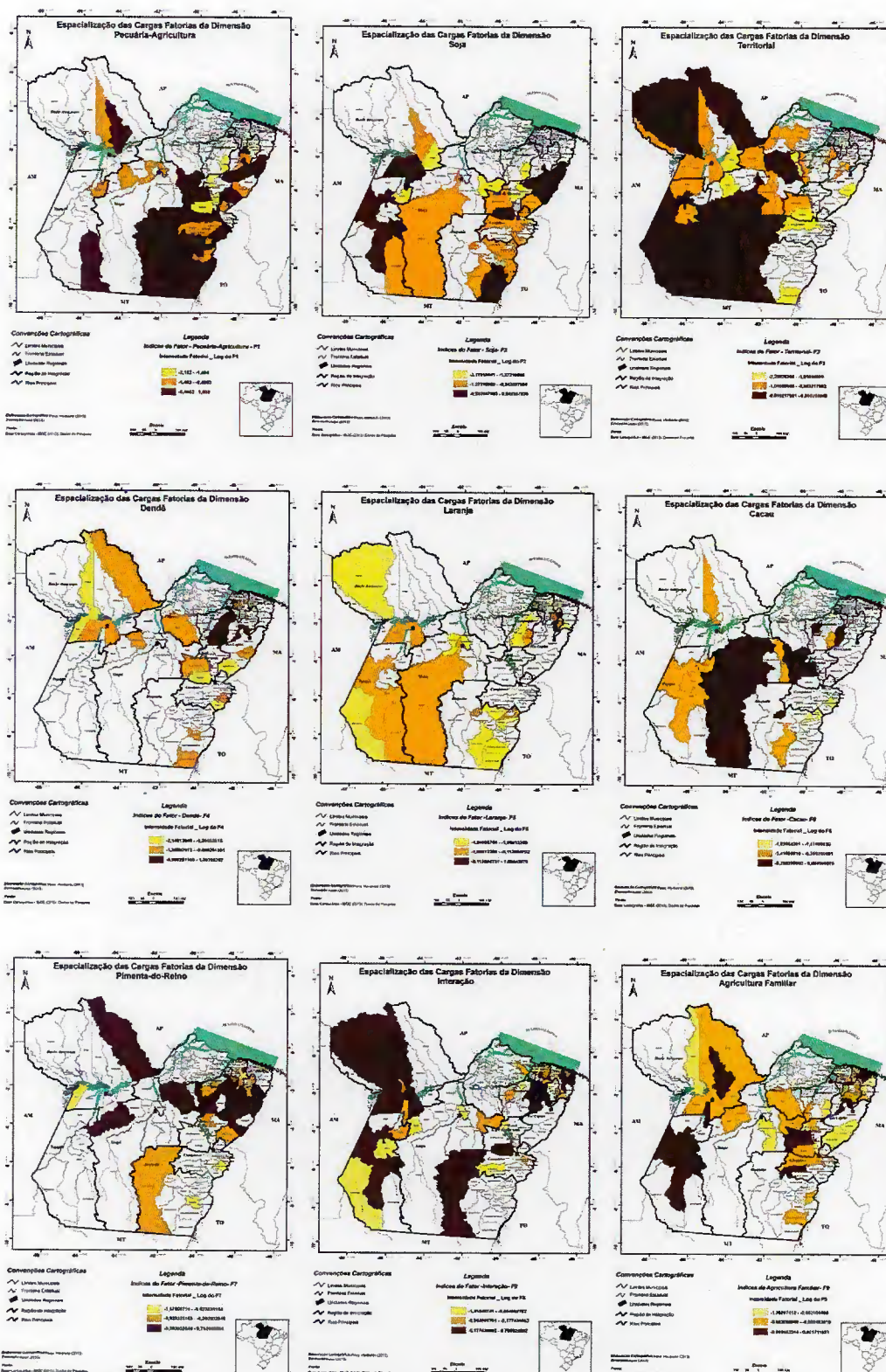


Figura 2: Especialização das Cargas Fatoriais do desflorestamento no estado do Pará

O **F4-Dendê**, apresenta uma concentração na região do Tocantins com destaque dos municípios de Tailândia, Acará, Mojú, Santa Bárbara do Pará e Santo Antônio do Tauá para citar os mais expressivos, os demais apresentaram cargas fatoriais inexpressivas e até

mesmo uma relação negativa com o fator, o que indica ausência de contribuição nessa atividade por outros entes. Caso a cultura se consolide para a produção de biodiesel a pressão por novas áreas deve envolver outros municípios e apresentar futuramente certa desconcentração (figura2).

A dimensão **F5-Laranja**, o destaque é o nordeste do estado no município de Capitão-Poço, os demais apresentam participação irrelevante e contribui muito pouco para o fator. As dimensões **F6 e F7, cacau e pimenta-do-reino** respectivamente, se assemelham pela forte concentração espacial. O **cacau** se fixou na transamazônica com maior carga fatorial identificada em Medicilândia e Uruará, para a **pimenta-do-reino** a região do Capim oferece maior poder de explicação fatorial no município de Tomé-Açu e Dom Eliseu (figura2).

O **F8-Interação** encontra-se bem distribuído espacialmente, com pesos fatoriais mais homogêneos, o que se deve pela pelo predomínio da mandioca em todas as regiões e principalmente por ser uma cultura tradicional, os municípios de Acará, Santarém, Oriximiná, Juruti, Ipixuna e Óbidos apresentam cargas fatoriais acima de 2. O último fator **F9-Agricultura Familiar** também apresenta peculiaridades, tem na cultura do feijão e do milho as principais atividades de expansão, e os municípios que lideram esta expansão são: Monte Alegre; Tracuateua; Bragança; Augusto Corrêa; Parauapebas (figura2).

ÍNDICE DE DESFLORESTAMENTO DO ESTADO

Com base nas cargas fatoriais e nos pesos relativos das dimensões subjacentes ao desflorestamento, foi gerado um mapa temático que reflete a sobreposição de mapas anteriores e a participação relativizada de todos os fatores e suas contribuições. O mapa é plotado considerando a intensidade de três tonalidades de cor com o objetivo de simplificar a visualização, pois desta forma é possível identificar quais os municípios lideram o desmatamento no estado segundo os pesos das atividades econômicas.

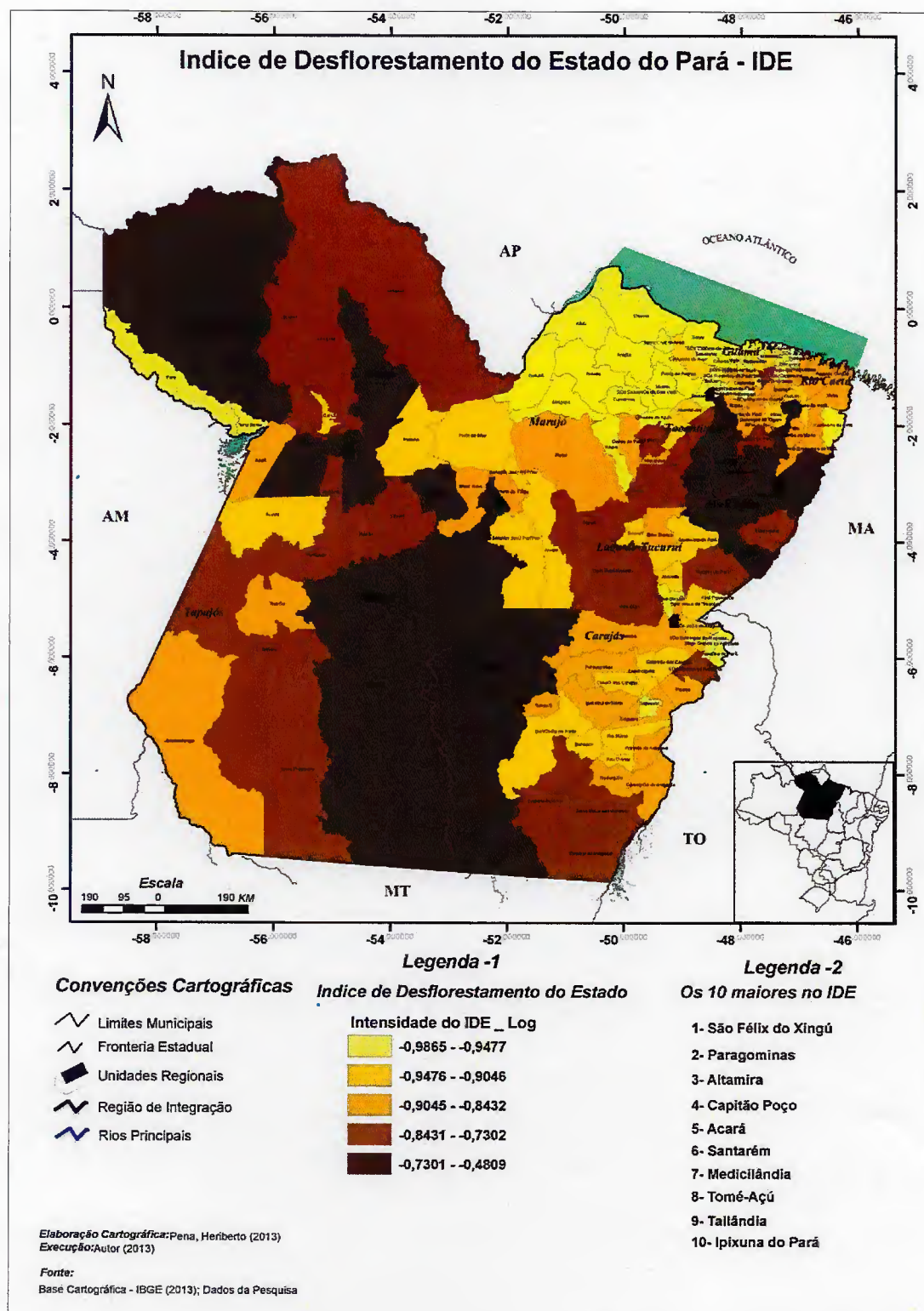


Figura 3: Índice de Desflorestamento do Estado – IDE, e ramquiamento por ente Municipal

Os resultados especializados do IDE permitem identificar que os pesos fatoriais contribuíram para a mancha mais escura, onde as dimensões latentes da pecuária-agricultura, soja e área territorial tiveram destaque. Por outro lado, outras dinâmicas de desmatamento

relacionadas a atividades de culturas industriais como o dendê e pimenta-do-reino também oferecem outras explicações para o desflorestamento (figura3).

PADRÕES DE DESFLORESTAMENTO NO ESTADO

A determinação do IDE, dimensiona a intensidade e ranqueia os municípios de forma hierárquica, no entanto a preocupação deste artigo compreende também a identificação de determinados padrões de uso do solo, a importância das atividades econômicas no uso intensivo de recursos naturais (conversão de florestas) para os municípios, a especialização produtiva, entre outros.

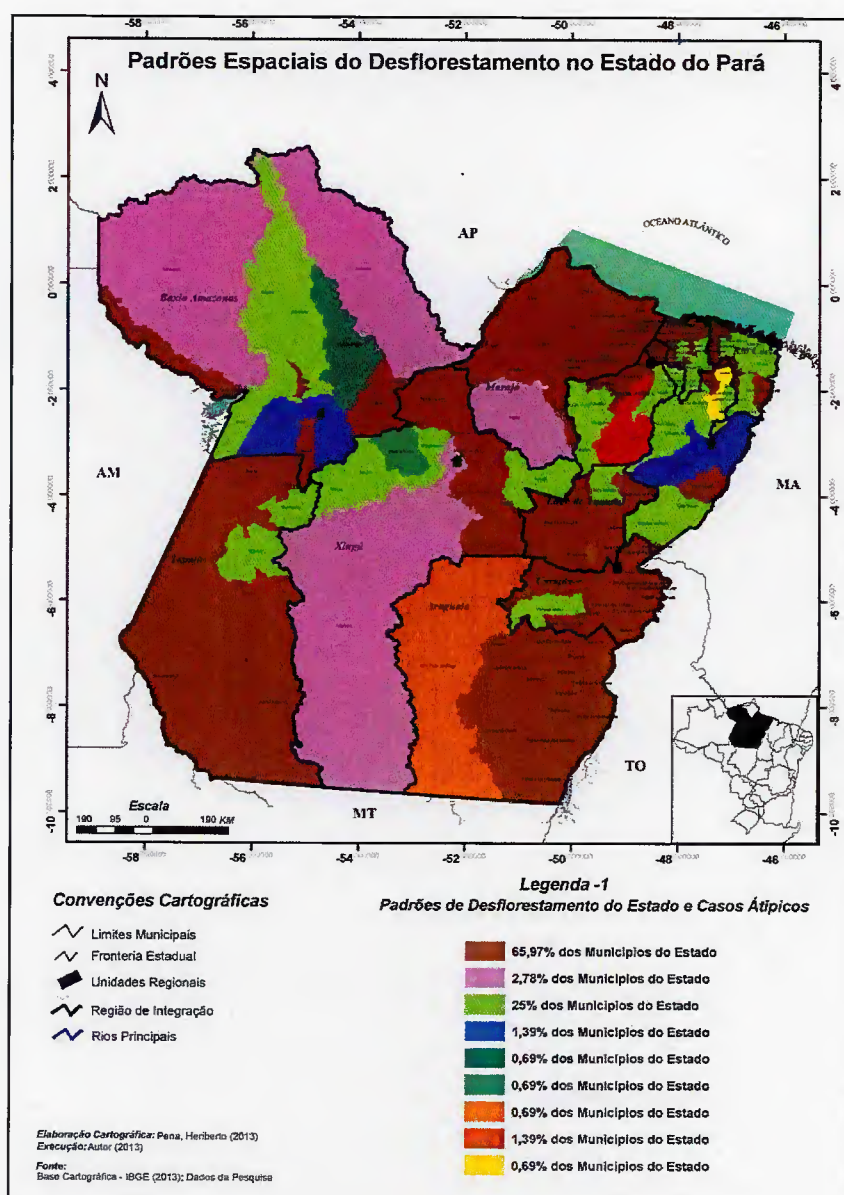


Figura 4: Padrões de desflorestamento no Estado

Nesse sentido, a partir da comparação das cargas fatoriais das nove dimensões subjacentes, e do processo de sobreposição de mapas, foi possível agrupar os municípios do estado de acordo com suas similaridades segundo as principais atividades produtivas relacionadas ao desflorestamento. O número de padrões estabelecidos foi o mesmo dos fatores, o que favoreceu identificação de áreas de interseção nos dados especializados (figura 4).

Para facilitar a identificação dos padrões de desflorestamento no estado, o nome dos municípios com o percentual dos padrões mais discriminados e agrupados segundo a mesma dinâmica das atividades produtivas. A grande maioria dos municípios, mais de 65% deles apresentam dinâmicas de desflorestamento semelhantes e por isso se enquadram no mesmo padrão, e espacialmente também apresentam maior distribuição no estado. Este predomínio em parte revelam estruturas produtivas semelhantes, assim como a intensidade dos fatores (figura 4).

O segundo maior padrão em quantidade de agregação de municípios contempla 25% dos entes com dinâmicas de desflorestamento semelhantes, ou seja, 36 municípios no estado apresentam intensidade de conversões ou cargas fatoriais que influenciam de maneira equivalente este grupo de municípios. Espacialmente é possível identificar que o grupo apresentado, com mínimas exceções apresenta uma tendência de espalhamento ao longo da rodovia transamazônica e com alguma concentração na mesorregião do nordeste paraense, compreendendo as regiões de integração do Rio Capim, Guamá, Rio Caeté e Região do Tocantins (figura 4).

Um terceiro padrão de desflorestamento estadual contempla apenas quatro municípios, entre os quais podemos identificar: Portel, Oriximiná, São Félix do Xingú e Almerin. As principais características que dimensionam a variabilidade comum das suas cargas fatoriais é a forte intensidade de desflorestamento observada, nas atividades de pecuária e agricultura temporária, o que estaria principalmente relacionado com a fisiografia dos municípios (área territorial) e também remanescentes florestais (área de floresta), tendo em vista que a grande área territorial deste grupo de entes também é um fator altamente correspondente com as demais variáveis (figura 4).

Os demais padrões não apresentam grande concentração pela quantidade de municípios, no entanto oferecem uma leitura valiosa quanto as especificidades relacionadas

pelo padrão espacial identificado. Alguns municípios rotulam individualmente um único padrão observado, o que estaria fortemente relacionada a uma lógica de especialização produtiva forte e que tem dominado as conversões florestais, entre os quais podemos citar o município de São Félix do Xingú com dominância da pecuária bovina, que pela lógica extensiva tem sido a principal atividade naquele ente, e atua com tanta intensidade em relação aos demais entes no estado do Pará, que nem os vizinhos conseguiram acompanhar a intensidade do desflorestamento, o que normalmente aconteceria pelo efeito transbordamento da dinâmica produtiva quando ocorre com a devida intensidade.

Outros padrões observados também estariam relacionados com uma combinação de atividades, iniciadas com a exploração florestal, seguindo imediatamente para a expansão pecuária e mais recentemente com a iniciação do agronegócio pelo introdução da cultura da soja, os municípios de Paragominas e Santarém apresentam comportamentos e magnitude de conversões semelhantes nestas atividades, o que explica a formação de um pequeno *cluster*, ou padrão de conversões observáveis.

Portanto, os padrões observáveis garantem os indicativos para aprofundamentos futuros quanto ao entendimento de atividades específicas que tem se concentrado espacialmente em pequenos municípios, como Moju e Tailândia onde a atuação do agronegócio do dendê tem priorizado investimentos na expansão da área de cultivo naqueles municípios e com a limitação da reserva legal imposta pela legislação ambiental, as parcerias para expansão da área de cultivo com os agricultores familiares tem se tornado uma política forte adotada pelas empresas na Região do Tocantins. O avanço na compreensão deste e de outros fenômenos espaciais observados e tendenciados pela dinâmica do desflorestamento, requerem um aprofundamento na escala de municípios combinadas com pesquisas de campo e estudo da evolução da dinâmica produtiva e da conversões de ecossistemas locais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A hipótese da heterogeneidade espacial como elemento diferenciador das dinâmicas produtivas e principalmente da lógica de conversões florestais foi sustentada pelos resultados encontrados, e encontra força para explicações em conjunturas mais detalhadas, ou seja, quando são observados os padrões de desflorestamento e suas aglomerações espaciais como um indicativo de aprofundamento das tendências.

Isto significa que estudos mais aprofundados sobre a dinâmica das conversões e em escala de município utilizando a mesma metodologia devem oferecer resultados satisfatórios para a compreensão dos pormenores das conversões florestais, e para efeitos de contenção do curso de desflorestamento, as políticas públicas devem levar em consideração os padrões espaciais observados neste estudo, ou as chamadas manchas regionais, para uma intervenção mais apropriada e eficaz.

Do mesmo modo, ainda em que algumas correntes teóricas defendam a pecuária e o setor madeireiro como os principais vetores das conversões de florestas no estado, esta compreensão não se sustenta para todos os municípios, no entanto, em termos agregados foi atestado pelas análises que a maior resposta das atividades produtivas nas conversões apresentaram destaque para o fator pecuária-agricultura, e as atividades integrantes deste vetor são: criação de bovinos e o plantio de arroz e milho, os demais fatores não apresentaram *escores* fatoriais significativos, e as cargas fatoriais do desflorestamento são bem próximas, sugerindo que o desflorestamento recente no estado não apresentou diferenças significativas estatisticamente para o conjunto das atividades, e para o período de 2000 a 2009 as contribuições das atividades produtivas foram de certa forma equivalente, no entanto com grandes diferenças espaciais.

Portanto, de um lado assegura-se que a sustentação teórica, reside numa maior diversidade de atividades como sendo os determinantes do desflorestamento no estado, eliminando por um lado o aumento das conversões associado a uma única atividade, tal como ocorria no passado, e de outro lado, não afastando a influência das commodities (força do agronegócio) e da cultura exportadora como elementos que também norteiam a lógica de produção e de transformação da paisagem rural no estado do Pará.

Por fim, as comparações no período também asseguram que os índices de conversões, em 2000, para as atividades de pecuária, cultivo de arroz, plantio de soja, dendê, cacau, pimenta-do-reino, extração de madeira e cultivo da mandioca ficaram associadas a um mesmo fator de explicação do desflorestamento entre os períodos, indicando forte correlação entre estes momentos da série analisada, e que as atividades seguem tendências próprias quanto ao processo de desflorestamento e conversões de ecossistemas.

REFERÊNCIAS

- ACHARD, F.; EVA, H. D.; STIBIG, H.; MAYAUX, P.; GALLEG0, J.; RICHARDS, T. e MALINGREAU, J. P. **“Determination of Deforestation Rates of the World’s Humid Tropical Forests”**. Science, n. 297, 2002, pp. 999-1002.
- ARIMA, E., BARRETO, P. & BRITO, M. **Pecuária na amazônia: tendências e implicações para a conservação ambiental**, Technical report, Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. 2005.
- BECKER, B. K. **Amazônia: geopolítica na virada do III milênio**, Garamond. 2006
- BRANDÃO, A. S., REZENDE, G. C. & MARQUES, R. W. C., **Crescimento agrícola no período 1999-2004, explosão da área plantada com soja e meio ambiente no Brasil**. Technical report, IPEA, 2005.
- BRONDIZIO, E.S. **Agriculture intensification, economic identity, and shared invisibility in amazonian peasantry: caboclos and colonists in comparative perspective**. Culture & Agriculture. v. 26, n. 1&2, Spring/Fall 2004.
- CÂMARA, G.; AGUIAR, A.P.D.; ESCADA, M.I.; AMARAL, S.; CARNEIRO, T.; MONTEIRO, A.M.V.; ARAÚJO, R.; VIEIRA, I.; BECKER, B. **Amazonian deforestation models. Letters**. SCIENCE, v.307, n. 18, p.1043, 2005.
- DILLON, W. R.; GOLDSTEIN, M. **Multivariate analysis: methods and applications**. New York: John Wiley & Sons, 1984.
- DINIZ, M.B.; OLIVEIRA JUNIOR, J.N.; TROMPIERI NETO, N.; DINIZ, M.J.T. **Causas do desmatamento da Amazônia: uma aplicação do teste de causalidade de Granger acerca das principais fontes de desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira**. Nova Economia. Belo Horizonte, v.19, n.1, 2009, p.121-151.
- FEARNSIDE, P. **‘Amazon forest maintenance as a source of environmental services’**, Annals of the Brazilian Academy of Sciences 80, 101–114, 2007.
- _____. **“Land-tenure Issues as Factors in Environmental Destruction in Brazilian Amazonia: The Case of Southern Pará”**. World Dev. vol. 29, n. 8, 2001, pp.1361-1372.

FUREY, a. M; KOWALSKI, C. J; SCHNEIDERMAN, E. D; WILLIS, S. M. **A Program To Aid In The Choice Of The Design Matrix In Multiple Linear Regression.** Int J Biomed comput, vol. 33, pp 1-23, 1993.

HECHT, S.B. Soybeans. **Development and conservation on the amazon frontier.** Development and Change. v.36, n.2, 2005, p.375–404.

IBGE. Tabela 1612 – quantidade produzida, valor da produção, área plantada e área colhida da lavoura temporária entre 1990–2006. **Produção Agrícola Municipal**, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, 2007.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **“Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite – Projeto Prodes”**. 2004: <http://www.obt.inpe.br/prodes>.
Sistema Deter (Detecção de Desmatamento em Tempo Real). 2005. <http://www.obt.inpe.br/deter/>

LAURANCE, W. F.; COCHRANE, M. A.; BERGEN, S.; FEARNSIDE, P. M.; DELAMÔNICA, P.; BARBER, C.; D’ANGELO, S. e FERNANDES, T. **“The Future of The Brazilian Amazon”**. Science, n. 291, 2001, pp. 438-439.

MARGULIS, S. **“Quem são os agentes dos desmatamentos na Amazônia e por que eles desmatam?”** Word Bank internal paper. 2002. http://www.obancomundial.org/index.php/content/view_folder/87.html].

MERTENS, B.; POCCARD-CHAPUIS, R.; PIKETTY, M.-G.; LACQUES, A.-E. e VENTURIERI, A. **“Crossing Spatial Analyses and Livestock Economics to Understand Deforestation Processes in the Brazilian Amazon: The Case of São Félix do Xingu in South Pará”**. Agricultural Economics, n. 27, 2002, pp. 269-294.

MORTON, D.C.; DEFRIES, R.S.; RANDERSON, J.T.; GIGLIO, L.; SCHROEDER, W.; VAN DER WERF, G.R. **Agricultural intensification increases deforestation fire activity in Amazonia.** Global Change Biology (2008) 14, 2262–2275, doi: 10.1111/j.1365-2486.2008.01652, 2008.

NEPSTAD, D.; CARVALHO, G.; BARROS, A. C.; ALENCAR, A.; CAPOBIANCO, J.; BISHOP, J.; MOUTINHO, P.; LEFEBVRE, P. e SILVA, U. **“Road Paving, Fire Regime Feedbacks, and the Future of Amazon Forests”**. Forest Ecology and Management, n. 5524, 2001, pp.1-13.

OLIVEIRA JUNIOR, J.N.; DINIZ, M.B.; FERREIRA, R.T.; CASTELAR, I.; DINIZ, M.J.T. **Análise da área desmatada municipal na Amazônia brasileira no período 2000-2004: Uma abordagem com modelos não lineares.** Economia Aplicada, v. 14, n. 3, 2010, pp. 395-411.

PENA, Heriberto Wagner Amanajás. **O Papel do Estado nas orientações de mercado: uma discussão sobre estratégias de desenvolvimento econômico.** Rev. Adcontar. n.6, p.67-80, 2005

_____. **Políticas de Desenvolvimento e Sustentabilidade no Estado do Pará: Uma Discussão sobre a lógica da Inversão.** Rev. Revista de Estudos Paraenses. n.1, p.69-78, jan/jun. 2008.

_____. **Revisão Teórica sobre Desenvolvimento.** Disponível em: <<http://www.artigonal.com/authors/150413>> Acesso em: 18 jun.2011.

PENA, H.; PINHEIRO, A.; AMARAL, M.; MEDEIROS, M. **Formação e transformações recentes da rede urbana da Amazônia: O caso do Estado do Pará.** IN: IPEA. Eixos de Desenvolvimento: infraestruturas e logística de base. 2010.

_____. **Dinâmica urbana no Estado do Pará (2000-2008).** IN: IPEA. Dinâmica urbana dos Estados: rede urbana do Brasil e da America Latina. 2011.

_____. **Produto Interno Bruto do Pará: estudos e pesquisas sócioeconômicas, 10 anos de PIB Municipal, Série 1999-2008.** Disponível em:< <http://www.idesp.pa.gov.br/pdf/PublicacaoPIBMun10ANOS.pdf>> Acesso em: 18 jun.2011.

PUTY, C., ALMEIDA, O. T. & RIVERO, S. L. M., **‘A produção mecanizada de grãos e seu impacto no desmatamento amazônico’**, Ciência Hoje, v. 40, p. 44–48, 2007.

RIVAS, A. A. F., MOTA, J. A. & MACHADO, J. (2008), **Impacto virtuoso do pólo industrial de manaus sobre a proteção da floresta amazônica: discurso ou fato?**, Technical report, Instituto Piatam.

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

SCHAEFFER, R.; RODRIGUES, L.R.V. **Underlying causes of deforestation.** Letters. SCIENCE, v.307, n. 18, p.1046, 2005.

SOARES FILHO, B.; ALENCAR, A.; NEPSTAD, D.; CERQUEIRA, G. C.; VERA DIAZ, M.; RIVERO, S.; SOLÓRZANO, L. e VOLL, E. **“Simulating the Response of Land-Cover Changes to Road Paving and Governance Along a Major Amazon Highway: The Santarém-Cuiabá Corridor”**. *Global Change Biology*, vol. 10, n. 7, 2004, pp. 745-764.

SOARES-FILHO, B.S.; NEPSTAD, D.C.; CURRAN, L.; CERQUEIRA, G.C.; GARCIA, R.A.; RAMOS, C.A.; VOLL, E.; MCDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; MCGRATH, D. **Cenários de desmatamento para a Amazônia. Estudos Avançados**. v.19, n.54, 2005, p. 137-152.

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

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 perfeitamente aos dados 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.

DEFORESTATION DYNAMICS ACCORDING TO THE PRODUCTIVE ACTIVITIES IN THE CITY OF MOJÚ-PA BETWEEN 2000 AND 2010.

ABSTRACT

The considerations about the dynamics of deforestation in the state of Pará-Amazon -Brazil have indicated statistical results consistent with its territorial dimension. However, for an analysis of forest conversions at local level, other factors emerge as relevant, and this would be associated to a complex and uncontrolled environment, with multidimensional input structures. The proper understanding of the impact of the productive activities is associated to the purpose of determining which are the latent variables that identify, measure and explain the dynamics of recent deforestation in the city of Moju, based on Multiple Linear Regression Model - MRLM that allows estimating the explanatory parameters. Exploratory Factor Analysis – EFA was the technique used to identify the common variability of data with emphasis on total variance using the Method of Principal Components – MCP, and adopting orthogonal Varimax rotation to isolate the variables to the factor and using scores as regressors. The model fit was perfect and showed a high explanatory power ($R^2=99.20$), of the explained deforestation variable, and with significances 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 compreendidos entre 2000 e 2010, 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, com novas áreas sendo anexadas como atividades produtivas com intuito de atender as demandas atuais e futuras do mercado.

Neste sentido, a dinâmica econômica do estado do Pará apresenta informações valiosas para um estudo sobre desflorestamento na região, pois o período considerado 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 principalmente para administrar o uso dos recursos naturais pela população local.

O entendimento das dinâmicas de desflorestamento, em curso, no município de Moju, está correlacionado às interpretações dos indicadores de produção do município com outras variáveis que qualifiquem melhor as mudanças nos processos estruturais vigentes. A intensificação das atividades econômicas, somada 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

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

com o estado do Pará para ampliação de áreas de produção de dendê, que considera 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 intensificaram-se com desflorestamento médio entre os anos de 2000 à 2010 de aproximadamente 2.880Km^2 ² e um incremento anual de $120,81\text{ Km}^2$. 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 está 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?

Hipoteticamente sustenta-se que as atividades produtivas intensivas no uso dos recursos naturais e com forte tendência a monocultura tem maior influência na conversão de ecossistemas florestais, constituindo-se em fatores de maior expressão sobre o desflorestamento. Secundariamente, as culturas de exportação exercem grande domínio na alocação do fator terra e apresentam elevada correlação com o aumento de áreas desflorestadas promovendo o chamado efeito substituição de atividades.

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 empregada 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 DA LITERATURA

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 foi analisado 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 dobrada 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, a pressão de grandes grupos exploradores de áreas minerais, o aumento da população pressionando os recursos, a especulação fundiária, as linhas crédito e de financiamento público, a lógica da organização produtiva, as ampliações 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 multisetorias (TANAKA, 1995; GELLRICH; BAUR; KOCH; ZIMMERMANN, 2007;

³ A área de estudo definida para análise deste artigo foi o município, dada à 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 bibliografia consultada 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; SERAFEIM, 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 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 está 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
Scrieci, 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)

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 momento oportuno para apresentar novos estudos e comparar se aquele trato inicial permitiu avanços significativos na dimensão ambiental. De acordo com Fearnside (2006), 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/>>

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 desflorestamento 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 desflorestamento 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” (GRACIA 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

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.

utilizando a 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. Isto ocorria em parte 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 as 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 revisados, uma estrutura de fluxograma, organizada como uma “árvore de problemas” estruturada a partir de um problema central, objeto de investigação deste artigo e

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.

demais componentes, como a origem do problema e os desdobramentos deles. Todos os 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).

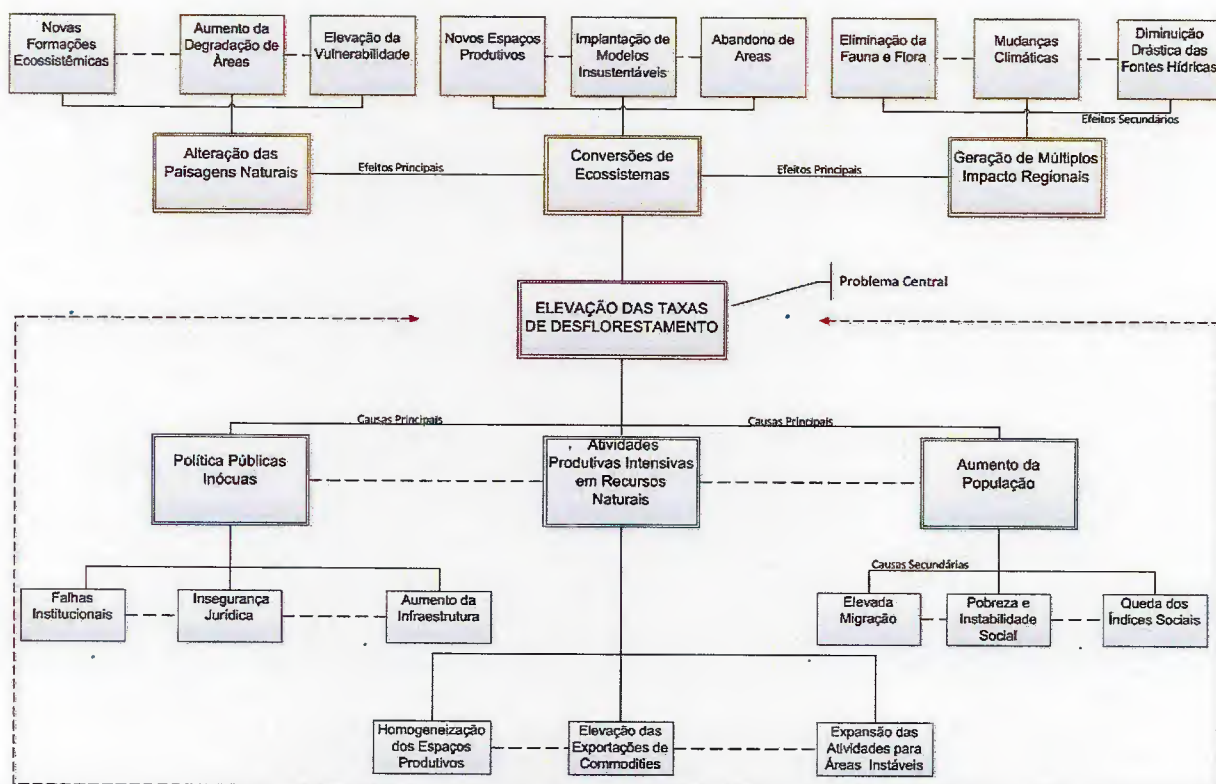


Figura 1. Estrutura de fluxograma dos principais fatores do desflorestamento abordados na revisão bibliográfica

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, mas 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

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/>.

secundário de variáveis motivadoras (retângulos menores em azul). Nesse sentido, a literatura agrupa um conjunto de causas secundárias a fatores principais que causam o desflorestamento e testam metodologicamente pela proposição de modelos esses fatores (figura 1).

Assim como as causas principais e secundárias, a academia também destaca 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, mas 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.

MÉTODOS

O Modelo de Conversões de Ecossistemas - MCE no contexto da economia foi a metodologia empregada para analisar a dinâmica e os determinantes do desflorestamento no município de Moju-Pa. A referência pesquisada 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 avalizado pela revisão teórica e também com objetivo de assegurar maior confiabilidade nas hipóteses clássicas do modelo.

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).

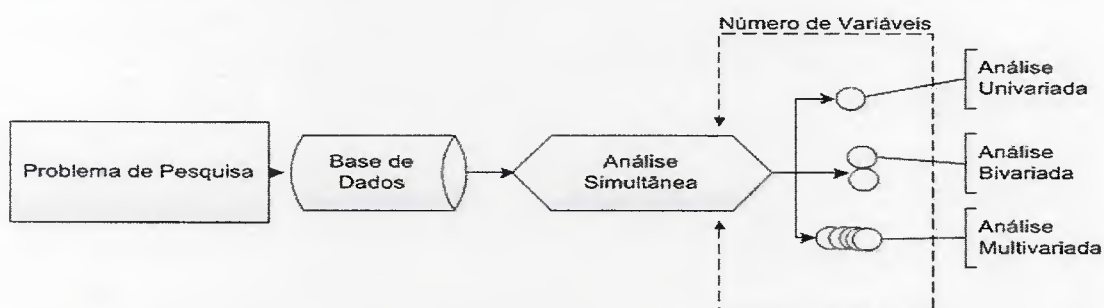


Figura 2. Identificação dos processos conceituais da técnica estatística de Análise Multivariada.

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 prévia 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).

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).

ANÁLISE FATORIAL - AF

O emprego da análise fatorial é uma técnica estatística da AM que objetiva analisar a estrutura das correlações de um conjunto de variáveis, e identificar fatores que não são diretamente observáveis, mas a partir de suas interdependências admitem a composição de estruturas de relacionamentos que explicam as variações no conjunto das variáveis analisadas.

De acordo com Bezerra (2009), em termos gerais, a partir da AM é identificado as 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).

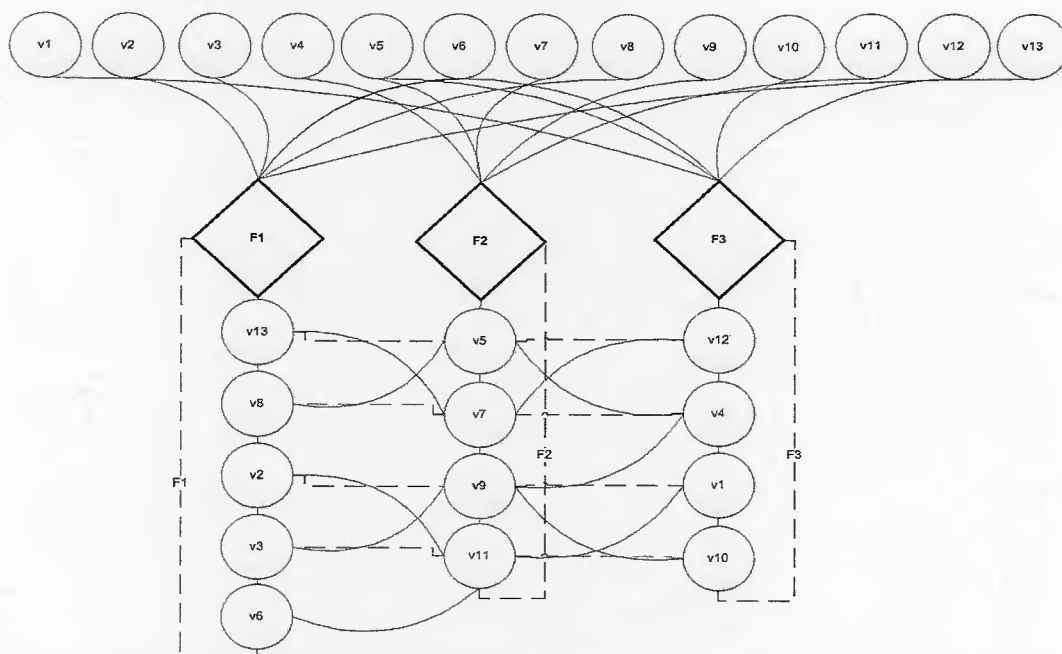


Figura 3. Identificação dos processos conceituais da técnica de Análise Multivariada.

Neste sentido, a AF foi empregada com várias finalidades¹² entre as quais: mostrar um modelo adequado para analisar a interação num ambiente complexo; reduzir o número de variáveis com representatividade das variáveis originais; realizar a sumarização

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

das variáveis; escolher as 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).

Portanto a construção de uma proposta de modelagem sobre a dinâmica de desflorestamento em nível de município considerou apropriado o emprego da AF também por outros fatores: o desconhecimento parcial dos inter-relacionamentos entre o conjunto de variáveis admitidas no ambiente complexo da análise; a possibilidade de extrair regularidades dos comportamentos das atividades produtivas consideradas e por fim a possibilidade de agrupamentos subjacentes manifestadas pela base de dados adotada para propor um modelo matemático original ¹⁴e fiel à realidade pesquisada.

O MODELO MATRICIAL DA ANÁLISE FATORIAL

A importância do modelo matemático da AF reside em descrever a estrutura lógica linear das correlações entre as variáveis definidas na análise e os fatores, que em geral substituirão por meio dos escores as variáveis originais, sem, no entanto perder o poder de explicação e a sua importância interativa, e ainda oferecer relações subjacentes. Nesse sentido, a compreensão lógica destas combinações lineares, entre as variáveis e os seus respectivos vetores ou arranjos latentes está descrita pelo seguinte sistema de equações abaixo.

$$\begin{aligned} x_1 &= a_{11} y_1 + a_{12} y_2 \dots\dots + a_{1p} y_p + y_p + e_1 \\ x_2 &= a_{21} y_1 + a_{22} y_2 \dots\dots + a_{2p} y_p + y_p + e_2 \\ &\vdots \\ x_m &= a_{m1} y_1 + a_{m2} y_2 \dots\dots + a_{mp} y_p + y_p + e_m \end{aligned} \quad (1)$$

Em que a forma matricial:

$$x = aY + \varepsilon \quad (2)$$

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

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.

Onde:

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_m \end{bmatrix}; \mathbf{a} = \begin{bmatrix} 1 & a_{11} & a_{1k} \\ 1 & a_{21} & a_{2k} \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & a_{m1} & a_{nk} \end{bmatrix}; \mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_m \end{bmatrix}; \mathbf{e} = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \dots \\ e_m \end{bmatrix} \quad (3)$$

Em que:

$\mathbf{x}$ - constitui as variáveis manifestas ou valores observados na pesquisa, ou ainda o vetor transposto com dimensão $(n \times k)$, denotado por $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)$, a chamada matriz de respostas;

$\mathbf{a}$ - representa as correlações da matriz do tipo $(p \times k)$, das constantes desconhecidas, denominadas de cargas fatorais;

$\mathbf{y}$ - variáveis latentes ou fatores comuns, denotado por $Y = (y_1, y_2, \dots, y_p)$, a chamada matriz de fatores ortogonais, sendo $q < p$;

$\mathbf{m}$ - 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;

$\mathbf{e}$ - significa o vetor transposto de variáveis aleatórias ou vetor de componentes residuais, denotado por $E = (e_1, e_2, \dots, e_m)$.

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 $\mathbf{x}$ representa o vetor transposto com dimensão $(n \times k)$, sendo uma variável padronizada do tipo $\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_m \end{bmatrix}$; que apresenta média zero e variância igual a um

como condição necessária depende de uma constante do tipo $\mathbf{a} = \begin{bmatrix} 1 & a_{11} & a_{1k} \\ 1 & a_{21} & a_{2k} \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & a_{m1} & a_{nk} \end{bmatrix}$

multiplicada por um fator $\mathbf{y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_m \end{bmatrix}$ com média zero e variância um, sendo que a variável $\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_m \end{bmatrix}$ 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 $\mathbf{e} = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \dots \\ e_m \end{bmatrix}$ 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 $\mathbf{C}$. 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:

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1 & c_{12} & c_{1p} \\ c_{21} & 1 & c_{2p} \\ \dots & \dots & \dots \\ c_{p1} & c_{p2} & 1 \end{bmatrix}; \quad (4)$$

Em que:

A variável $c_{ij} = c_{ji}$, representa a correlação entre X_i e X_j . Portanto, a soma dos termos da diagonal e dos respectivos autovalores, é igual a p , correspondente ao número de variáveis X . A partir da matriz $\mathbf{C}$, encontram-se os autovalores $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ e seus correspondentes autovetores $\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \dots, \mathbf{a}_p$ (PAULINO, 2012).

Portanto, os componentes principais são dados pelos autovetores da matriz de correlação ¹⁵C, descrito pela equação 4, ficando da seguinte forma:

$$\begin{aligned} Z_1 &= a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1p} X_p \\ Z_2 &= a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2p} X_p \\ &\vdots \\ Z_p &= a_{p1} X_1 + a_{p2} X_2 + \dots + a_{pp} X_p \end{aligned} \quad (5)$$

Em que:

Os valores a_{ij} são representações lineares da matriz de correlação c, e os p componentes principais.

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

$$\begin{aligned} X_1 &= b_{11} Z_1 + b_{21} Z_2 + \dots + b_{p1} Z_p \\ X_2 &= b_{12} Z_1 + b_{22} Z_2 + \dots + b_{p2} Z_p \\ &\vdots \\ X_p &= b_{1p} Z_1 + b_{2p} Z_2 + \dots + b_{pp} Z_p \end{aligned} \quad (6)$$

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 (ANDO, 2009; BEZERRA, 2009; FAN, et al., 2008; PAULINO, 2012).

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.

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 CORRAR, L. J; PAULO, E; FILHO, J. M. D (coordenadores da publicação).

Um terceiro método existente e aqui escolhido para estabelecer o número de fatores foi o de raiz latente ou também conhecido como *Kayser-Meyer-Olkin*. 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.

ROTAÇÃO DE FATORES

Como existe a possibilidade da matriz de cargas fatorais 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).

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

$$\begin{aligned}
 X_1 &= g_{11} F_{*1} + g_{12} F_{*2} + \dots + g_{1m} F_{*m} + e_1 \\
 X_2 &= g_{21} F_{*1} + g_{22} F_{*2} + \dots + g_{2m} F_{*m} + e_2 \\
 &\vdots \\
 X_p &= g_{p1} F_{*1} + g_{p2} F_{*2} + \dots + g_{pm} F_{*m} + e_p
 \end{aligned} \tag{7}$$

Dado que, F_{*1} representa o novo i – ésimo fator.

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).

$$KMO = \frac{\sum_i \sum_j r_{ij}^2}{\sum_i \sum_j r_{ij}^2 + \sum_i \sum_j a_{ij}^2} \quad (8)$$

Em que:

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

i e j = são as estimativas das correlações entre os fatores.

¹⁷ Detalhes e regras praticas para o teste de suposições, verificar: HAIR, J. F. et al. *Análise 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.

Um segundo teste adotado, refere-se à significância geral da matriz de correlação, conhecido como teste de esferecidade de Bartlett²⁰ de testando a variabilidade comum de todas as variáveis, sua estrutura esta disposta abaixo (PISON et al., 2003; VALENTE, 2008 JIN, 2011).

$$X_2 = - \left[n - 1 - \frac{1}{6} (2p + 5) \right] \ln[R] \quad (9)$$

Onde testa-se a hipótese nula,

$$H_0 : R = I$$

Em que:

$[R]$ = é o determinante da Matriz de Correlação C;

$[n]$ = é o número de observações; e

$[p]$ = 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, sendo os escores modelados como combinações lineares adicionados o respectivo termo de erro, objeto da próxima seção.

MODELO ANALÍTICO DAS CONVERSÕES ECOSSISTÊMICAS - MCE

Modelo Teórico

Na revisão da literatura foram identificadas, 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 à técnica de AF para

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

dimensionar os principais fatores. As variáveis ²¹ admitidas no modelo teórico MCE reduzidas pela AF, encontram-se abaixo.

$$MCE_t = f (AM_t, CA_t, CF_t, CM_t, PC_t, PD_t, PPR_t, BOV_t, CAV_t) \quad (10)$$

Em que:

MCE_t = Modelo de Conversões de Ecossistemas, no período t;

AM_t = Atividade Madeireira, no período t;

CA_t = Cultivo do Arroz, no período t;

CF_t = Cultivo do Feijão, no período t;

CM_t = Cultivo da Mandioca, no período t;

PC_t = Plantio de Coco, no período t;

PD_t = Plantio de Dendê, no período t;

PPR_t = Plantio de Pimenta-do-reino, no período t;

BOV_t = Pecuária, no período t; e

CAV_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 está 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,

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

isto explica as variâncias compartilhadas que os fatores ou dimensões latentes assumidas por meio do método varimax.

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 número de variáveis consideradas para entender o problema.

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:

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.

A formulação matricial do modelo é representada da seguinte forma,

$$\phi = X \Omega + \epsilon \quad (12)$$

Em que:

$$\phi = \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \dots \\ \phi_n \end{bmatrix}; X = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{1k} \\ 1 & X_{21} & X_{2k} \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & X_{n1} & X_{nk} \end{bmatrix}; \Omega = \begin{bmatrix} \Omega_0 \\ \Omega_1 \\ \dots \\ \Omega_n \end{bmatrix}; \epsilon = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \dots \\ e_n \end{bmatrix} \quad (13)$$

Onde:

Esta generalização descreve um modelo de regressão múltipla que inclui $K + 1$ variáveis, sendo uma dependente e K 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 $\phi = MCE = \lambda$, na condição de adequação ao modelo teórico, e para as variáveis autônomas $X = F$, admitindo os fatores como regressores do modelo. Nesse sentido, a especificação pela nova formulação matricial ²³ é dada por:

$$\lambda = F \Omega + \epsilon \quad (14)$$

Em que

$$\lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \dots \\ \lambda_n \end{bmatrix}; F = \begin{bmatrix} 1 & F_{11} & F_{1k} \\ 1 & F_{21} & F_{2k} \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & F_{n1} & F_{nk} \end{bmatrix}; \Omega = \begin{bmatrix} \Omega_0 \\ \Omega_1 \\ \dots \\ \Omega_n \end{bmatrix}; \epsilon = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \dots \\ e_n \end{bmatrix} \quad (15)$$

Descrição das variáveis e hipóteses clássicas

λ - constitui as variáveis manifestas ou valores observados na pesquisa, ou ainda o vetor transposto com dimensão $(n \times k)$, denotado por $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$, a chamada matriz de respostas, ou seja, a **variável dependente do modelo**;

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.

F – representam às correlações da matriz do tipo $(n \times k)$, das constantes desconhecidas, denominadas de cargas fatoriais, **variáveis independentes do modelo**; sendo fixos seus elementos com variância constante (SANTANA, 2005);

Ω – é o vetor-coluna dos **parâmetros** do modelo de regressão múltipla e;

ϵ – significa o vetor transposto de avariáveis aleatório ou vetor de componentes residuais, denotado por $\epsilon = (e_1, e_2, \dots e_n)$ 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 $V(\epsilon) = \sigma^2 I$ (FUREI, 1993). Outras hipóteses²⁵ exigidas são, a não autocorrelação entre os erros $cov(\epsilon_t, \epsilon_h) = 0, \forall (t \neq h)$; 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 E DISCUSSÕES

Esta seção está dividida em duas subseções. Inicialmente os resultados da AF 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

A validação do modelo de AM está relacionada com a origem²⁶, tratamento²⁷ e ajuste²⁸ da base de dados empregada. Na aplicação da AF, os dados foram relativos às

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.

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.

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 (0,691) indicando um bom poder de explicação entre os fatores e as variáveis. O teste de esfericidade de Bartlett³⁰ foi significativo a (valor de Sig. 0,0001), indicando elevadas associações e sustentando a de aplicação da AF nas variáveis indicadas (figura 4).

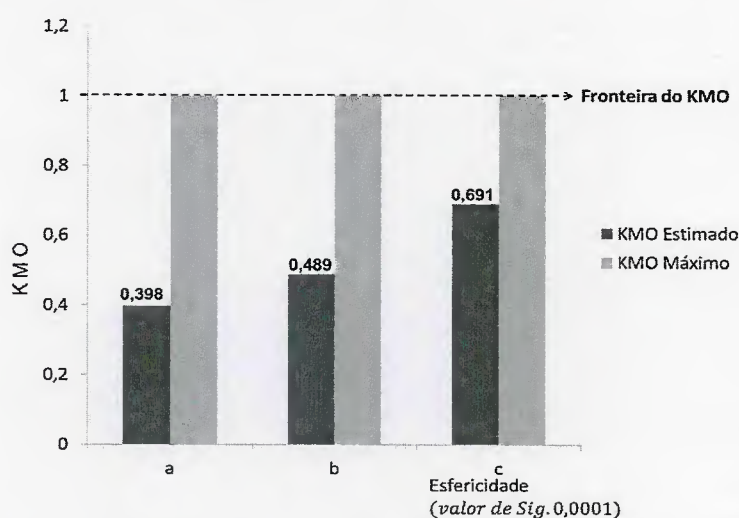


Figura 4. Comparação dos testes KMO e Esfericidade de Bartlett empregados para Diferentes modelos.

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.

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 aumentar o total da Variância Explicada - VE e o KMO, sendo o valor não significativo para aplicação do método ($KMO < 0,5$), portanto um terceiro e último modelo foi estimado C, apresentando KMO próximo do limite ($KMO = 1$), 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).

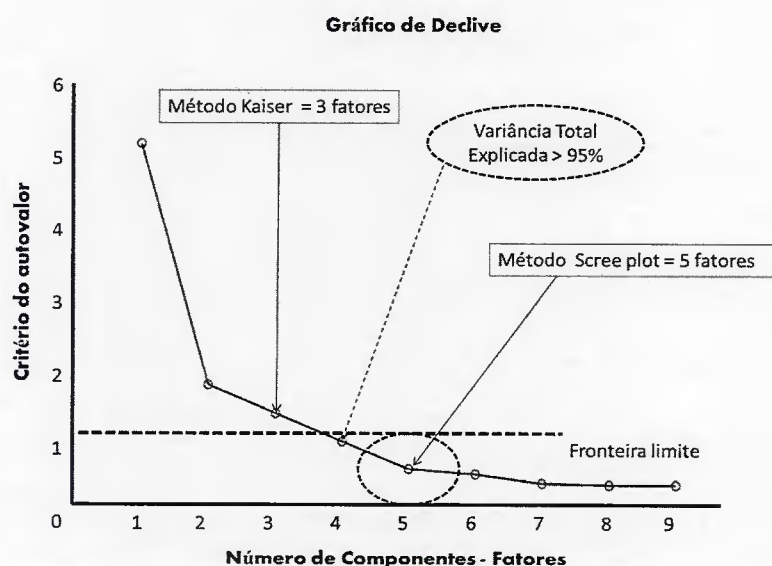


Figura 5. Métodos empregados para definição do número de Fatores (Kaiser, *scree plot* e percentual de variância explicada).

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 está 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 95,157% 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.

1. Initial Eigenvalues				2. Rotation Sums of Squared Loadings		
3. Componentes	4. Total	5. % of Variance	6. Cumulative %	7. Total	8. % of Variance	9. Cumulative %
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

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.

3. Variáveis	1. Component Matrix 4. Component				2. Rotated Component Matrix 5. Component			
	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

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.

1. Rotated Component Matrix					
2. Fatores					
3. Variáveis	Projetos Agorpecuários	Agricultura Tradicional	Interação de Subsistência	Plantação Industrial	4. Comunalidades
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

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 apresentando 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 último fator foi denominado de Plantação Industrial e teve apenas a atividade do coco da bahia 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 de significância ($p < 0,05$), 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)

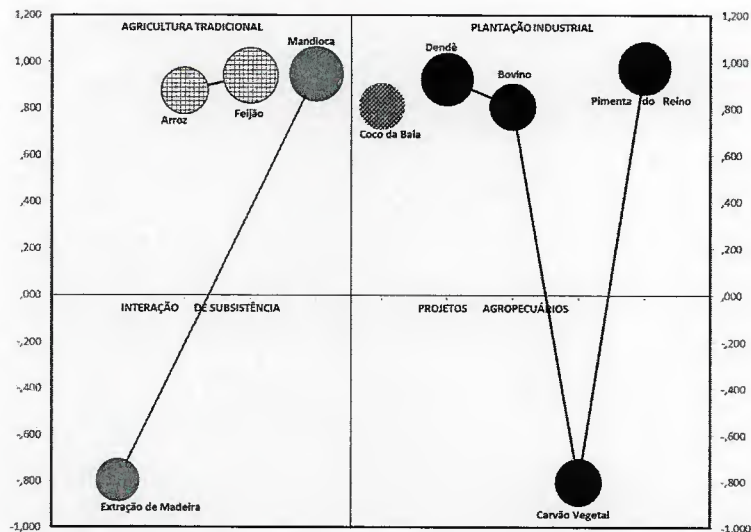


Figura 6. Resultado gráfico da matriz de análise fatorial rotacionada, a disposição das variáveis e os respectivos componentes.

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).

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:

$$F_1 = \text{Projetos Agropecuários} - PA \quad (16)$$

$$Pimenta\ do\ Reino_t = 0,972_{f_1} + e_1 \quad (17)$$

$$Dendê_t = 0,924_{f_1} + e_2 \quad (18)$$

$$Bovino_t = 0,806_{f_1} + e_3 \quad (19)$$

$$Carvão_t = -0,805_{f_1} + e_4 \quad (20)$$

As variáveis explicadas pelo fator 2,

$$F_2 = \text{Agricultura Tradicional} - AT \quad (21)$$

$$Feijão_t = 0,941_{f_2} + e_5 \quad (22)$$

$$Arroz_t = 0,876_{f_2} + e_6 \quad (23)$$

As variáveis explicadas pelo fator 3,

$$F_3 = \text{Interação de Subsistência} - IS \quad (24)$$

$$Mandioca_t = 0,947_{f_3} + e_7 \quad (25)$$

$$Madeira_t = -0,795_{f_3} + e_8 \quad (26)$$

As variáveis explicadas pelo fator 4,

$$F_4 = \text{Plantação Industrial} - PI \quad (27)$$

$$Coco da Baía_t = 0,811_{f_4} + e_9 \quad (28)$$

De forma agregada, a análise da matriz de cargas fatorais, a forte associação indicadas pelas comunalidades e a montagem sequencial das equações fatorais 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.

ANÁLISE 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:

$$MCE_t = \beta_0 + \beta_1 PA_{1t} + \beta_2 AT_{2t} + \beta_3 IS_{3t} + \beta_4 PI_{4t} + e_t \quad (29)$$

Em que MCE_t é o modelo de desflorestamento no município de Moju em quilômetro quadrado (Km^2) para o período relacionado; β_0 corresponde ao intercepto ou valor médio do desflorestamento quando os fatores (PA_{1t} ; AT_{2t} ; IS_{3t} ; PI_{4t}) forem iguais à zero; os β_s são os coeficientes estimados pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários – MQO e medem a mudança no valor médio de MCE_t resultante da variação unitária em um dos fatores,

e mantendo constante o valor dos demais; os fatores (PA_{1t} ; AT_{2t} ; IS_{3t} ; PI_{4t}) são as variáveis explicativas ou regressores do modelo e o e_t é o termo de erro ou componente aleatório.

Resultados Estatísticos

A partir da especificação do modelo definido, na equação 29, 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 χ^2 com $n - 1 - K$ graus de liberdade, assegurando um JB calculado da ordem de 0,380167 bastante inferior ao valor crítico da distribuição χ^2 , tabulado em 11,07. Para outros comparativos da eficiência, atesta-se na linha ($Probability = 0,8268 > \alpha$) no relatório gerado pelo *software Eviews*, revelando valor de JB *probability* acima de 5% e distribuição próxima a normal apresentada pelo histograma (figura 7).

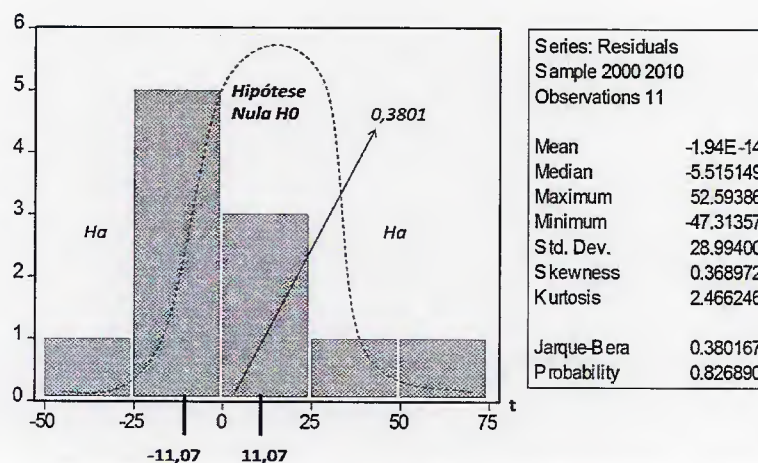


Figura 7. Relatório de normalidade a partir da análise dos resíduos, o teste Jarque Bera.

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 média 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 ($Probability = 0,8384 > \alpha$), 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 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).

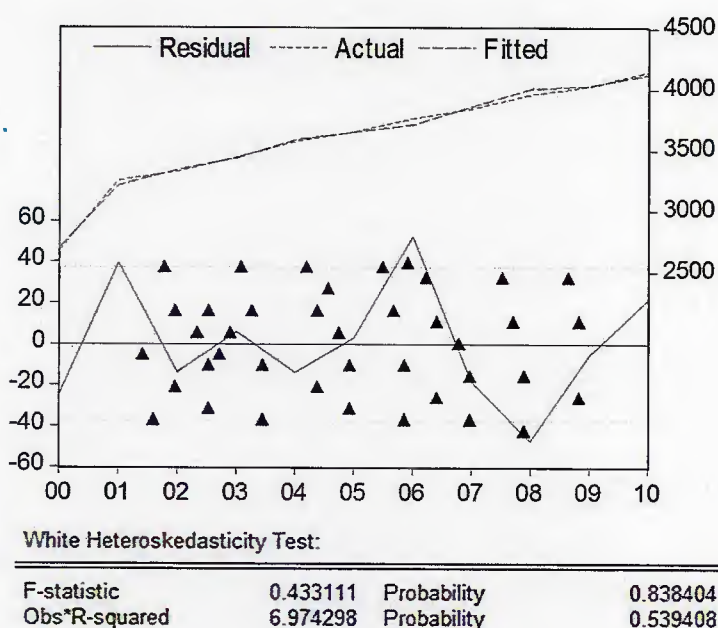


Figura 8. Relatório de Análise da variância, o teste de *White Heteroskedasticity*.

Outro componente importante é que ao longo da série 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).

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 ($Probability = 0,2838 > \alpha$). Segundo o relatório para o MCE, foi aceita a hipótese nula, de que os erros são não-correlacionados (figura 9).

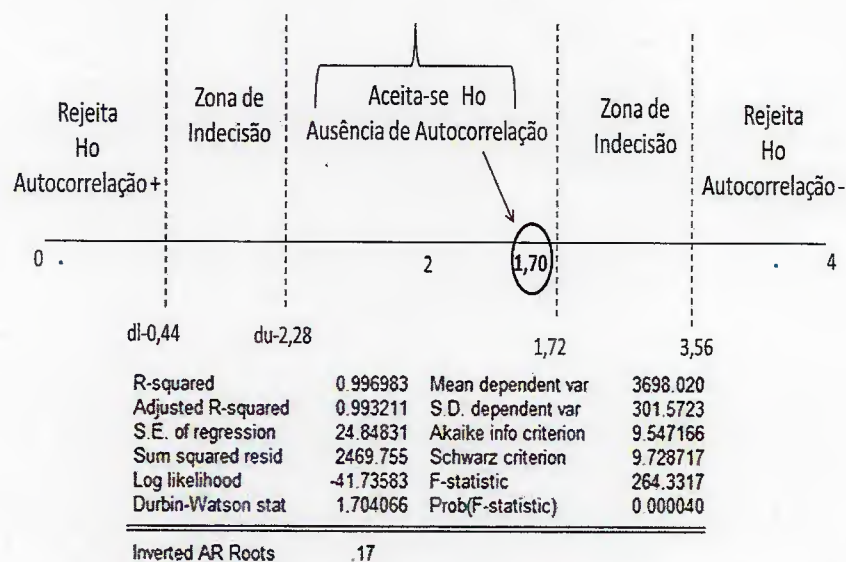


Figura 9. Relatório de Análise da autocorrelação residual: o teste de *Breusch-Godfrey Correlation LM*.

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).

Multicolinearidade das Variáveis Independentes

Um dos pressupostos fundamentais no modelo de regressão linear, é que as variáveis explicativas devem assumir seus efeitos de influência 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 r^2 , é comparado com o coeficiente de determinação do modelo de regressão R^2 . Por este critério, o coeficiente de correlação simples das variáveis independentes ao quadrado foi comparado com o R^2 , 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).

1. Estatística	2.Valores	1. Estatística	2.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

Figura 10. Relatório de Análise das Estatísticas Estimadas pelo Eviews.

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 $R^2 = 0,9920$, 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 Modelo de Conversões de Ecossistemas.

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).

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

6. Variable	7. Coefficient	8. Std. Erro	9.t-Statistic	10. Prob
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-Varáveis adotadas;
- 7- Coeficientes estimados;
- 8- Erro padrão das variáveis;
- 9- Estatística – t;
- 10- Probabilidade.

Figura 11. Parâmetros estimados e estatísticas de probabilidade do MCE estimado pelo Eviews.

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 - PA 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 - AT 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 este estímulo promove uma redução de 139,78Km²/ano no desflorestamento, *ceteris paribus* (figura 11).

O parâmetro de Interação de Subsistência - IS 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, *ceteris paribus* os parâmetros projetos agropecuários, agricultura tradicional e plantação industrial (figura 11).

O parâmetro Plantação Industrial – PI 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.

ANÁLISE DE CENÁRIOS DO DESFLORESTAMENTO

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 fator denominado de **Projetos Agropecuários** corresponde nesta seção ao Cenário A – CA, e foi analisado com base nas estimativas expostas pelo parâmetro, 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).

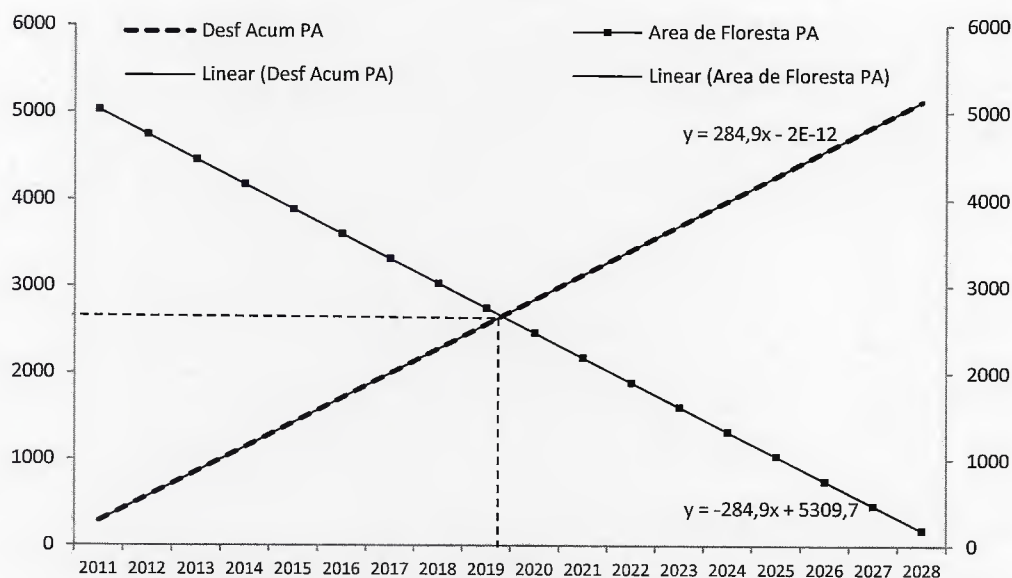


Figura 12. Estimativas dos incrementos anuais do desflorestamento e redução das áreas de florestas, sob a ótica dos Projetos Agropecuários.

As trajetórias do desflorestamento acumulado estão vinculadas 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, corresponde aos valores das estimativas do fator denominado de **Agricultura Tradicional** e 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).

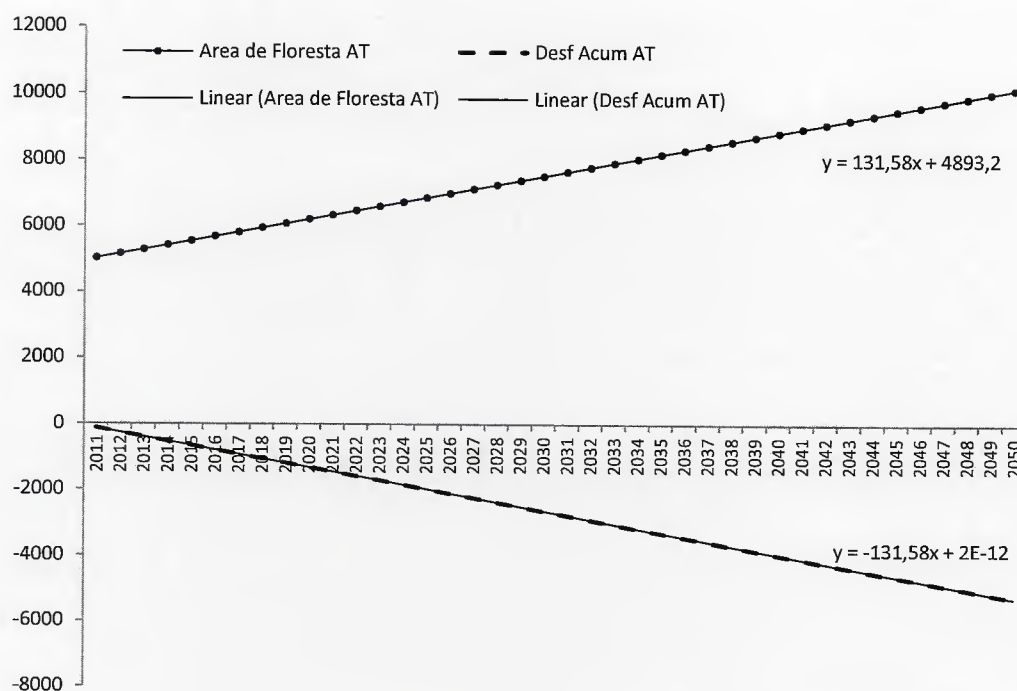


Figura 13. Estimativas dos incrementos anuais do desflorestamento e redução das áreas de florestas, sob a ótica do Fator Agricultura Tradicional.

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 $131,58 \text{ Km}^2$, *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 estimada para o fator **Interação de Subsistência**, mantido constantes as demais variáveis, a cada ano apenas $83,84 \text{ Km}^2$ 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 Km^2 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).

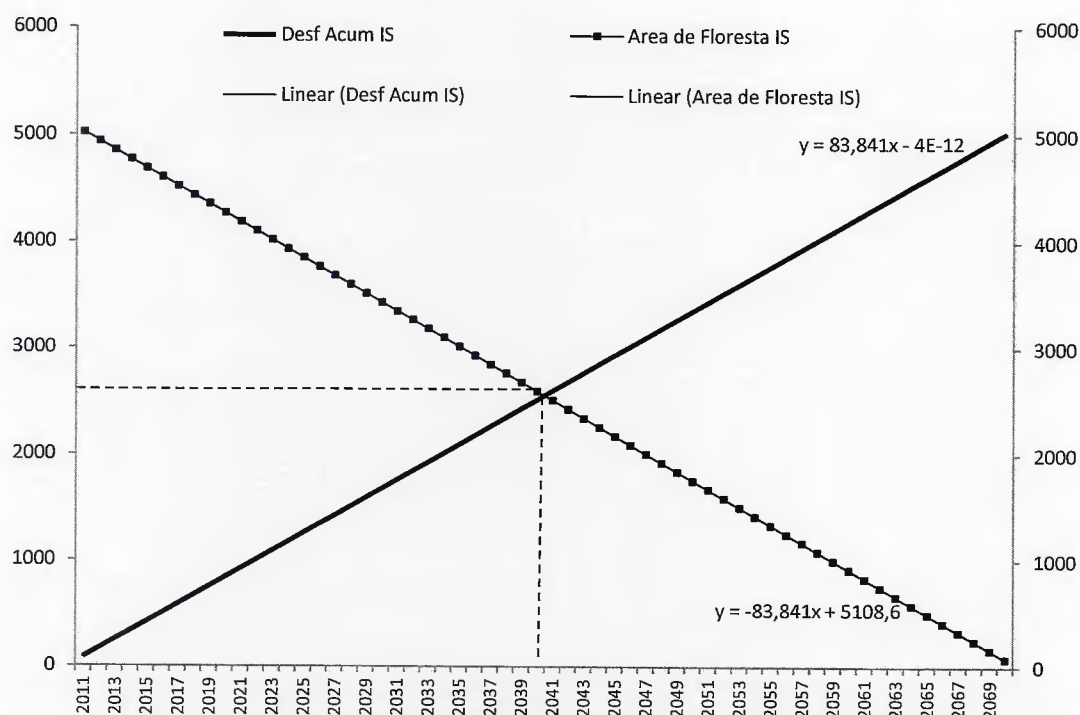


Figura 14. Estimativas dos incrementos anuais do desflorestamento e redução das áreas de florestas, sob a ótica da Interação de Subsistência.

O Cenário D – CD apresenta atividade as estimativas do fator nomeado de **Plantação Industrial**, que expõe a atividade de coco como única dentro do 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).

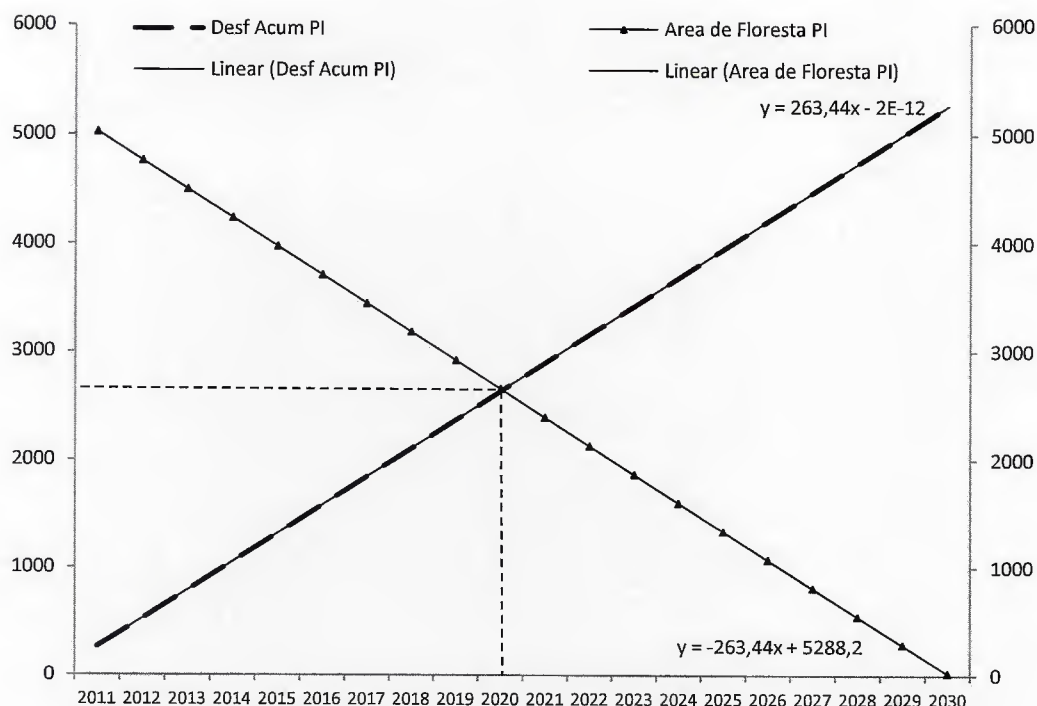


Figura 15. Estimativas dos incrementos anuais do desflorestamento e redução das áreas de florestas, sob a ótica da Plantação Industrial.

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 florestas fossem totalmente dizimadas na condição de todos os fatores produtivos fossem

totalmente convertidos para a produção agropecuária, caracterizando o cenário dos Projetos Agropecuários. 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, *ceteris paribus*, caracterizando o cenário CD das Plantações Industriais (figura 16).

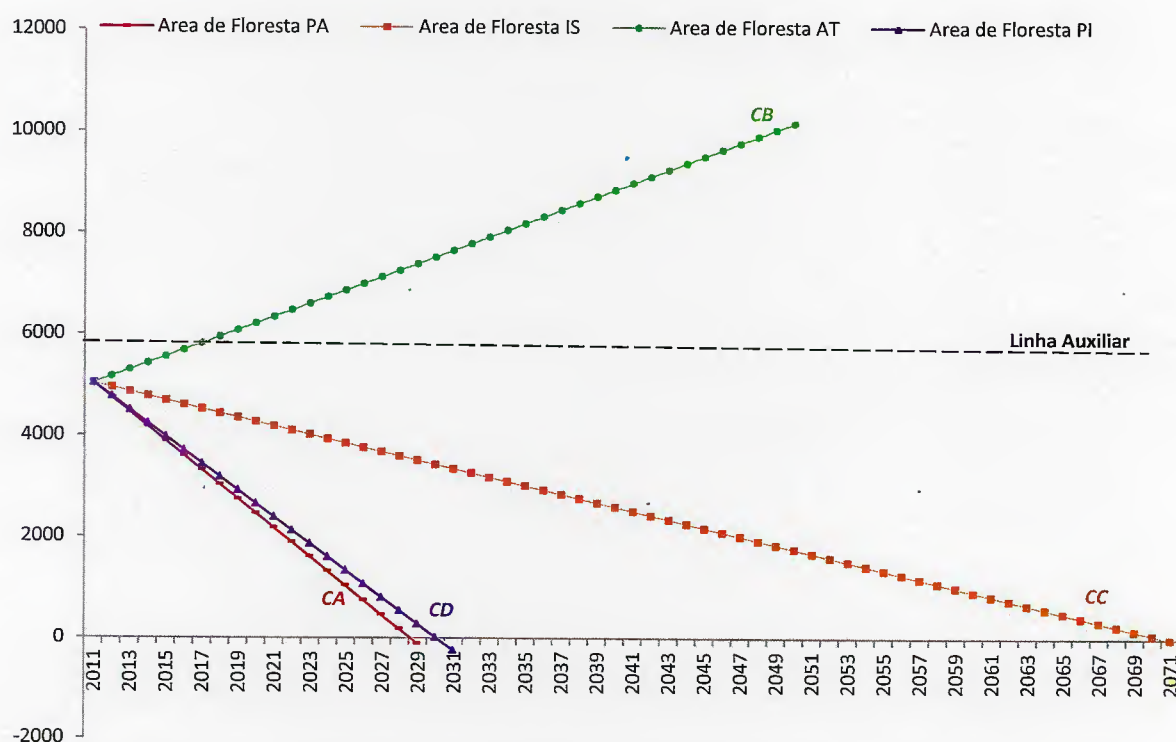


Figura 16. Estimativas da redução das áreas de florestas, um enfoque comparativo dos parâmetros.

O cenário CC da **Interação de Subsistência** aponta para situação bem melhor na comparação com os cenários CA dos **Projetos Agropecuários** e CD das **Plantações Industriais**, pelo coeficiente estimado a interação das atividades de extração de madeira e plantio de mandioca pelo ritmo 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 16).

Com relação ao envolvimento do agricultor tradicional, 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, caracterizando o cenário CB.

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 fatoriais 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 está 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 esta 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 esta 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 influenciáveis, o que ressalta a importância em investir na agricultura familiar como política pública de combate efetivo às 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 dende 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 compara-se 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 revelam 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

- 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.
- ANDO, T. **Bayesian factor analysis with fat-tailed factors and its exact marginal likelihood.** Journal of Multivariate Analysis, vol.100, pp 1717-1725, 2009.
- 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.
- BEZERRA, F. A. **Análise Fatorial.** 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 73-130.
- 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.
- BOIK, J. R. **Inference on Covariance Matrices under Rank Restrictions.** JOURNAL OF MULTIVARIATE ANALYSIS, vol.33, pp 230-246,1990.
- 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 Forêt 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.

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.

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; KOWALSKIb, C. J; SCHNEIDERMANC, 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.

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 ESTATISTICA - 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; ROUSESEEEUW, 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 their effect 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.

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.

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

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

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.

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.

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.

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.

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

4. PADRÕES ESPACIAIS DA CONVERSÃO DE ECOSISTEMAS A PARTIR DA DINÂMICA PRODUTIVA NA ZONA RURAL DE MOJU-PA

RESUMO

A expansão das atividades econômicas no município de Moju, analisadas entre 2000 e 2010, apresentou forte intensificação produtiva em diferentes zonas no meio rural, com distintas ocupações, e ao mesmo tempo grandes extensões de monocultura. Algumas culturas notadamente receberam mais investimentos, apoiadas pelos capitais internacionais e políticas públicas para atender o crescimento da demanda internacional. O comportamento expansivo das atividades para áreas de elevada fragilidades ambiental, o efeito substituição de culturas e principalmente o processo de conversão de ecossistemas foram analisados para compreender a dinâmica espacial do desflorestamento. As novas áreas incorporadas ao processo expansivo no período analisado, a identificação de espaços com predomínio de monocultura e as zonas de crescimento medidas em Km², das áreas produtivas dos principais determinantes do desflorestamento, contribuíram para atingir o objetivo geral deste artigo. A análise supervisionada das imagens de satélite do tipo *SPOT* de resolução 2,5 mts e o cruzamento vetorial da evolução dos *shapes* de desflorestamento do INPE entre 2000 e 2010, empregando o *software SPRING 5.2* com auxílio de vários mapas temáticos permitiram a classificação e a identificação das classes, e o estabelecimento das principais zonas de conversões da meio rural, assim como explicar, o avanço da cultura do dendê como a principal atividade no meio rural em áreas frágeis e a substituição de culturas com aceleradas alterações nos ecossistemas do município.

Palavras-chave: Classificação Supervisionada; *Pixel*; Imagens de Satélite; ArcMap10; Padrões Espaciais.

SPATIAL PATTERNS OF CONVERSION OF ECOSYSTEMS FROM THE PRODUCTIVE DYNAMICS OF THE RURAL ZONE OF MOJU -PA

ABSTRACT

The expansion of economic activities in the city of Moju, between 2000 and 2010, showed a sharp increase in production in different zones of the rural area, with different types of occupations, and concomitantly, large-scale monocultures. Some cultures received noticeably more resources, supported by international capitals and public policies aimed to meet the increase in international demand. The expansion of the activities to areas of high environmental fragility, the effect of the cropping system of alternative cultures, and especially the process of conversion of ecosystems were analyzed for an understanding of the spatial dynamics of deforestation. The new areas incorporated to the expansion process in the analyzed period, the identification of spaces with predominance of monocultures and the growth zones measured in Km², of the productive areas of the main determining factors of deforestation, contributed to the achievement of the general objective of this article. Supervised analysis of SPOT satellite imaging with a resolution of 2.5 mts and the vector crossing of the evolution of the deforestation shapes of INPE between 2000 and 2010, using SPRING 5.2 software, with the aid of various thematic maps, allowed the classification and identification of classes, and the establishment of the main zones of conversions in the rural area. They also explained the expansion of the culture of palm oil as the main activity in the rural environment, in fragile areas, and the system of alternative cultures with accelerated changes in the ecosystems of the city.

Keywords: Supervised Classification; *Pixel*; Satellite Images; ArcMap10; Spatial Patterns.

INTRODUÇÃO

A análise sobre a dinâmica de desflorestamento no município de Moju envolve uma série de variáveis que podem ser agrupadas em componentes principais, isto permitiu maior entendimento dos processos de conversões dos ecossistemas, sem, no entanto desconsiderar a importância de uma definição espacial do processo. A compreensão da lógica de transformação da paisagem natural em paisagem antropizada está diretamente relacionada à expansão das atividades econômicas, e o local onde elas estão ocorrendo, o que fornece uma leitura espaço-temporal complementar aos tratamentos convencionais.

No município de Moju os espaços produtivos no meio rural sofreram muitas alterações nos últimos dez anos com influências diferenciadas, tornando difícil precisar as explicações dos determinantes do desflorestamento quando a escala do objeto investigado diminui. Nesse sentido, a tentativa de entender como se processam tais modificações no uso da terra no município exige um tratamento multivariado que visualize tanto os aspectos quantitativos da alteração das áreas como qualitativo revelando a concorrência entre as culturas e demais atividades produtivas no município.

O componente espacial da análise tem uma importância funcional na dinâmica do desflorestamento do município, porque é a unidade física onde atuam simultaneamente as forças de atração e repulsão estabelecidas pelas diferentes realidades na zona rural. O poder de explicação do componente está além de suas características estruturais, o espaço físico permite integrar múltiplas dimensões da dinâmica do desflorestamento captando seus efeitos subjacentes e imperceptíveis na ausência de um tratamento no espaço e tempo.

O desflorestamento recente em Moju exigiu uma análise que fosse capaz de combinar a relação da evolução do ambiente representada por mudanças físicas com diversos vetores que estabelecem permanentemente interações com as transformações ocorridas no espaço caracterizando os vínculos associativos e a direção ou sentido dos efeitos sobre o desflorestamento no município.

A necessidade de compreender a destinação das áreas desflorestadas tem importância crucial para dimensionar o impacto das atividades produtivas associadas à dinâmica de conversões dos ecossistemas no município de Moju. Nesse sentido as transformações de paisagem apresentam elevada correlação com os parâmetros econômicos

explicando padrões de uso da terra e ao concomitantemente alimentam novos processos de conversões.

A dificuldade na análise dos padrões do desflorestamento consiste em definir um ambiente complexo, integrado e dinâmico de uso do solo funcionando sob um enfoque interativo de várias políticas públicas e ainda com forte influência da demanda externa e efeitos diretos do capital estrangeiro nas conversões de Moju. A combinação de vetores georreferenciados e análise supervisionada dos espaços territoriais se apresentam como ferramenta importante na espacialização do desflorestamento recente, assim como o entendimento das conversões na área de estudo considerada.

O tratamento espacial do desflorestamento implica ainda em relacionar causas e efeitos dessa dinâmica sobre as mudanças no uso do solo promovidas pelas atividades produtivas no município. A expansão dessas atividades intensivas no fator terra constitui-se em vetores potenciais da extensão da cobertura florestal e dos seus processos sucessionais, estabelecendo uma forma de medir a interferência produtiva nas mudanças de paisagem.

A compreensão da dinâmica do desflorestamento é um processo histórico de evolução do uso do solo e reserva inúmeras respostas para o avanço das conversões florestais no município de Moju. Em algumas áreas rurais é notável o processo de substituição de atividades, já em outras áreas, a expansão teve como consequência a homogeneização de culturas, que precisam ser avaliadas na magnitude de sua expansão, considerando o espaço e tempo de modificação da paisagem.

As conversões entendida a luz dos acontecimentos temporais, conferem um caráter dinâmico do desflorestamento no município de Moju, na medida em que permitem discutir como as atividades produtivas influenciam, se estabelecem e principalmente dinamizam os espaços físicos. Nesse sentido, quais são os padrões espaciais de desflorestamento em Moju decorrentes do avanço das atividades produtivas? Quais são as medidas do desflorestamento associadas às atividades produtivas no município? Quais as medidas desse desflorestamento ou polígonos vetoriais que podem ser atribuídos à expansão das atividades predominantes no município?

A dinâmica do desflorestamento evolui na zona rural de Moju estabelecendo padrões espaciais com forte influência das atividades produtivas, as zonas de expansão e consolidação produtivas não foram os únicos espaços a sofrerem a mudança de ecossistemas.

De maneira principal os padrões se explicam pela combinação de conversões de grandes áreas cercados de pequenas conversões florestais, sugerindo que a expansão das culturas de exportação associadas aos projetos agropecuários permitem padrões de visualizações em *clusters* norteando a lógica espacial da modelagem de ecossistemas, e que combinadas com um maior espalhamento das atividades de cunho familiar, sustenta secundariamente que os padrões espaciais são resultados diretos da interação sócio-produtiva na zona rural.

Em termos gerais, este artigo analisa a formação de padrões do desflorestamento recente e dimensiona o impacto espacial das atividades produtivas como determinantes das conversões de ecossistemas entre 2000 e 2010, na zona rural de Moju. Especificamente pretende-se, identificar as principais zonas das atividades produtivas; dimensionar o impacto na utilização de áreas incorporadas aos processos produtivos e comparar os temáticos da área de estudo para quantificar o avanço das novas conversões.

Além desta introdução, este artigo está organizado em quatro seções. A revisão dos principais estudos sobre os processos de desflorestamento no aspecto espacial e sua interação com as atividades produtivas. Na segunda seção, a definição metodológica e a metodologia de análise vetorial e descrição do *software* empregado na técnica de classificação supervisionada. Na terceira seção, os resultados e as discussões sobre as técnicas utilizadas. A última seção apresenta os comentários, discussões e sugestões de política pública para a compreensão da dinâmica espacial do desflorestamento.

REVISÃO DA LITERATURA

O emprego operacional das imagens de satélites para analisar processos evolutivos de uso da terra está ganhando relevância nos estudos espaciais, porque permitem estimar áreas de plantio em diferentes espaços e comparar o crescimento entre culturas ou demais atividades produtivas. O potencial oferecido vai além da medição de polígonos ou estabelecimento de zonas produtivas, quando o objeto é o desflorestamento, a análise da sua dinâmica fornece elementos espectrais para identificar padrões do uso do solo.

Uma parte da literatura especializada discute o problema de forma técnica limitando-se ao desenvolvimento de modelos de validação das metodologias e empregos de *software* específicos, porém com avanços notórios na resolução e precisão de medidas espectrais. Nesse sentido, o Sistema de Informações Geográficas – SIG tem permitido aos

usuários, o avanço necessário para representar fenômenos do mundo real a partir da modelagem de dados geográficos. A outra discussão tem favorecido a incorporação de elementos agregadores na análise dos fenômenos, buscando aproximar a leitura computacional da realidade sistêmica composta pela diversidade interativa social e as relações com o meio físico biótico e abiótico.

A literatura aponta uma grande carência de trabalhos como uso de imagens de satélite associado a mudanças espaciais, com esta finalidade os trabalhos de Agarwal et. al (2005), empregando critério de modelagem hierárquica *bayesianos* para estudar processos de desmatamento foram importantes na definição teórica. Este estilo de modelagem melhora as interpretações ecológicas e permite efetuar as comparações intertemporais desejáveis quando o objetivo é cominar as atividades produtivas associadas à transformação da paisagem.

Em análise sobre o processo de ocupação da Amazônia no espaço e tempo, e procurando explorar as diferenças intra-regionais no uso da terra como fatores determinantes do desflorestamento, as análises espaciais identificaram como causas, as atividades de pastagem, agricultura temporária e permanente em quatro zonas espaciais: em toda a Amazônia; Arco de maior densidade populacional; Amazônia Central, onde as novas fronteiras estão localizadas e Amazônia Ocidental. As conclusões destes estudos atribuem as mudanças da paisagem a fatores relacionados à organização de sistemas produtivos com fortes diferenças em espaço e tempo no desflorestamento (AGUIAR; CÂMARA; ESCADA; 2007).

A combinação de informações sobre as taxas de desflorestamentos com as imagens de satélite e pesquisas de campo com classificação supervisionada apresentaram grandes vantagens na definição dos determinantes do desflorestamento e em apontar estimadores eficientes. O desflorestamento no sul do México tem revelado ao longo dos anos que as comunidades se incentivadas permitem auxiliar as instituições governamentais a manter a floresta em pé em troca dos valores financeiros recebidos pela atividade de silvicultura, estes resultados tem sido monitorados por pesquisas de campo nas áreas onde várias comunidades receberam o apoio institucional (GARCIA; JANVRY; SADOULET; 2005).

A importância da análise espacial com a decisão das comunidades em promover o desflorestamento são elementos importantes para considerar na geografia das conversões

florestais. O desflorestamento nesse sentido é uma condição que depende da decisão das comunidades, do valor da terra, das suas condições e atributos físicos e do desflorestamento total da comunidade, estes elementos em conjunto determinam ações coletivas e em determinados espaços para as conversões (GARCIA, 2007).

Modelos que examinam tanto a distribuição espacial da perda da floresta e o montante total do desmatamento dentro de determinadas comunidades, revelam a importância conjunta ou associações que influenciam e determinam o desflorestamento. Estes fatores indicam que as conversões de florestas para atividades produtivas tem apresentado variadas características, que dependem da natureza jurídica da terra, da localização e processos de valorização e do próprio entendimento das comunidades com relação ao futuro da terra, ou seja, a escolha de conversão da floresta também é uma decisão de racionalidade econômica embutida e decidida socialmente (ANGELSEN, 1999; GARCIA, 2007).

Além das considerações sobre o potencial social das comunidades adjacentes ou que também promovem o desflorestamento, outras variáveis são cruciais para o entendimento da dinâmica de desflorestamento, são as conclusões de trabalhos sobre o desflorestamento tropical que empregaram diversos mapas temáticos e testes qui-quadrados para validar a significância entre variáveis, além de permitir a exibição de camadas compostas em Sistemas de Informações Geográficas – SIG para identificar e acompanhar os atributos de resolução espacial (GARCIA, A. J; JANVRY, A; SADOULET, E; 2005).

O uso interdisciplinar dos mapas temáticos tem auxiliado na definição mais precisa do desflorestamento, e o tratamento de imagens de satélite e sua vetorização tem se tornado importantes ferramentas para, dimensionar o quantitativo das conversões, identificar os determinantes da dinâmica de desflorestamento e estabelecer associações funcionais que expliquem a ausência ou presença do fenômeno em determinada área (ECKERT *et. al*, 2011).

A combinação vetorial utilizando o Sistema de Processamento de Imagem com a correção geométrica e índice de vegetação a partir da classificação, filtragem e avaliação de precisão de imagens são as técnicas mais empregadas para estabelecer os atributos de base dos polígonos. A literatura emprega em escala estas técnicas do ambiente de SIG, para analisar as relações entre as variáveis expressa como camada de dados aplicando intensamente a modelos de conversões de ecossistemas (ENTWISLE *et. al*, 2008).

A literatura recente norteia para estudos sobre análises da sensibilidade do uso do solo, apontando padrões e discriminando as principais diferenças, estas técnicas do ambiente em SIG investigam como os padrões estruturais são identificados no tempo e espaço. A aplicação da técnica combinando simultaneamente análise intertemporal de imagens de satélite e dados socioeconômicos podem ajudar os decisores de políticas públicas em suas formulações para combater o desflorestamento (CELENTANO; SILLS; VERÍSSIMO; 2011).

Estes trabalhos tem procurado demonstrar que a espacialização permite identificar para o caso da Amazônia brasileira que existem exceções ao processo padrão de expansão das conversões na região. A combinação de análises intertemporais das mudanças no uso do solo e o efeito gerado depois do processo de conversão sobre o bem-estar da região têm refletido algumas melhorias para aqueles municípios de base mineral, localizados no sudoeste da região (CELENTANO; SILLS; VERÍSSIMO; 2011).

Outros trabalhos que objetivaram estimar a emissão de Gases de Efeito Estufa - GEE pela perda de floresta, a partir de ratificação da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – UNFCCC, acelerou a expansão na literatura do uso das técnicas de geoprocessamento como principal avaliador do estoque florestal. O emprego de novos sistemas operacionais com suporte de estações de recepção de imagens de sensoriamento remoto e com excelentes padrões de precisão cartográfica já tradicional nestas avaliações e com elevado significância estatística para prognóstico ambiental (ACHARD; BROWN; DeFRIES; HEROLD; MURDIYARSO; SCHLAMADINGER; SOUZA; 2007).

Esta abordagem metodológica com tratamento supervisionado ou não das imagens de satélite é o único enfoque prático para mensurar as mudanças na cobertura florestal e no uso do solo em nível nacional e internacional. A quantificação com certa precisão das áreas desflorestadas associadas à expansão de atividades econômicas, os métodos consequentes para estimativas do inventário de GEE e os estudos para identificar áreas com diferentes níveis de degradação ambiental, são os principais produtos oriundos da recente literatura com o uso das tecnologias de SIG (ENTWISLE; RINDFUSS; WALSH; PAGE; 2008).

Aplicando as técnicas do SIG por meio de geoprocessamento de imagens, os trabalhos de Entwisle *et. al* (2006) e Etter *et. al* (2006) analisaram as ocupações de fronteira e as mudanças no uso do solo no Sudeste Asiático e América do Sul, respectivamente. Os resultados apresentaram conclusões semelhantes em ambientes espaciais distintos, pois foi

possível estimar as taxas de incremento do desflorestamento, identificar os principais vetores econômicos das conversões e indicar áreas com maior pressão para a continuidade da pressão.

Para medir o desflorestamento de pequenos agricultores, em comunidades específicas a combinação e modelagem espacial empregou a combinação de estudos integrados de sensoriamento remoto com dados de pesquisa primária a partir de levantamento em propriedades de produtores rurais, estimando a dinâmica quantitativa das conversões de ecossistemas entre 2000 e 2004 (WYMAN; STEIN; 2010).

Seguindo objetivos semelhantes que incluíam também a identificação das atividades responsáveis pela substituição da floresta, os trabalhos relatando estudos de caso sobre a Sumatra e Indonésia tem indicado forte uso das geotecnologias para explicar a dinâmica de conversões. O apoio das imagens de satélite tem permitido não apenas o monitoramento a longo prazo do desflorestamento, mais indicar, acompanhar e verificar sistemas de mudanças de carbono florestal, assim como os serviços ambientais dele decorrentes (WHITTLE; QUEGAN; URYU; STUEWE; YULIANTO; 2012).

A diversidade de trabalhos em torno das especificações técnicas do geoprocessamento permite efetuar comparações para avaliar e aperfeiçoar metodologias de mudanças espaciais. Recentemente as técnicas vêm sendo empregadas com mais intensidade para estimar o potencial de carbono em todo o mundo, e principalmente induzir a políticas de compensação por meio de reflorestamento para áreas já alteradas e mesmo estimular a premiações, remunerações ou transferências de valores monetários para aquelas economias que tem adotado a preservação como política (WHITTLE, 2012; ETTER, 2006; LAAKE; 2004).

A literatura também tem utilizado o sensoriamento remoto e o SIG para identificar os locais que apresentam elevadas taxas de desflorestamento cedendo grande importância para as variáveis quantitativas. A importância dos resultados destes estudos consiste na consideração de abordagens de análise local, considerando apenas as alterações no mapa temático cobertura do solo, o que complementa outros estudos de modelagem sobre as mudanças de paisagem e indicam a confirmações supervisionadas nas áreas indicadas (PATRICK; LAAKE; AZOFEIA; 2004).

A literatura recente avançou claramente nas técnicas de identificação, alteração e medição de mudanças no uso do solo, e em sistemas de geoinformação em SIG, com reflexos

estendidos aos modelos espaciais para explicar com maior precisão as interações nos ecossistemas. Como as áreas de estudos guardam suas especificidades, os modelos e estudos revisados apenas ampliam as possibilidades de aplicações, e reservam novidades para cada nova espacialização problematizada, a seção seguinte apresenta os aspectos metodológicos para determinação dos padrões do desflorestamento na zona rural de Moju.

MÉTODOS

DOS FOCOS DO DESFLORESTAMENTO AOS PADRÕES ESPACIAIS DE CONVERSÕES DE ECOSISTÊMAS NO MUNICÍPIO DE MOJÚ

Esta seção objetiva descrever um tratamento analítico a partir da concepção de espaço absoluto³¹, como o descrito a seguir na macrolocalização deste artigo, que considera as coordenadas geográficas e os limites territoriais como elemento de localização. A combinação com elementos dinâmicos observáveis, caracterizando dinâmicas de fluxo e estabelecendo o que na literatura denominam-se como espaço relativo³², estes interligados ou com presença de vínculos caracterizados por redes. Portanto, esta metodologia empregou ferramentas de SIG para modelar a dinâmica de desflorestamento em espaços absolutos (SANTOS; 1985).

A modelagem no espaço³³ se constitui numa superfície continua sobre a qual os fenômenos estudados ocorrem, ou seja, são estruturas matriciais³⁴ para localizar pontos, linhas, polígonos, fluxos, objetos e a partir deles identificar relações funcionais e não funcionais capazes de apontar trajetórias sustentáveis ou não sustentáveis. As representações de tais fenômenos em espaço absoluto e relativo permitiu analisar o fenômeno do desflorestamento sob a ótica da sua geografia e dinâmica espacial, assim como a identificação dos padrões das conversões de ecossistemas (CAMARA, 2005).

³¹ Verificar maiores detalhes do conceito em SANTOS (1985). Espaço e Método.

³² "Idem "

³³ A modelagem espacial empregada neste artigo partir da ideia de representação computacional de dados geográficos, ou seja, é uma resposta ao problema de como traduzir os fenômenos do mundo real para ferramentas e Sistemas de Informação Geográfica.

³⁴ O espaço é representado por uma matriz $A(i \times j)$, que descreve i (colunas) e j (linhas), com característica e atributos individualizados, e com leitura específica de cada coordenada pelo SIG.

AREA DE ESTUDO

Aspectos da localização

A análise da dinâmica de conversão de ecossistemas foi realizada na macrolocalização do município de Moju como referência de estudo, este criado pela lei Estadual nº 279, de 28 de agosto de 1856, possui uma fisiografia atual ³⁵ de 9.093,85 Km² de área, após sofrer desmembramento territorial para a criação dos municípios de Breu Branco e Goianésia do Pará. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o município de Moju se localiza na Mesorregião do Nordeste Paraense e Microrregião de Tomé-Açu, apresentando as seguintes coordenadas geográficas, na latitude sul 01°53'10" e 48°46'00" de longitude oeste (figura 1).

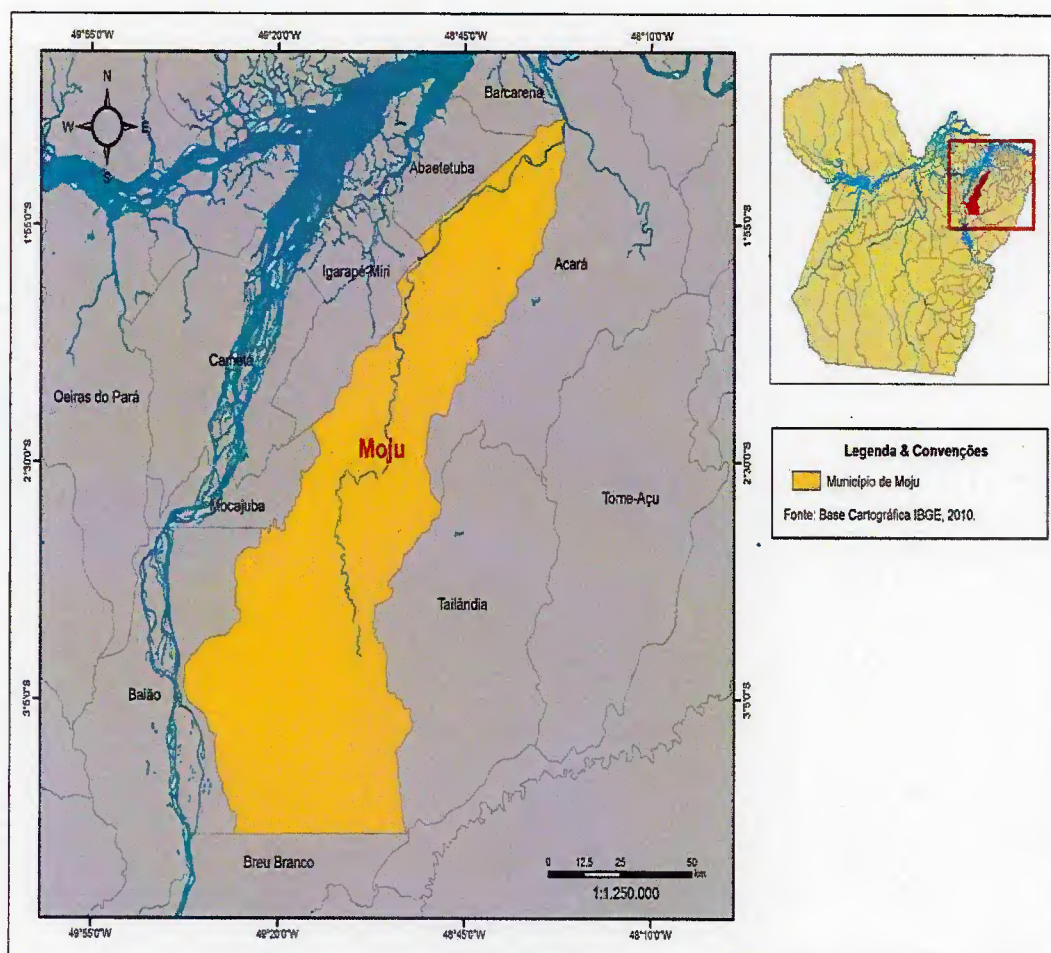


Figura 1. Área de estudo e identificação dos municípios fronteiriços na zona rural de Moju.

³⁵ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

O município de Moju limita-se geograficamente: ao norte com Abaetetuba e Barcarena; ao sul com o município de Breu Branco; a leste os municípios são Acará e Tailândia e na sublocalização de oeste faz fronteira com os municípios de Baião, Igarapé-Miri e Mocajuba (figura 1). Administrativamente, o município pertence à Região de Integração - RI ³⁶ do Tocantins, remete ao processo de colonização antigo do estado do Pará e esta inserida na área de maior densidade populacional, com forte dinâmica de exploração de recursos naturais e atualmente enfrenta forte processo de imigração, grande investimento na homogeneização de espaços produtivos e elevado interesse do capital privado internacional.

Aspectos da Área da Pesquisa

A denificação da espacialização para as visitas técnicas e os 380 pontos de coleta, assim como a adoção dos procedimentos da classificação supervisionada partiu dos resultados da pesquisa do Censo Demográfico ³⁷, que permitiu cobrir territorialmente o município em formato georreferenciado, adotando a base *shape file*, integrada ao mesmo formato de SIG da pesquisa. O planejamento de setores censitários foi ajustado perfeitamente para garantir a densidade demográfica na menor unidade territorial formada por área contínua, definidas nas zonas urbanas e rurais do município de Moju (figura 2).

Os dados foram desagregados por setor censitário para identificar a concentração de pessoas/total de residentes para orientar a pesquisa de campo nas zonas com maior densidade populacional. O município de Moju possui 71 setores, dos quais 30,98% são urbanos e 69,01% são classificados como rurais, com 25.162 mil pessoas residindo nas cidade e 44.856 mil pessoas na zona rural e uma taxa geométrica de incremento anual entre 2000 e 2010 de 2,84%, registrando uma população de 52.941 em 2000 e 70.018 em 2010 (figura 2).

³⁶ Verificar o decreto de criação na Secretaria de Estado de Integração Regional – SEIDURB.

³⁷ Consultar para maiores detalhamentos, a metodologia da Base de Informações do Censo Demográfico 2010, em resultados da Sinopse por setor censitário, IBGE.

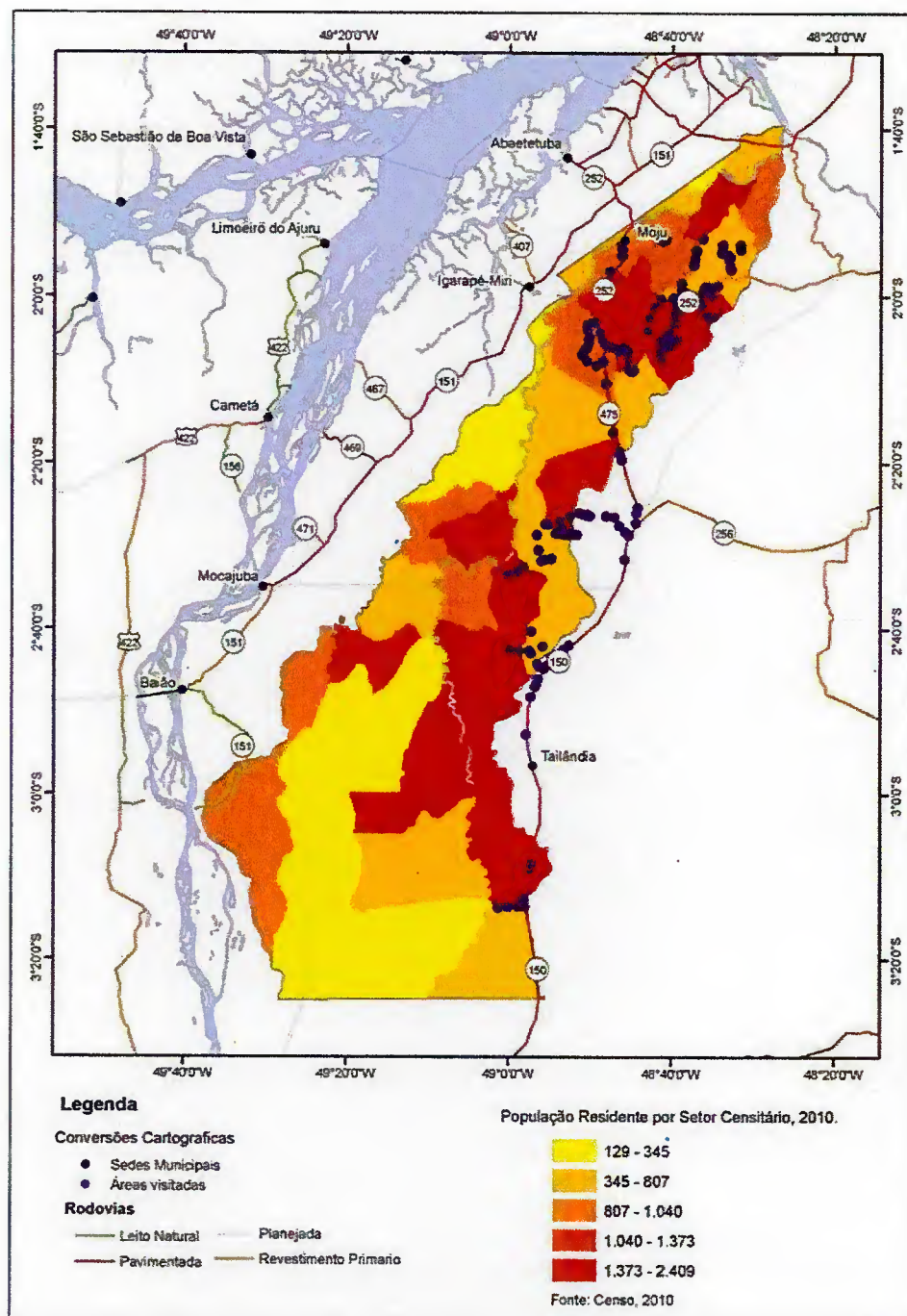


Figura 2. Densidade demográfica, setor censitário e pontos de coleta na zona rural de Moju.

Ao norte e a leste do município encontra-se a maior densidade populacional, incluindo os setores da sede do município, o que pode estar relacionado com a maior disponibilidade de rodovias presentes e a influência dos limites municipais, principalmente com Ácara e Tailândia. A menor concentração populacional localiza-se ao sudoeste do município que se caracteriza por apresentar grande área de reserva indígena, de unidades de conservação e assentamentos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária –

INCRA. A situação intermediária no senso de 2010, identifica uma concentração moderada de 807 a 1.040 pessoas por setor censitário presentes no oeste do município e mais ao norte, o que estaria associado a influência fronteiriça com os municípios de Baião, Mocajuba e Igarapé-Miri (figura 2).

O PROCESSO DE MODELAGEM DOS DADOS ESPACIAIS

Fonte e Ajuste dos Dados

A seleção dos dados seguiu como critério, a importância para uma composição da estrutura matricial que teve utilidade na explicação dos fenômenos das conversões dos ecossistemas e que serão sistematizados em torno da aplicação de um SIG (*SPRING 5.2*). Nesse sentido, os dados vetorizados nos formatos *shape files* foi preferida para a modelagem dos dados espaciais, facilitando o tratamento da informação em unidades lógicas de dados, a percepção de mudança no espaço, o ajuste de dados complexos e diversificados assim como a identificação de relações espaciais (RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, 2007)

A dinâmica do desflorestamento foi correlacionada com os dados dos focos do desmatamento, fornecido em dados vetorizados na escala municipal pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, por meio do Sistema PRODES, no período de 2000 a 2010. As fontes secundárias também foram empregadas para o dimensionamento do Cadastro Ambiental Rural das principais empresas e atividades na zona rural de Moju, todos georreferenciados e validados pelo Sistema de Licenciamento do Estado do Pará – SINLAM-PA, com vetores e topologia que permitem a mensuração de polígonos e adjacências em formato *shape file*.

O dimensionamento dos estabelecimentos agropecuários e o avanço das mudanças no uso do solo foram dimensionados e transformados para o mesmo formato da base de dados em GIS, empregando as pesquisas do Banco de Dados Agregados do IBGE – SIDRA, por meio das pesquisas do Censo Agropecuário (IBGE, 1996-2006), a Pesquisa Agrícola Municipal – PAM (PAM, 2000 e 2010), a Pesquisa de Pecuária Municipal - PPM (PPM, 2010), a Pesquisa de Extrativismo Vegetal e Silvicultura – PEVS (PEVS, 2010), estas últimas finalizam a primeira etapa dos dados de origem secundária.

Outras fontes complementaram a modelagem espacial e concomitantemente permitiram o ajuste dos dados, trata-se da utilização das imagens de satélite multiespectrais de sistema TM-Landsat com técnicas de georreferenciamento ao sistema de projeção

cartográfica Transversal Universal de Mercator – UTM. Os diversos *shapes files* gerados e coletados de diferentes fontes, aliado a um levantamento *in loco* para a compreensão das dinâmicas produtivas de interação e integração da análise.

Esta subseção da metodologia tem por finalidade inserir e integrar numa única base de dados (nos limites municipais), informações que assegurem a combinação, manipulação e análise do banco de dados reunidos, de forma a orientar as análises de resultados de acordo com a necessidade, entre as quais a composição de mapas temáticos que expliquem melhor o fenômeno e a dinâmica do desflorestamento, e ainda representem, de forma simplificada a realidade rural. Uma forma simples de expor como a metodologia irá trabalhar a representação esta descrita na.(figura 3).

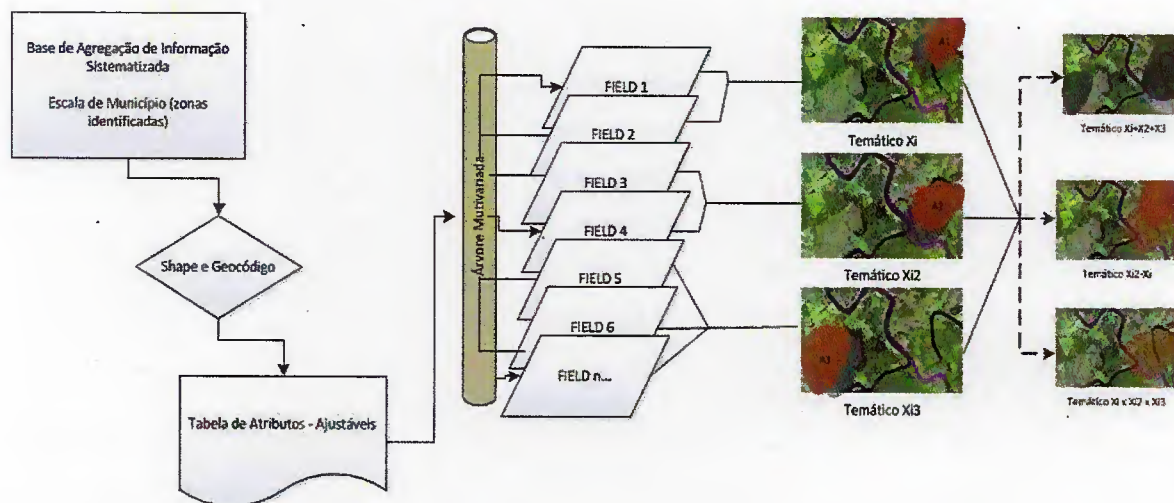


Figura 3: Modelo descritivo do banco de dados.

Um principal diferencial para gerar os resultados desejados e garantir um bom tratamento da base de dados, é cumprir o esquema lógico que estrutura o insumo de um SIG. A tabela de atributos é composta por diferentes campos, onde o pretendido é expandir a tabela de atributos que sejam capazes de estruturar os resultados. Para a composição de um SIG integrado é necessário estabelecer as classes que respondam ao problema central da pesquisa, e o conceito definido com relação a essas classes revelando a importância que eles têm para o objetivo da pesquisa (SEARLE,1998).

Nesse sentido, o município se constitui num plano de informação base (*layer*), que orientará o banco de dados a responder a diversas indagações do estudo, entre as quais. Como

a informação acumulada poderá se transformar em resultados analíticos? Como será possível estabelecer as interações entre os atributos da variável? Quais os instrumentos que poderão ser utilizados para modelar uma região geográfica associada?

Os *fields* da tabela de atributos estarão associados a medidas nominais (qualitativas), quando estiverem referenciando a classificações de paisagem ou índices aplicados para efeito comparativo, e medidas numéricas (quantitativas), quando as informações do banco de dados exigirem uma comparação espacial com este formato. Portanto, o modelo descritivo de banco de dados deverá ajustar e ao mesmo tempo ser ajustado pelo SIG.

FERRAMENTA DE ANÁLISE

O processamento do banco de dados nesta seção se torna fundamental na medida em que as representações computacionais do espaço geográfico serão utilizadas como o principal instrumento de interação das informações de forma qualitativa e quantitativa. Os mapas temáticos serão gerados no programa de *SPRING* v.5.2, que representa um componente central do sistemas de informação que permitiu dentro deste objetivo metodológico, integrar, editar e criar novas camadas de mapas, e estabelecer graduações de intensidade e portanto fazer a gerencia do banco de dados.

Portanto, esta subseção compreende todo o processo de classificação das informações e o seu dimensionamento para a geração de mapas temáticos, que são os produtos finais do processo, mas o seu artifício de geração é mais importante do que o mapa em si. Nesse sentido, os métodos aqui adotados tiveram a preocupação de contemplar as informações já com algum grau de sistematização, obedecendo ao detalhamento do modelo descritivo do banco de dados (figura 3).

MÉTODOS DE ANÁLISE: ETAPA DE CLASSIFICAÇÃO

As fontes de dados vetoriais disponíveis em sites especializados correspondem aos principais insumos para implementação desta etapa metodológica. A *interface* computacional com o *software* *SPRING* v.5.2 permite integrar estas informações vetorias como dados de entrada, e transforma-los em formato *shapfiles*, com caraterísticas e atributos

individualizados no espaço geográfico (ADAMI; RUDORFF; FREITAS; AGUIAR; SUGAWARA; MELLO, 2012).

Estes procedimentos de uso das técnicas de geoprocessamento foram necessárias para integrar diferentes bases de informações e ao mesmo tempo alimentar a macro base de dados geográficos, ajustando automaticamente os valores qualitativos e quantitativos dos geo-objetos para cada unidade espacial do município (TANIKAWA, D. H; MANZIONE, R. L, 2011).

A modelagem ambiental para espacializar a dinâmica do desflorestamento na área de estudo procedeu por meio da aquisição de imagens de satélite no período problematizado, e as informações para este período também foram ajustadas na macro base de dados, para estabelecer a correspondência espacial e comparativa das dinâmicas do desflorestamento ano a ano. Os padrões espaciais e suas correlações nas atividades produtivas, foi determinada depois da composição de um mosaico das cenas do satélite CBERS com 20 mts de resolução, em suas três bandas espectrais e 8 cenas na mesma órbita, com o objetivo de cobrir os limites da área de estudo e entender a dinâmica das conversões ecossistêmicas (figura 4).

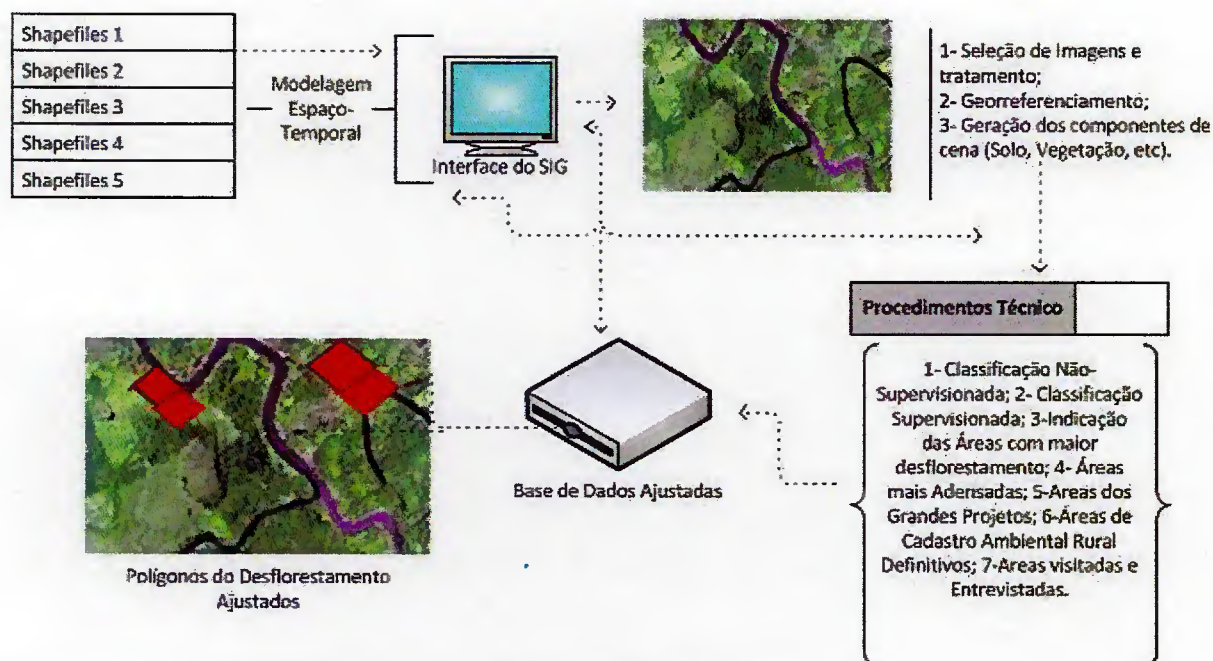


Figura 4: Fluxo operacional da modelagem ambiental

A integração e ajuste da macro base de dados permitiu no segundo momento a execução de procedimentos técnicos para o cumprimento da classificação supervisionada por *pixel* gerando o pré-processamento das imagens de satélite para sintética com o ajustamento do histograma das cenas utilizando o sistema RGB de cores. As bandas espectrais empregadas foram banda 2, banda 3 e banda 4 com composição Azul, Vermelho e Verde, respectivamente, o que corresponde as etapas de realce e filtragem para melhoramento das respostas espectrais de contraste (figura 4).

Este tratamento inicial apresenta melhor ajuste e resposta espectral e oferece o insumo estatístico necessário em busca de regiões homogêneas, por meio da indicação de algoritmo selecionados em amostras de *pixel* por *pixel* para definir padrões de respostas espectrais e permitir a comparação com outros padrões, empregando desta forma o método estatístico da Máxima Verossemelhança considerando a dispersão das classes criadas e suas respectivas distribuições de probabilidade (figura 4).

As amostras de coletas estatísticas das bandas espectrais foram realizadas e testadas com tolerância de erro de valor $-p < 0,05$, adotado o classificador do tipo *Maxver* com limiar de aceitação de 95% para melhorar os resultados junto ao temáticos. Os classificadores “pixel a pixel” utilizam as informações espectrais como resposta para o processo de homogeneização de espaços e estabelecem padrões para o sistema estimar novas áreas dos temáticos e das classes criadas (FREITAS; SHIMABUKURO, 2008).

Para melhorar o ajuste do classificador as aquisições do treinamento foram realizadas com contorno poligonal para qualificar as amostras, e para cada tema foram selecionadas no mínimo 120 aquisições na imagem sintética com o objetivo de elevar a significância estatística e diminuir a matriz de confusão da amostra, oferecendo alto desempenho médio de aceitação, mínima confusão média da matriz e baixa abstenção nas análises.

Após avaliações nas amostras por meio de teste espectral e de suficiência de área, a classificação por pixel é gerada, utilizada como o primeiro temático-produto da modelagem ambiental, esse resultado é novamente avaliado, pois seus derivados, dependendo da qualidade de resolução da imagens e variante nuvens, podem apresentar temas isolados dificultando a interpretação de cenários para a modelagem ambiental. A correção sugerida pelo sistema é uma pós-classificação, onde a técnica objetiva eliminar ruídos da classificação inicialmente elaborada, permitindo maior homogeneização dos espaços pela predominância do vizinho mais próximo no espaço de atributos, ou seja, equivalência de *pixel*.

Como produto do processamento digital da imagem, vários ajustes são apresentados como temáticos, sendo possível a *interface* com o banco de dados em SIG e um conjunto de características para discriminar os resultados e efetuar comparativos entre períodos, associando os atributos das *fields* e hierarquizando níveis de classificação, paisagem e dinâmica de desflorestamento.

MÉTODOS DE ANÁLISE: ETAPA PADRÕES ESPACIAIS

A identificação dos padrões espaciais do desflorestamento levou em consideração dois tipos de análise, uma direcionada para toda a série de dados, compreendendo o período de 2000 a 2010 com a devida correspondência espacial, e com detalhamentos quantitativos dos polígonos desflorestados no município. De outra, foi necessário estabelecer agrupamentos em subperíodos com o objetivos de identificar as mudanças na dinâmica do desflorestamento e plotar as semelhanças em magnitude espacial, com a qual se pudesse oferecer variações na geografia do desflorestamento e também de sua magnitude de área.

Nesta seção, para captar a variabilidade espacial de dados de área foi empregado a técnica de agrupamento em *Cluster* e Análise de *Outlier* com operações da estatística espacial e validação das dependências espaciais por meio do Índice Local de Moran. Este Índice

analisa a partir de um conjunto de dados onde os valores altos ou baixos agrupam-se espacialmente levando em consideração as coordenadas de saída do ambiente em SIG.

A funcionalidade do Índice Local de Moran esta na identificação de padrões de entidades com valores de similar magnitude, o que indica presença de similaridade ou dissimilaridade nos valores estimados de cada unidade/entidade e seus vizinhos. Nesse sentido, as medidas de significância estatística que permitem aceitar ou rejeitar as hipóteses do modelo de correlação espacial que testa a distribuição aleatória, são o *Z-score* e o *P-value*. A expressão da autocorrelação espacial do Índice Local de Moran segundo Anselin e Bao (1997) é dado pela seguinte expressão:

$$I_i(d) = (x_i - x_m) \sum_j^n W_{ij}(d) \frac{(x_j - x_m)}{S^2} \text{ na condição de } j \neq i \quad (1)$$

Onde, x_i , é um recurso do atributo na posição i ; x_m é a média amostral correspondente do atributo; $W_{ij}(d)$ é o ponderador na Matriz de vizinhança W para as localizações i e j ; e (d) corresponde ao estabelecimento da medida de distância pelo modelo de vizinhança, assim como S^2 , é a variância amostral global, definida como:

$$S_i^2 = (\sum_{j=1, j \neq i}^n (x_i - x_m)^2 / n - 1) - x_m^2 \quad (2)$$

Com n equivalente ao número total de entidades (NEVES *et. al.*, 2000; CÂMARA *et. al.*, 2008).

O $Z_i - score$ para a estatística são computados como:

$$Z_i = \frac{I_i - E[I_i]}{\sqrt{V[I_i]}} \quad (3)$$

Onde:

$$E[I_i] = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n W_{i,j}}{n-1} \quad (4)$$

$$V[I_i] = E[I_i^2] - E[I_i]^2 \quad (5)$$

O Índice Local de Moran foi empregado para descrever os fenômenos das conversões florestais em unidades de paisagem diferentes, aqui descritos por mais 14 mil polígonos espacialmente definidos. Nesse sentido, a análise a partir da covariância entre estas

unidades espaciais fornecendo valores elevados e positivos descrevem um comportamento espacial associado a presença de *clusters* e as medidas espaciais com valores baixos e negativos (ITOH *et. al.*, 2005; SHORTRIDGE, 2006).

A aplicação do Índice Local de Moran ajudaram a esclarecer as principais questões associadas ao desflorestamento municipal, entre as quais: existe agregação definida no padrão das conversões de ecossistemas? Quais são as causas quantitativas e de outras variáveis descritivas associadas ao fenômeno estudado? Qual a resposta multidimensional associada ao fenômeno? Estas resposta são suficientes para explicar as conversões? É possível identificar padrões diferenciados numa mesma área de estudo? O esclarecimento destas questões esta previsto na análise de interação dos seus índices.

Para captar os eventos ou fenômenos observados na área de estudo, foi considerado a existência de um processo estocástico Z_i , $i = 1, \dots, n$, onde Z_i se efetiva como a dinâmica espacial na área de estudo i e n corresponde a totalidade de áreas observadas A_i , cuja finalidade é uma aproximação para estimar sua distribuição, apartir de variáveis aleatórias $Z = [Z_1, \dots \dots Z_n]$.

As bases do desflorestamento apresentam uma grande quantidade de polígonos e com feições e áreas muito distintas na escala de município, o que exigiu que a análise exploratória de autocorrelação espacial deveria fazer uso de um índice que descrevesse melhor estes dados e apresentasse uma estrutura de correlação mais apropriada e ajustada com o elevado nível de detalhe da base de dados. As evidencias dos regimes espaciais foram identificadas a partir da classificação em SIG pelo mapa de espalhamento de Moran.

As condições de ajuste para as estimativas do Índice Local de Moran adotaram como condicionantes as ponderações para o agrupamento espacial com cálculos matemáticos baseados no sistema de coordenadas de saída em ambiente SIG, a precisão dos afastamentos via sistema foi calculado com base na distância Euclidiana considerando a linha reta entre dois pontos para medir as correlações espaciais.

Como a base de dados trata da dinâmica do desflorestamento, as características vizinhas dos polígonos no município tem grande influência na conversão e geração de padrões espaciais, o método de inverso da distância dentro da conceituação das relações espaciais foi empregado para diminuir a influência conforme a evolução da distância foi observada, a estimativa elegeu pela não atribuição de pesos espaciais e indefinição de distâncias de banda,

assim como a ausência de predefinição de matriz de pesos, com o objetivo de capturar as relações fornecidas pelo índice sem a presença de perturbações fixadas.

Uma vez calculado o Índice Local de Moran, um cruzamento quadrático matricial de relação 2x2 bidimensional, com o objetivo de visualizar a dependência espacial do desflorestamento no município foi empregado utilizando o conhecido diagrama de espalhamento de Moran (*Moran Scatterplot Map*). A construção vetorial do mapa temático das relações espaciais positivas ou negativas dos polígonos do desflorestamento na zona rural do município de Moju, esta associado a configuração de quatro quadrantes denominado de *Box Map* (figura 5).

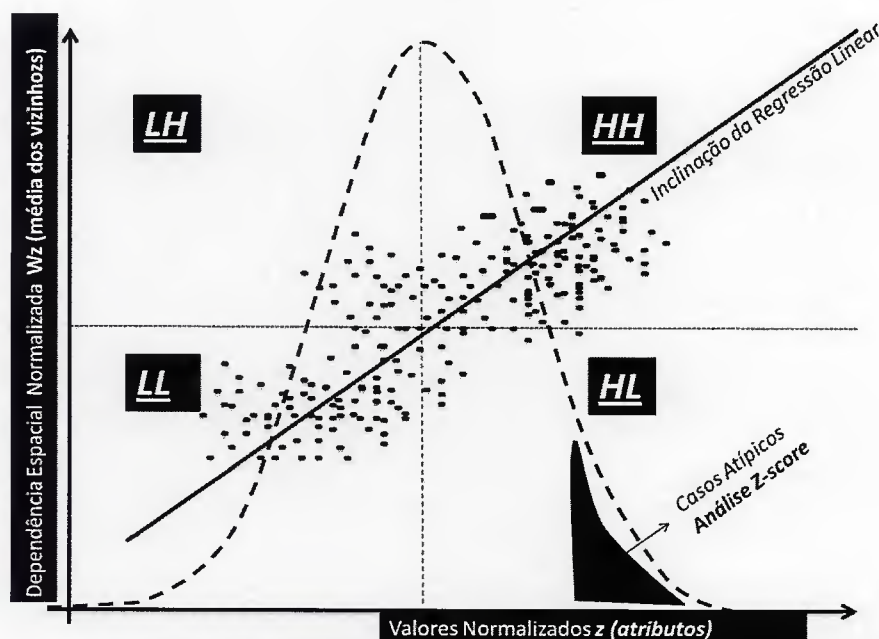


Figura 5: Fluxo operacional da modelagem ambiental
 Fonte: Desenvolvido a partir de ANSELIN (1995)

A dispersão do Índice Local de Moran é definido pelas relações espaciais e adota valores normalizados para captar a variabilidade dos fenômenos espaciais. A sensibilidade do índice tem equivalência ao coeficiente de regressão linear e sua inclinação aponta para o enquadramento dos quadrantes. No eixo das ordenadas “Y” são dispostos os valores normalizados das médias ponderadas dos vizinhos e no eixo das abscissas “X” os valores também normalizados correspondendo aos eventos ou atributos em relação a média para capturar a variabilidades espacial, interpretados também como vetor dos desvios dos valores observados nos polígonos do desflorestamentos (figura 5).

Os valores fora da reta de regressão linear acomodam atributos extremos ou atípicos ou que de outra forma oferecem uma nova dependência espacial, e mesmo asseguram áreas de transição do desflorestamento na zona rural do município de Moju. No entanto, a reta de regressão também limita as regiões que apresentam correlação espacial positiva e o consequente processo de formação similar denominado de *Cluster*, como os quadrantes *High-High* – HH e *Low-Low* – LL, que apresentam respectivamente altos valores para os atributos analisados cercados por valores semelhantes e valores de atributos abaixo da média cercados por valores baixos, respectivamente (Figura 5).

A característica marcante dos quadrantes Q1 e Q2, que correspondem nesta ordem ao “HH” e “HL” nesta ordem, são as semelhantes quantitativas dos polígonos desflorestados para o recorte temporal analisado e a influência dos características vizinhas na dinâmica das conversões dos ecossistemas e a consequente formação de padrões espaciais (clusters). Os quadrantes Q3 e Q4 estão associados a *High-Low* “HL” e *Low-High* “LH” respectivamente e possuem associação negativa, ou seja, a detecção de valores diferentes na vizinhança, o que reflete uma interação espacial de agentes com dinâmicas diferenciadas e com recursos de *outlier* (figura 5). Os valores associados a *High-Low* “HL” apresentam respectivamente altos valores para os atributos analisados cercados por valores abaixo da média e o quadrante *Low-High* “LH” apresentam valores de atributos abaixo da média cercados por valores elevados, todos associados espacialmente com os polígonos das conversões florestais.

Contudo, esta seção metodológica objetivou observar os padrões espaciais na zona rural do município de Moju e identificar se são resultantes de processos do acaso, ou se sustentam como incomuns, a ponto de rejeitar a hipótese nula de aleatoriedade dos dados e inexistência de correlação espacial na estrutura de eventos observada. A rejeição da hipótese nula depende de elevado valor absoluto de *z-score* e reduzido valor-p de probabilidade, o que origina uma localização na cauda da distribuição normal assegurando a significância estatística do evento e a descoberta de padrões que explicam teoricamente o fenômeno observado.

Portanto, a análise de dependência espacial é um fator inerente para os estudos de territorialidade e de influência de atributos locais como determinantes de forte atratividade em seu raio de vizinhança, e por isso apropriado ao estudo da análise e identificação de padrões espaciais de desflorestamento. As zonas fronteiriças, as adjacências de propriedade na zona rural e principalmente a proximidade de grandes projetos configuram-se como atributos de

interação espacial, com grande capacidade de influenciar e se influenciado pelas suas características de proximidade, grau de conectividade e nível de dependência no processo de conversão de ecossistemas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção está organizada em duas subseções. Na primeira são analisados os temáticos da evolução espacial do desflorestamento no município de Moju e a localização das principais atividades produtivas na zona rural, com posterior classificação supervisionada utilizando imagens de satélite *CBERS* revelando o direcionamento das conversões recentes dos ecossistemas, assim como o uso atual do solo no município, finalizando as análises com as correlações espaciais e o devido tratamento quantitativo para o período de 2000 a 2010. Na segunda subseção, foram determinados os padrões espaciais do desflorestamento e suas análises estatísticas em três períodos distintos (2000-2003; 2004-2006 e 2007-2010), com objetivo de identificar as associações espaciais para o conjunto dos dados e captar a dinâmica do desflorestamento entre os períodos.

A EVOLUÇÃO ESPACIAL DO DESFLORESTAMENTO

A análise multidisciplinar da variável quantitativa do desflorestamento recente em Moju, aliado a uma tendência metodológica de manifestação espacial dos eventos, permitiu descrever dois aspectos fundamentais para o entendimento da dinâmica espacial das conversões de novas áreas. O primeiro, que o processo de evolução deste desflorestamento não se reserva aos limites do município, o que significa que existe forte influência determinista na lógica das conversões de ecossistemas explicada pelo recorte do estabelecimentos agropecuários na zona rural e da própria intensidade no uso dos recursos nos municípios adjacentes. O segundo, que a evolução do desflorestamento também implica em variação espacial dos eventos, o que pode ser explicado pelos deslocamentos dos focos de queimadas e a variabilidade dos polígonos das conversões (figura 6).

A análise espacial das conversões em Moju em todo o período de 2000 a 2010 reflete significativos avanços sobre as áreas de florestas, terras indígenas e áreas especiais de assentamentos quilombolas, o que estaria associado a expansão das atividades produtivas para a fronteira recente do município, localizado mais ao oeste de Moju, nas fronteiras com Baião

e Mocajuba, assim como deslocamentos da agricultura familiar para a região do Alto Moju como consequência da expansão do monocultivo do dende na região do Baixo e Médio Moju, o que correspondente a parte norte e leste do município cuja ocupação é mais antiga e encontra-se na zona de consolidação de atividades produtivas, de acordo com o Zoneamento Ecológico-Econômico da banda leste do estado do Pará (figura 6).

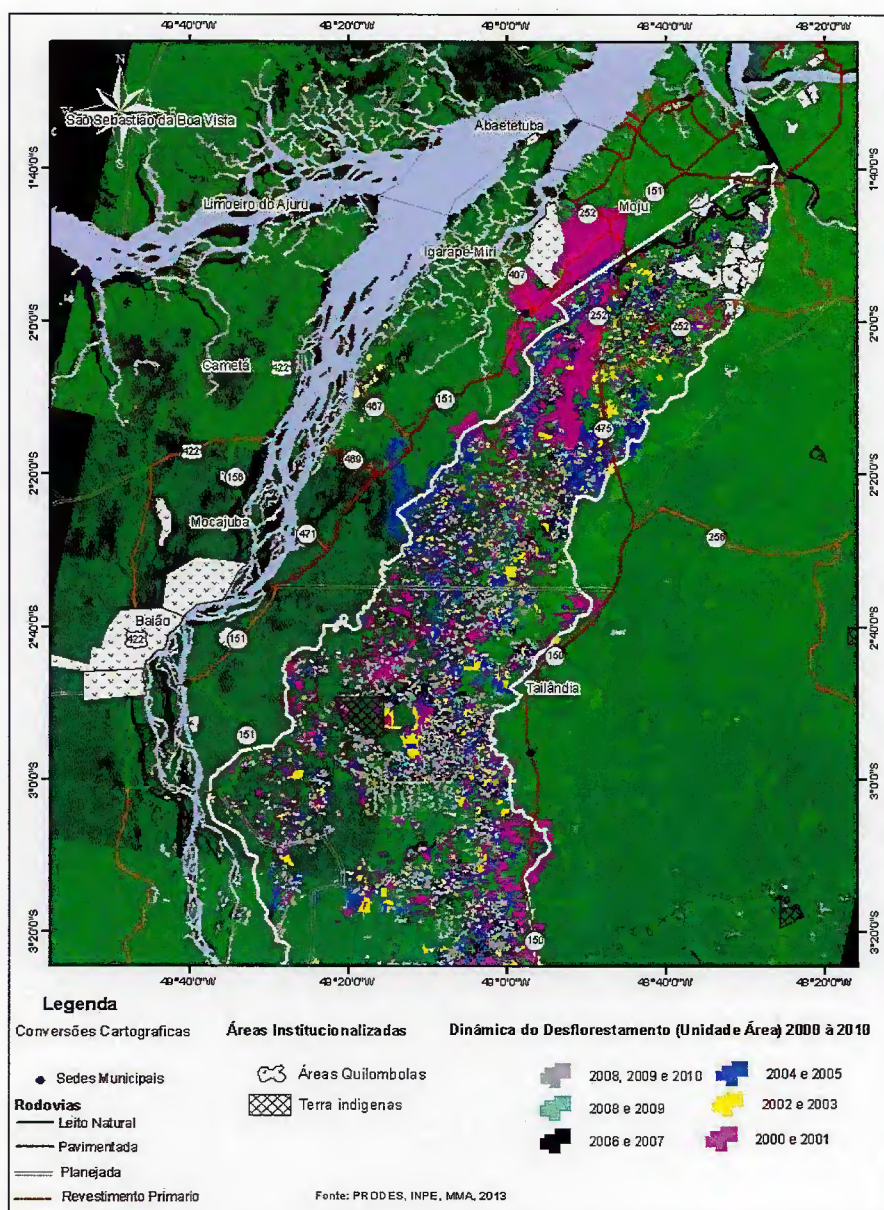


Figura 6. Evolução e dinâmica do desflorestamento no município de Moju, no período de 2000-2010.

Outras observações discutidas refere-se a intensidade das conversões na zona rural, foi possível identificar pelas manchas que os períodos que se destacam são alusivos a 2000-2001 e 2004-2005, com dados acumulados de 869 Km² e 454 Km², valores acima da média anual interperíodo que foi de 412,34 Km², mesmo período em que as lavouras

temporárias no município obtiveram melhor resultado com 4.505 e 4.725 ha (PAM, 2012), de áreas cultivadas respectivamente, a comparação é válida para o período de 2000 a 2010. Quando consideramos o desflorestamento ano a ano, temos também a maior área convertida em 2001 com 569 Km², seguida dos anos de 2004 e 2000 que assumiram valores de 374 e 300 Km² nesta ordem.

Contudo, sobre os aspectos acima destacados é possível acrescentar que a intensidade das conversões (variável tamanho de área), e a variabilidade espacial está associada a escolha do ano que se está analisando e a configuração espacial de pressão demográfica. Neste sentido, os espaços com maior adensamentos populacionais, maior disponibilidade de acesso a áreas remotas pelo disponibilidade e abertura de novas estradas aliado a maior infraestrutura de serviços na comunidade intensificam as conversões, e diversificam o uso da terra na zona rural de Moju (figura 7).

A evolução do desflorestamento tem entre suas razões, uma forte correlação positiva da ordem de ($r = 0,89$) entre o aumento da população do município pela variante migração de fronteira e ingerência administrativa no controle dos recursos naturais. A taxa geométrica de incremento anual do município de Moju foi 2,84% entre 2000-2010, em termos absolutos eram 52.941 pessoas no censo de 2000, e passaram a ser 70.018 em 2010 (IBGE, 2013). A zona rural concentra atualmente 64,06% da população, e os pontos com maior concentração de pessoas por setor censitário, são também os mesmos que apresentam as maiores taxas de conversões florestais e a maior concentração de propriedades rurais produtivas, apresentando um direcionamento da elevação populacional na sentido norte-sul (figura 7).

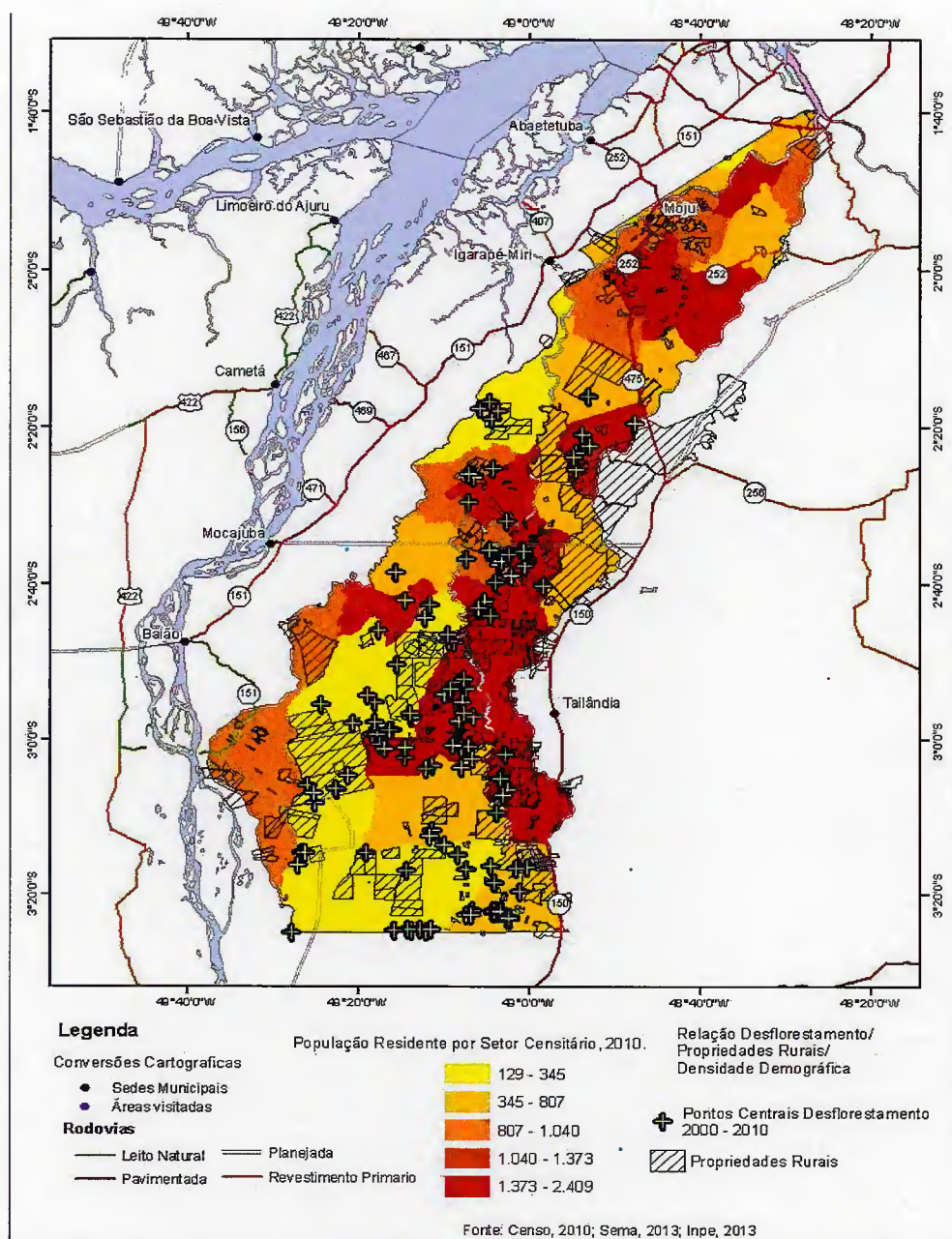


Figura 7. Análise espacial da densidade demográfica, concentração dos pontos centrais do desflorestamento e estabelecimentos rurais produtivos.

Outros elementos determinantes para explicar a evolução do desflorestamento no Moju estão fortemente associados a presença dos grandes projetos e a força que eles exercem na transformação da paisagem onde atuam, com desmobilizações produtivas, especulação fundiária e aumento da pressão sobre os recursos florestais, seja diretamente, quando as conversões são realizadas pelas próprias empresas ou indiretamente, quando adquirem áreas descampadas com valorização adicional, estimulando as compras futuras nestas condições (figura 8).

A configuração espacial do desflorestamento em Moju e a sua evolução são controlados pelo fluxo das atividades produtivas, e a intensificação na relação homem-natureza motiva no mesmo sentido, a novas conversões de ecossistemas. O arranjo espacial da produção implantado e expandido na zona rural pode acelerar o processo de transformação da paisagem e dinamizar efeitos contínuos, consistentes e persistentes para o futuro, implantando uma lógica de expansão da produção e uso do solo predominante e mesmo homogeneização no processos de conversões de ecossistemas, o que explica a atividade agropecuária como principal no município (figura 8).

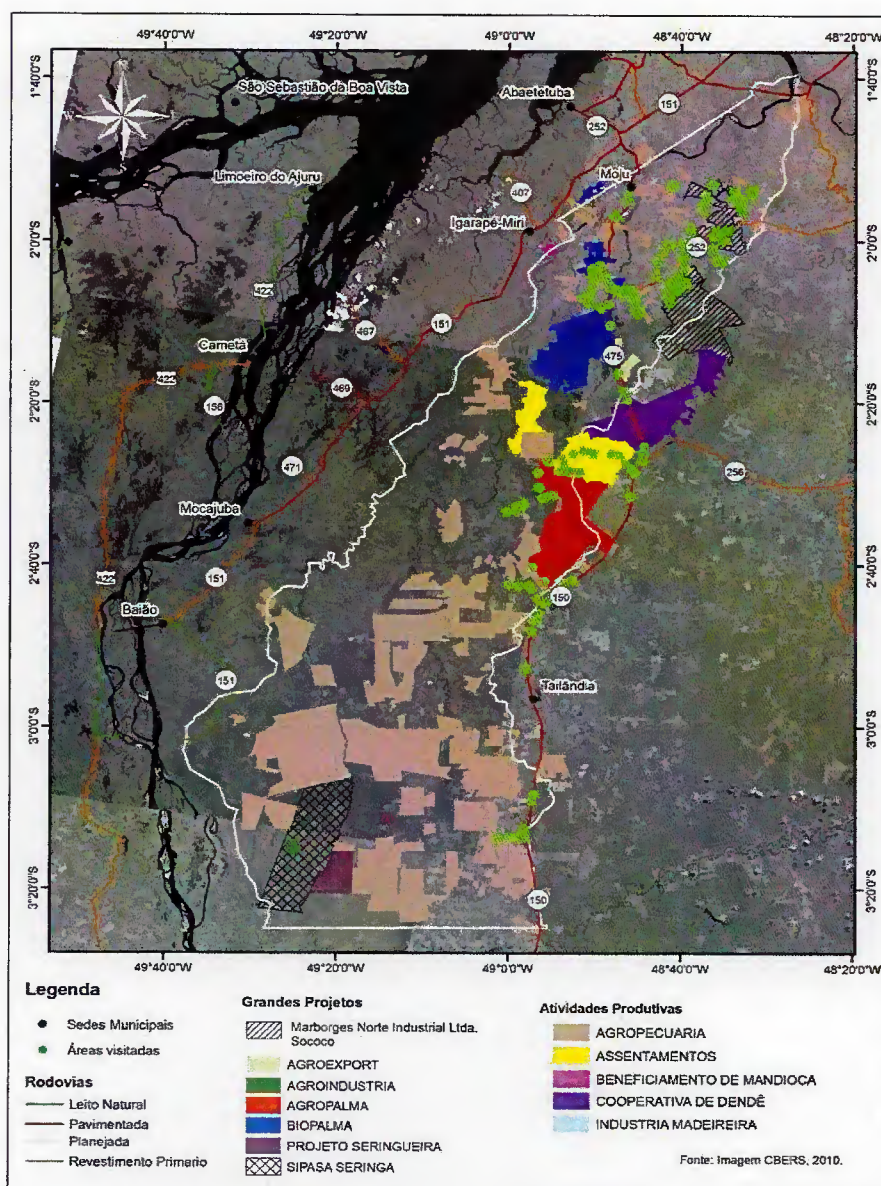


Figura 8. Identificação e distribuição espacial das principais atividades produtivas na zona rural de Moju.

O desflorestamento no Moju evoluiu para uma forte dinâmica de homogeneização de espaços produtivos, oriundos da lógica de monocultivo orientada pelos grandes projetos e com ampla influência do investimento estrangeiro capitalizando a produção e a conversão de novas áreas. A evolução do desflorestamento promoveu uma dinâmica produtiva de uso atual do solo engendradas em grandes áreas para expansão do monocultivo do dendê associadas a recuperação de solos e conversão de áreas de florestas (figura 9).

O atual uso do solo em Moju tem orientado para uma clara substituição de atividades produtivas em favor da expansão do dendê e em desfavor das culturas temporárias, as mudanças estão se processando no aspecto quantitativo das áreas, ou seja, ocupando maior parcela da área plantada, como também na mudança de atividade produtiva das propriedades rurais, que vem se estabelecendo pela venda, por contratos de parceria, alugueis da área e também mobilização de capital na plantação de dendê, com identificação de áreas de plantio situado no extremo norte a sudeste do município, com destaque na fronteira com os municípios de Acará, Tailândia e Igarapé-Miri (figura 9).

As propriedades rurais no município estão limitadas por questões de reserva legal e estão avançando para áreas de floresta, onde é possível identificar uma significativa redução de cobertura, em 2010 a área de floresta ocupava um pouco mais de 5mil Km² (Inpe, 2013), ou o equivalente a 55% da toda área do município. Os ecossistemas sucessionais também estão sendo convertidos, na medida em que os produtores familiares que administram estas áreas se sentem pressionados e originam a venda (figura 9).

Apesar do crescimento das atividades de plantio de dendê para áreas degradadas de acordo com a classificação em pixel do uso atual do solo, o destaque da expansão estão se dirigindo espacialmente para áreas adjacentes a ecossistemas florestais, o que ocorre mesmo dentro das propriedades produtoras, ou seja, nas suas áreas de reserva legal, estes resultados foram confirmados pela análise em maior detalhe das imagens de satélite tipo *SPOT* de resolução 2,5 mts, ao longo do período analisado com diferentes respostas espectrais e níveis de resolução (figura 9).

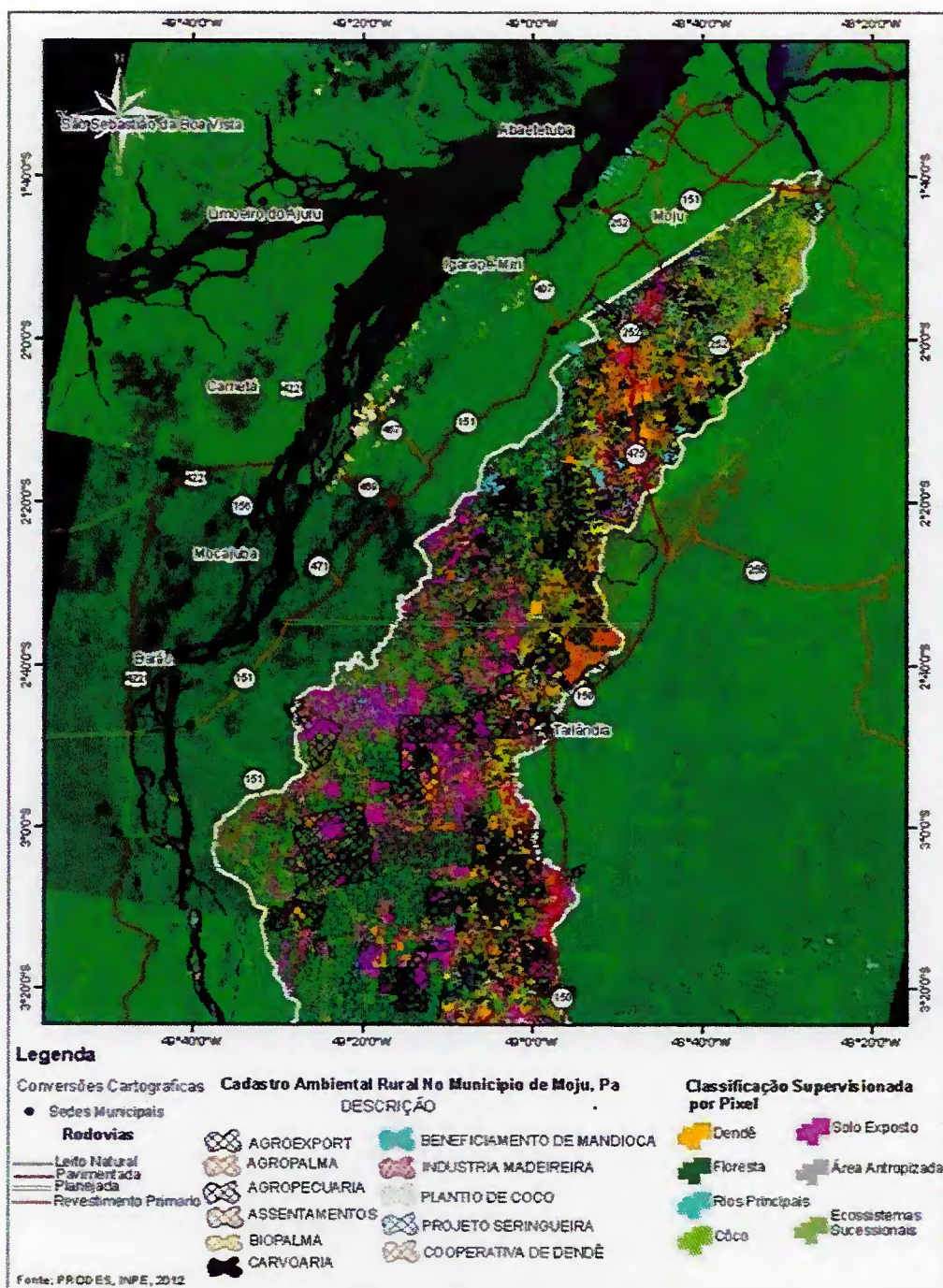


Figura 9. Uso atual do solo e espacialização das principais atividades produtivas na zona rural de Moju

A produção em larga escala tem se expandido para todo o município e principalmente para as áreas fronteiriças onde outros projetos de biodiesel liderados pela Petrobrás por meio do Projeto Nacional de Produção e Uso Sustentável de Biodiesel (PNPB) estão ampliando parcerias para plantio, enquanto que as demais culturas comparativamente não apresentam representação espacial definida para esta escala (figura 10). Neste sentido, a

próxima seção objetiva descrever os padrões espaciais das conversões de ecossistemas identificando os *cluster* e analisar os *outlier* a partir da significância estatística das correlações matriciais associadas a diferentes localizações geográficas relacionada a cada atributo do banco de dados.

Em termos agregados foi analisada a base de dados vetoriais do desflorestamento recente no município de Moju, que após utilização das técnicas de processamento digital permitiu melhor ajuste dos dados e execução de cálculos dos polígonos com precisão geométrica. As análises da estatística básica, auxiliou a comparação 14.884 polígonos do desflorestamento em todo o período com a identificação de valores mínimos de 10,075 m² e áreas desflorestadas com até 173.654.794,56m², ou equivalentes a 173,65Km².

A relação entre a frequência absoluta (eixo das ordenadas a esquerda) e o percentual de área desflorestada (eixo secundário), foi comparada com os intervalos de áreas estabelecidas (eixo das abscissas). Em termos absolutos o desflorestamento apresenta maior concentração para conversões em até 40.000 m², e vai diminuindo a frequência quando aumento o tamanho das áreas convertidas (figura 10).

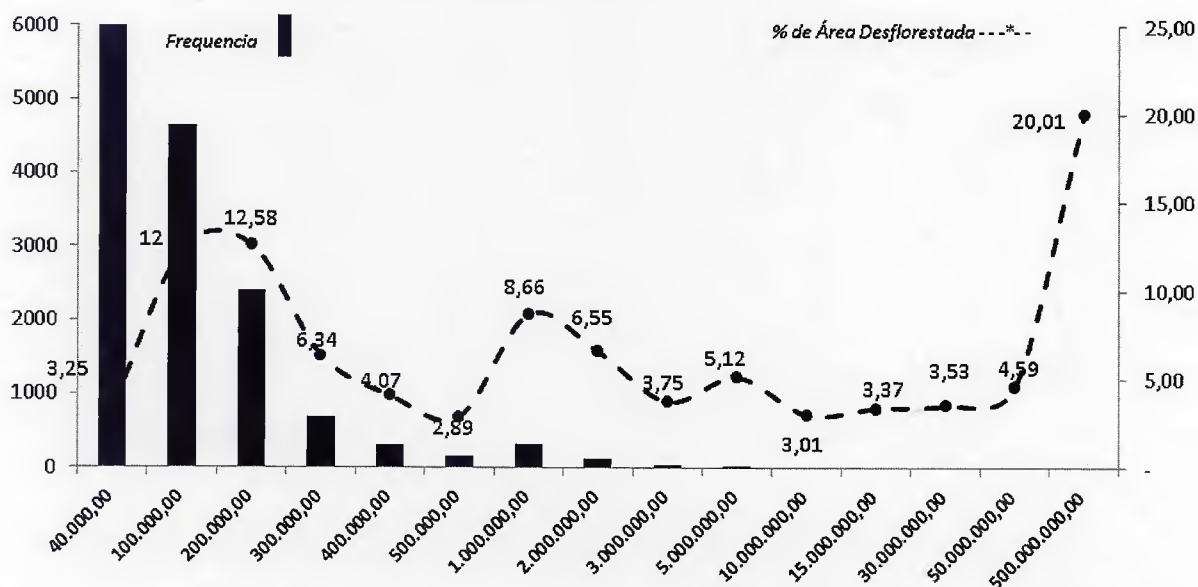


Figura 10. Comparativo entre a frequência das conversões e o percentual de área total desflorestadas, em escalas definidas, no período de 2000-2010.

Considerando a escala de até 40.000 m² apropriada as conversões do pequeno agricultor, conclui-se, mesmo que predominante no município, o percentual de área utilizada é muito pequeno relativamente, 3,25% do total das conversões, isto significa que a expressiva

frequência dos polígonos apresenta reduzido impacto de área. No entanto, quando comparamos os desflorestamentos acima de 5 ha até 30 ha, o percentual de área utilizada eleva-se para mais de 30%, ou seja, 9,5 vezes o tamanho e nestas escalas foram identificadas ao mesmo tempo grandes ocorrências e com significativos impactos de área (figura 10).

O outro extremo das conversões também é observado com desflorestamento de extensão entre de 500 ha e 5000 ha, onde reduzidos polígonos cobrem uma área equivalente a 20% do total desflorestado entre 2000 e 2010, somente os grandes projetos tem condições estruturais para desflorestar áreas com esta magnitude, pois envolve diferentes tecnologias, elevado emprego de capital empregado e existência de um agente transformador específico, em geral pertencente a grande grupo econômico com motivação para exportação (figura 10).

As comparações percentuais dos focos do desflorestamento em escalas definidas e o percentual de áreas convertidas ajudam a esclarecer a distribuição das conversões e seus impactos de área. Entre 2000 e 2010, foram poligonizados 14.884 focos pelo INPE e suas respectivas posições de área, este reflexo no período abordado concentra mais 40% para desflorestamentos de escala até 4ha e uma inversão comparativa na curva do percentual de área desflorestada nesta escala de conversão (figura 11).

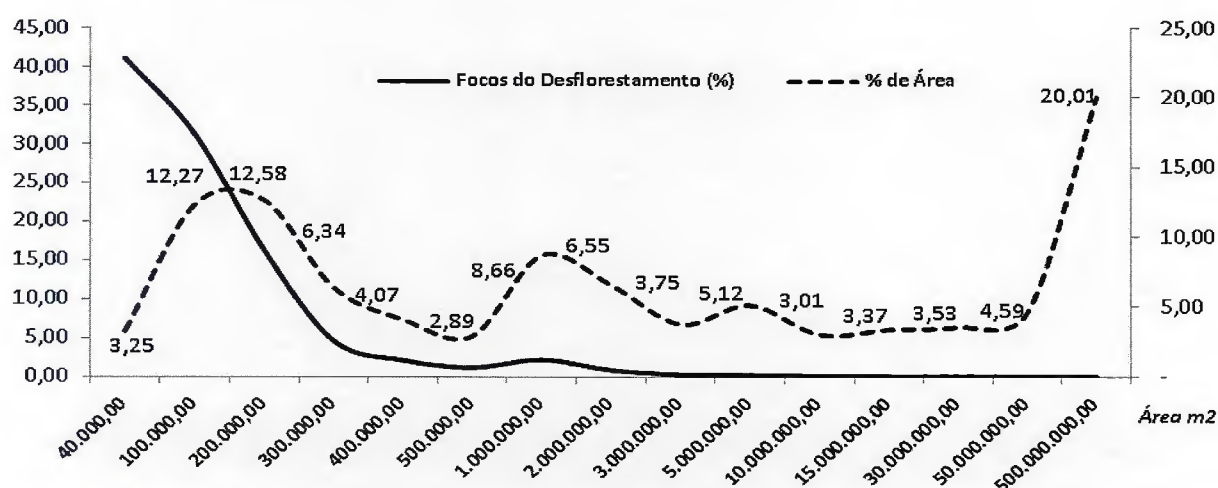


Figura 11. Comparativo entre os polígonos do desflorestamento e o percentual de área total desflorestadas, em escalas definidas, no período de 2000-2010.

A comparação é nítida em identificar que a existe um claro destaque desta escala de desflorestamento para o município, e com reduzido impacto de área no período observado, no entanto, nada se pode ainda afirmar quanto a distribuição espacial desta escala. Para todo o período, hipoteticamente é possível que tenha ocorrido forte distribuição espacial, como

resultado de variáveis demográficas, econômicas e também políticas (figura 11). Para ampliar o detalhe destas análises foram testados o nível de associações espaciais destas áreas em três períodos diferentes para captar a dinâmica de deslocamento das escalas, assim como identificar *clusters* e casos atípicos.

O mesmo procedimento estatístico foi empregado para todo o período e a partir da análise exploratória dos dados do desflorestamento, as distribuições espaciais foram visualizadas e testadas a nível de *p-valor* < ou igual a 0,05% de probabilidade associado a um nível de confiança de 95%. Foram identificadas correlações positivas e negativas no período e a formação de agrupamentos de objetos com valores de seus atributos análogos e a presença de casos atípicos (figura 12).

A menor visualização no mapa corresponde a mancha vermelha, índice Moran *cotype* HH, e apresentam correlações espaciais positivas indicando desflorestamentos com a presença de vizinhos com valores semelhantes, ou seja, geograficamente tem-se grandes polígonos de conversões circum-adjacente de grandes desflorestamentos, típico de aglomerações em *clusters* provenientes de grandes propriedades rurais estabelecidas nestas áreas do município correspondente ao crescimento de amplas áreas privadas. A forte concentração da mancha direcionada para o sul e sudoeste do município indica um predomínio de elevados desflorestamentos neste sentido, o que estaria associado a existência de amplos ativos florestais, e também avanço para as áreas institucionalizadas (figura 12).

A maior parcela da mancha no mapa, de cor azul, corresponde ao índice *cotype* HL onde as entidades de valores elevados (altas áreas convertidas) apresentam proximidade geográfica ou estão situados ao redor de pequenas áreas desflorestadas, nesse sentido, novas configurações são oriundas destas associações espaciais negativas estabelecendo casos atípicos e por isso de natureza mais complexa devendo ser investigado numa menor escala (figura 12).

Estas manchas espaciais refletem não apenas novas áreas convertidas, como também a dinâmica associada a ocupação e uso do solo pelos agentes transformadores, podem ser definidas como complexos espaciais que refletem os sistemas concomitantemente funcionais e dinâmicos capazes de estabelecer padrões e de gerar novas tendências, apresentando outras configurações com complexidade ainda maior. Portanto, a associação espacial dos atributos geográficos do desflorestamento correspondem a interações entre as

entidades e carecem de análise da realidade quando aplicada como complemento real da técnica.

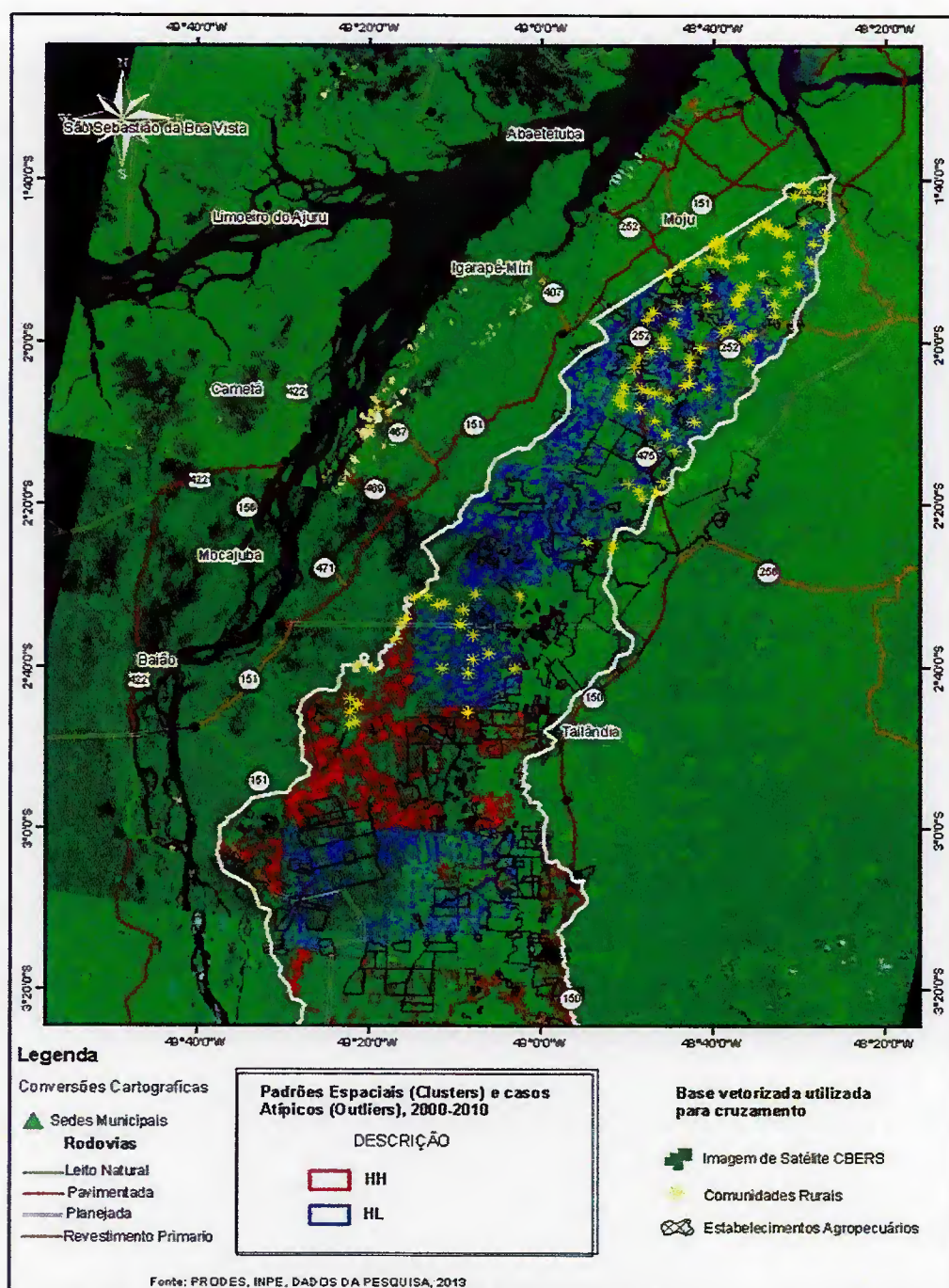


Figura 12. Configuração de padrões espaciais (*clusters*) e identificações de casos atípicos (*outliers*) do desflorestamento na zona rural de Moju, entre 2000-2010.

O caso atípico HL no Moju, resultado da configuração espacial de todo o período analisado permitiu identificar que os índices foram predominantes e apresentaram correlação negativa, evoluindo provavelmente neste sentido. Os dados vetoriais, ainda que trabalhados inicialmente de forma estática, permitem inferir que de 2000 a 2010, ocorreu uma

transferência da lógica do desflorestamento de objetos anômalos situados inicialmente ao norte da zona rural de Moju corresponde ao processo de colonização antiga do município e foram se reproduzindo para oeste e também ao sul da zona rural, refletindo de certa forma uma lógica de expansão das atividades produtivas (figura12).

Como as atividades produtivas geram um efeito de atração, em determinadas áreas o estabelecimento de grandes projetos agropecuários permitiu o aumento da população em busca de emprego e renda, e em outras áreas, as comunidades tiveram que assistir o crescimento e a consolidação de atividades ao redor de seus pequenos roçados agrícolas, o que explica o predomínio dos casos atípicos HL das conversões e sua relação de dependência com os adensamentos populacionais (figura12).

Análise Desagregada: o desflorestamento de 2000 à 2003

O primeiro período analisado estabelece muita semelhança com os valores observados na análise agregada, analogias extendidas também para o posicionamento das curvas nas escalas definidas, isto se explica pela elevada representação desta série, com participação de 42,09% na composição do desflorestamento acumulado no município entre 2000 a 2010. Tal dinâmica de conversões também impôs seu ritmo para todo o período, com predomínio do desflorestamento até 4ha com mais de 2600 polígonos acumulados nesta escala (figura13).

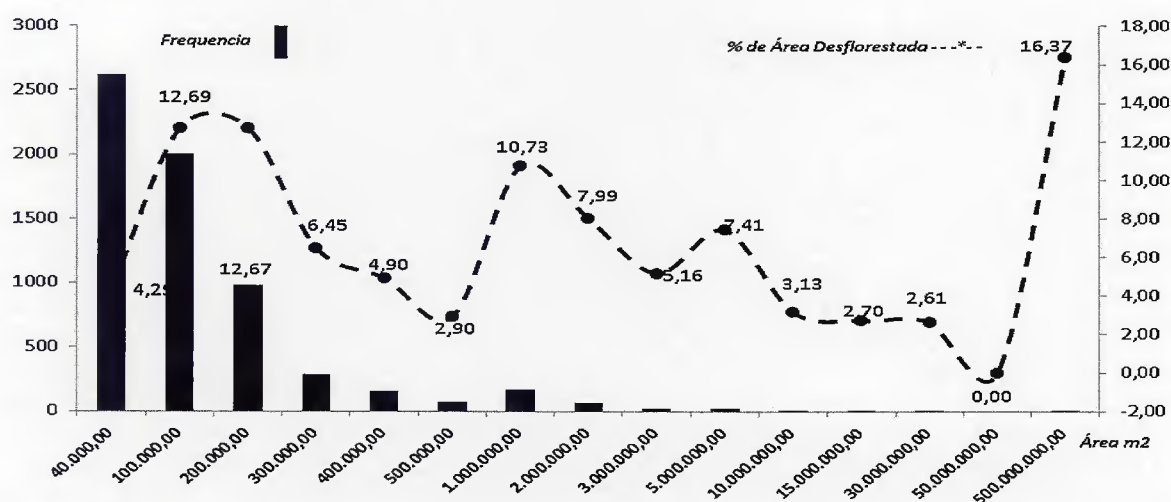


Figura 13. Comparativo entre a frequência das conversões e o percentual de área total desflorestadas, em escalas definidas, no período de 2000-2003.

Os desflorestamentos situados entre 5ha á 30ha respoderam no período por 31,81% das áreas convertidas, e escalas acima de 30ha até 100ha a correspondência de área

chega a 18,53%, bem inferior na comparação com o primeiro intervalo de até 4ha, isto se deve ao agente promotor da conversão, uma vez que o desflorestamento acima de 5ha exige maquinários e grau médio de tecnologias, que e em geral não fazem parte dos fatores de produção do pequeno agricultor (figura13).

Outros 30% de área convertida no período reflete o intervalo de desflorestamentos acima de 100ha até 1000ha e 21,68% são decorrentes de escalas de desflorestamentos acima de 1500ha, este valor menor também esta associada a uma reduzida presença de estabelecimentos agropecuários com áreas acima de 1000ha, que no município somam 22 estabelecimentos (CENSO AGROPECUÁRIO, 2006). Quanto aos focos do desflorestamento foram analisados neste período 6372 polígonos com diferentes características de tamanho da área e distribuição espacial. Os desflorestamentos até 4ha representaram mais de 40% das ocorrências entre 2000 e 2003 com utilização de 4,29% da área total desflorestada, o que pode estar associado a lógica da agricultura familiar no processo de conversão, onde pequenos roçados são abertos para expandir a produção de lavouras temporárias. Segundo o último censo agropecuário, são 1623 estabelecimentos agropecuários classificados nesta atividade com dimensão de área abaixo de 4 módulos fiscais (figura14).

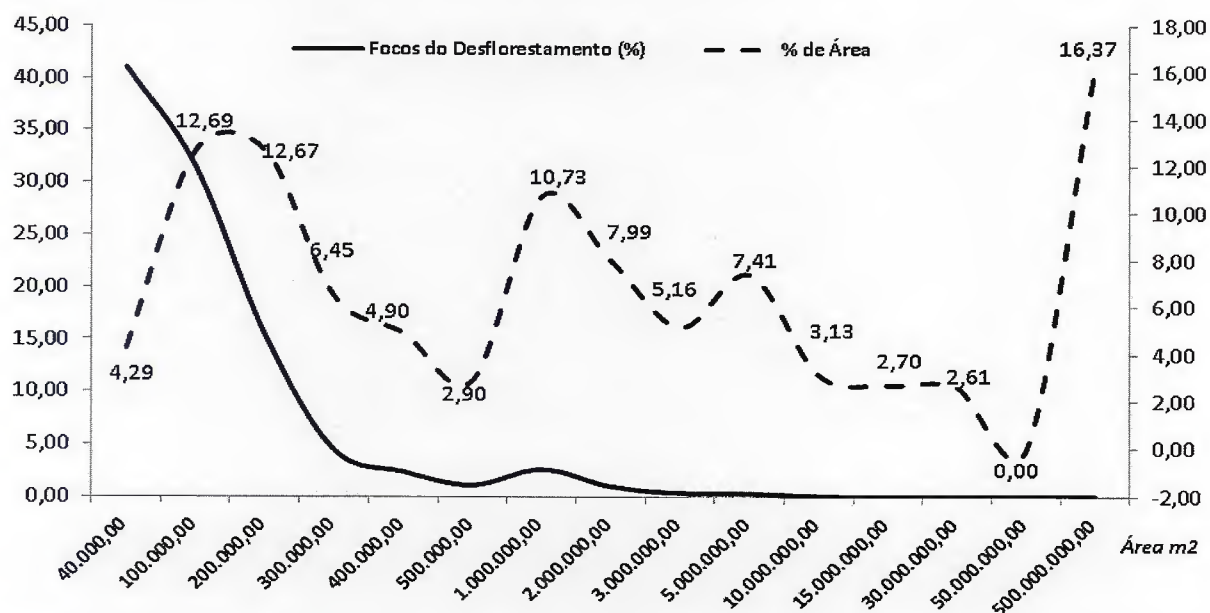


Figura 14. Comparativo entre os polígonos do desflorestamento e o percentual de área total desflorestadas, em escalas definidas, no período de 2000-2003.

Por outro lado, o percentual sobe para 57,19% dos focos analisados quando a escala do intervalo situa-se entre 5ha e 100ha com respectiva resposta na utilização de área com magnitude equivalente de 50,34%, apresentando tendência de queda percentual para

áreas com desflorestamento que ultrapassem 100ha. No entanto, para valores acima de 100ha o número de focos do desflorestamento no período foi de apenas 115 polígonos com participação relativa abaixo de 2% do total, a resposta de área para este número analisado revelou muita oscilação, com valor mínimo de 2,61% e máximo de 16,37% da área total e acumulado em mais de 45% de área (figura14).

As oscilações do percentual de área em diferentes escalas revelam no mínimo alguma dificuldade na identificação de padrões do desflorestamento, pois o período analisado apresenta muita diversidade quando aumenta a escala das conversões com pequenas respostas de área, o que deve refletir num reduzido número de atributos estatisticamente significativos ou com valores observados diferentes dos padrões da aleatoriedade espacial. As correlações espaciais devem esclarecer melhor as associações de escala e suas proximidades geográficas para aceitar ou rejeitar a hipótese nula de aleatoriedade espacial (figura14).

As medidas das correlações espaciais indicam no período de 2000 a 2003 uma forte presença de *clusters* e casos atípicos, foram 456 índices estimados com significância estatística *p-valor* < ou igual a 0,05% de probabilidade. A tipologia de *cotype* HH representou mais de 70% das associações espaciais, indicando entidades ou atributos de valores semelhantes combinada com proximidade geográfica dos atributos, ou seja, a variabilidade das estimativas acusaram elevados dados de área desflorestada cercados de altas conversões florestais (figura15).

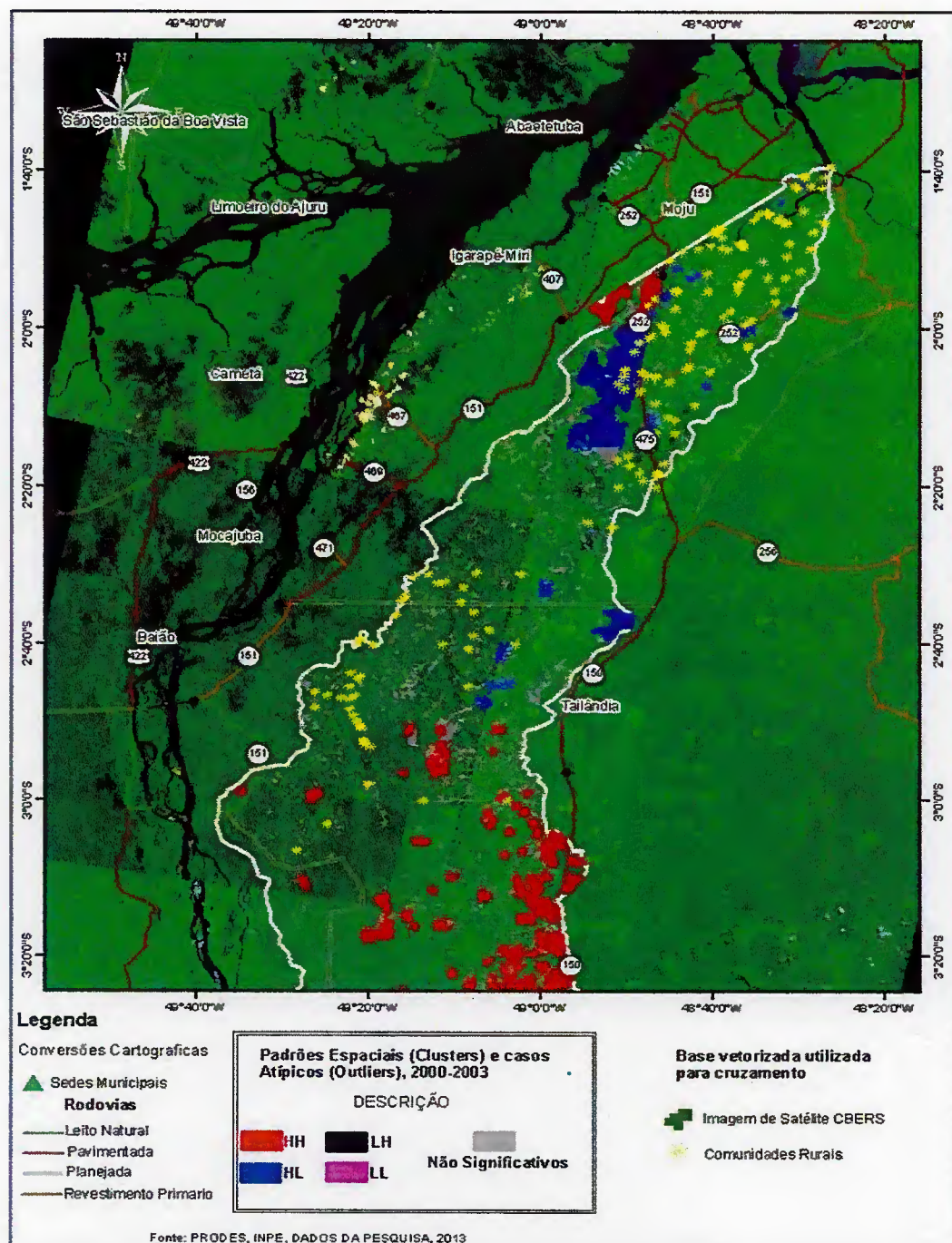


Figura 15. Configuração de padrões espaciais (*clusters*) e identificações de casos atípicos (*outliers*) do desflorestamento na zona rural de Moju, entre 2000-2003.

As estimativas do Índice Local de Moran levaram em consideração um limiar de distância onde todas as entidades (atributos) são considerados vizinhas de todas as demais entidades ou polígonos do desflorestamento, e a localização geográfica das interações do *cotype* HH estão situadas nas áreas com maior concentração de estabelecimentos agropecuários com características de grandes áreas, onde algumas somam mais de 7000ha, em parte grandes áreas privadas explicam elevadas áreas desflorestadas (figura15).

A localização dos padrões de elevado desflorestamento (clusters), coincide com a nova fronteira de expansão das atividades produtivas em Moju e uma grande influência das áreas fronteiriças com os municípios de Tailândia e Igarapé-Miri que estão localizado em zonas de consolidação das atividades produtivas e buscam explorar novos recursos florestais já esgotadas em seus limites e impulsionados por abertura de vicinais que facilitam o acesso aos recursos, o transporte de recursos e a fixação de comunidades rurais nestas áreas (figura15).

Os arranjos espaciais que resultaram na tipologia de *cotype* HL representaram 29,5% das interações nas áreas estimadas e situam-se com maior frequência geográfica ao norte do município de Moju e correspondem a um novo regime espacial com presença de elevados desflorestamentos cercados de pequenas conversões, o que pode ser explicado pela grande concentração de comunidades rurais presentes e fixadas nestas áreas a bastante tempo, como o caso das comunidades de Piateua, Ateua Grande, Ateuazinho, Bandeirantes, Olho d'água do Jupuuba, Jupuuba e Vila da paz para citar os aglomerados de pequenos produtores rurais (figura15).

O índice Local de Moran identificou não apenas valores pertencentes a atributos discrepantes, mas a formação de arranjos em áreas de transição provenientes de situações atípicas resultantes das dinâmicas de desflorestamento que as áreas estão enfrentando, sob uma lógica com proposições diferenciadas pelos agentes envolvidos no processo de conversões. Estes arranjos revelam em parte o avanço dos grandes projetos de plantio de dendê nestas áreas e uma ligeira transformação em favor da monocultura a serviço do agronegócio.

Portanto, neste período fica evidente dois arranjos do desflorestamento, o primeiro revela padrões espaciais claramente pertencentes a lógica de grandes áreas desflorestadas situadas em sua maioria em estabelecimentos agropecuários privados e com grandes perímetro de extensão cercados por atributos de conversão de parecida magnitude. O segundo, sustenta arranjos espaciais mais complexos que combinam a concentração de grandes áreas desflorestadas com a persistência de pequenos desflorestamentos ao redor, que em parte ainda resistem pela cultura do cultivo de algumas comunidades e de resistência em vender suas áreas, e assim não permitir o aumento das conversões florestais.

Análise Desagregada: o desflorestamento de 2004 à 2006

A forte participação do período anterior tendência parâmetros para este período que revela muitas semelhanças com a dinâmica precedente principalmente em relação aos valores absolutos, no entanto, é possível também identificar pontos de divergência bem situados, mais ainda como consequência do ritmo imposto entre 2000 a 2003. As semelhanças respondem pela proporcionalidade dos eventos das conversões até 4ha, que apresentaram a maior participação dos casos do desflorestamento e menor impacto na comparação com todas as escalas definidas, uma participação situada em 3,88% do total desflorestado no período (figura16).

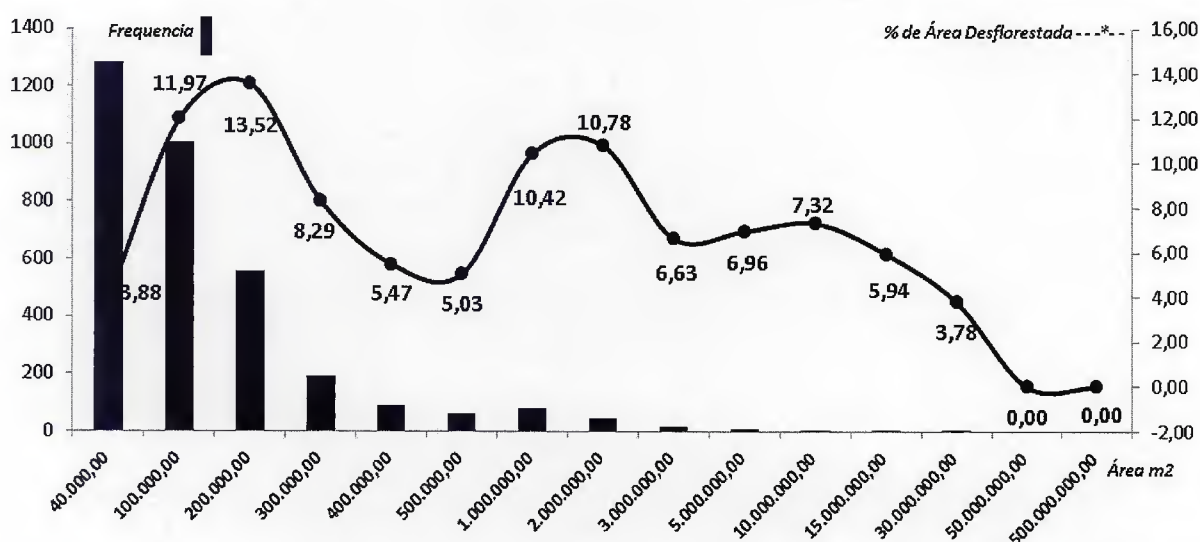


Figura 16. Comparativo entre a frequência das conversões e o percentual de área total desflorestadas, em escalas definidas, no período de 2004-2006.

Os intervalos situadas entre 5ha a 30ha o percentual de área desflorestada também se aproxima do primeiro período e corresponde no período atual a 33,78% das áreas desflorestadas e para valores acima de 30ha até 100ha a área correspondente foi de 20,92% do total desflorestado, bem próxima da série anterior refletindo dinâmicas equivalentes de conversão para esta escala de desflorestamento, mantendo certa continuidade com a outra série para valores acima de 100ha. A principal diferença são de grandes desflorestamentos, áreas maiores que 3.000ha que no atual período não foram identificadas nos 3.363 polígonos analisados (figura16).

Quanto aos focos do desflorestamento no período foram analisados mais de 3.000 focos (polígonos) na zona rural de Moju, com elevada concentração das ocorrências com

áreas desflorestadas até 4ha, ou seja, foram 1285 pontos de coordenadas o que equivale a 38,21% de todos os focos observados. Quando a área desflorestada sobe em escala, num intervalo situado até 30ha, o percentual das ocorrências de foco ultrapassa 90% dos casos, o que reflete uma tendência de todo o período analisado de forma agregada (figura17).

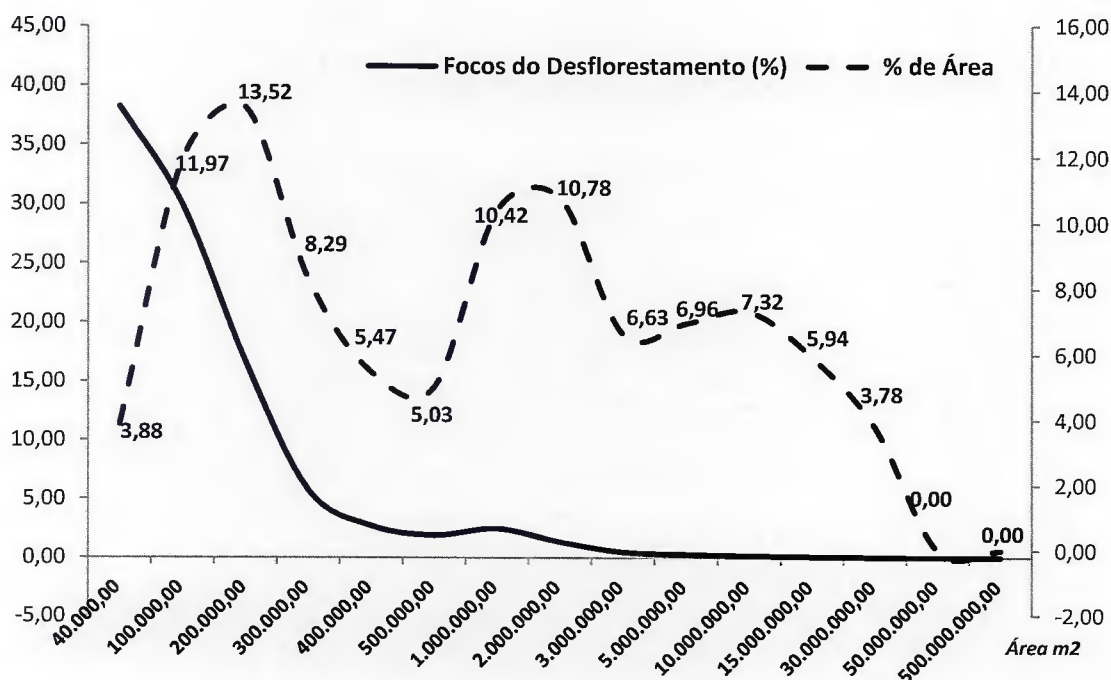


Figura 17. Comparativo entre os polígonos do desflorestamento e o percentual de área total desflorestadas, em escalas definidas, no período de 2004-2006.

A tendência da linha dos focos do desflorestamento tem muita proximidade com o período anterior quando é observado um ponto elevado onde ocorre a concentração entrando em continua queda com o aumento da escala das conversões e novamente um ponto de inflexão situado na escala entre 30ha e 40ha, quando segue suavizada de forma continua nas ocorrências (figura17).

Outras equivalências entre o atual período e o anterior (2000 a 2003) reflete um comportamento semelhante no percentual de área, ambos abaixo de 5% do total de áreas utilizadas nesta escala, ou seja, o forte predomínio dos focos com até 4ha não corresponde a igual magnitude na conversão de áreas, isto reflete um comportamento dos agentes de pequeno porte, típicos da agricultura familiar que não precisam de grandes áreas para assentar suas lavouras e refletem reduzido impacto de área nessa dinâmica de intervenção (figura17).

As semelhanças se mantêm equivalente até 100ha, quando a partir desta escala a participação no total de área vem diminuindo continuamente, com a presença de pequena alteração entre intervalos, no entanto sem reversão de tendência, o que estaria associado a escassez de áreas privadas muito grandes para efetuar desflorestamento de grande porte, e mesmo uma limitação das propriedades imposta pela legislação ambiental da reserva legal de 80%, reforçando a análise anterior de menor ocorrência de elevadas conversões (figura17).

Quanto as configurações espaciais para este período (2004-2006), as correlações identificaram novas tipologias dentro da análise do coeficiente local de Moran, categoriais estas mais complexas que descrevem maior dinamismo das conversões combinado com relativa distribuição espacial dos arranjos. Em termos gerais, considerando as interações espaciais verificou-se que em várias proximidades geográficas coexistem diversos arranjos, o que reflete com maior austeridade a dinâmica do desflorestamento na realidade rural do município de Moju (figura18).

A maior distribuição dos arranjos espaciais reflete significativas mudanças das conversões e concomitantemente descrevem processos de interação diferenciados entre os agentes, a combinação da análise pelo espaço geográfico é mais sensível na identificação de padrões e casos atípicos e descreve cronologicamente quais são novos arranjos assumidos naquele espaço, que atividades estariam associados a ele e os agentes reponsáveis pelo processo de conversão (figura18).

O mapa atual das configurações espaciais apresenta um crescimento das pequenas conversões cercadas por escalas abaixo da média, do *cotype* LL, em que predominam associações espaciais, com Índices Locais de Moran de baixo valores refletindo concentrações em *clusters* de pequenos agricultores liderando o processo de conversões, o que se confirma pelo cruzamento vetorial com as localizações das comunidades rurais (figura18).

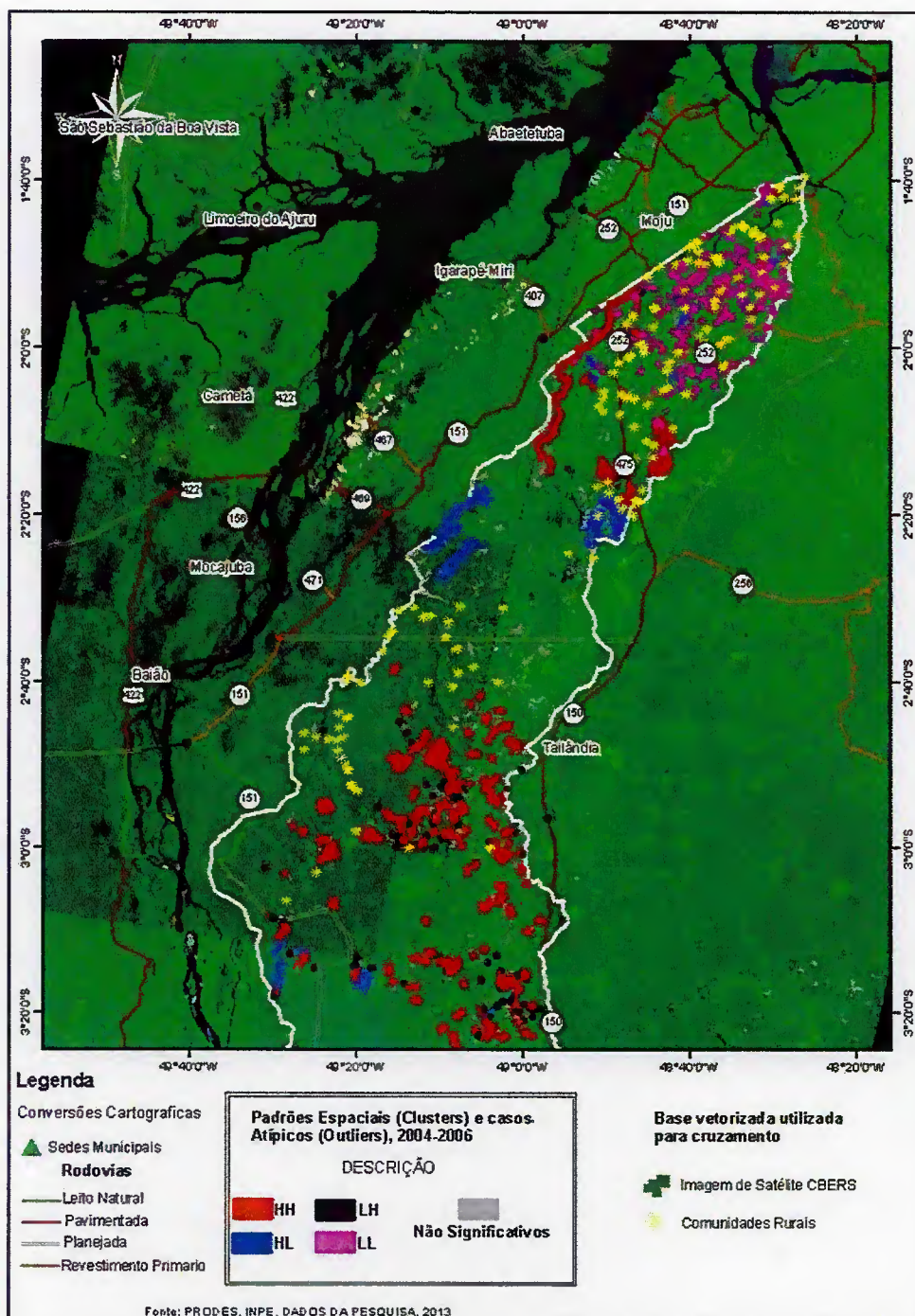


Figura 18. Configuração de padrões espaciais (*clusters*) e identificações de casos atípicos (*outliers*) do desflorestamento na zona rural de Moju, entre 2004-2006.

Para esta mancha do Índice Local de Moran *cotype* LL, a concentração das associações coincide com a proximidades das comunidades de castanhadeira, Ramal da Cunha, Curuçá, Papua, Curuperé, Serrana, União, São Jorge, Nov Vida, Maratipau, Luso e Campina, onde existem grande densidade populacional e predominam a pequena produção, são comunidades consolidadas pertencentes ao processo de colonização antiga do Moju, com presença de populações tradicionais (quilombos e ribeirinhos) e que mantêm seus pequenos

roçados para subsistência, baseados tipicamente no cultivo da mandioca, a área apresenta a maior produção da cultura no município, com elogios de produzir a melhor farinha da zona rural do município (conhecida como farinha do Puaçê).

Os grandes desflorestamentos neste período (2004-2006), intensificaram a tendência anunciada no período ex-ante (2000-2003), quando fortes deslocamentos de grande escala das conversões das regiões do Baixo Moju para o Alto Moju, direção norte-sul no município foi identificado, com 51,32% do desflorestamento acima 100ha ocorridos em áreas com intenso estabelecimentos agropecuários na fronteira de Tailândia, Baião e Mocajuba (figura18).

As configurações atípicas do *cotype* HL foram identificadas em todo o município, sem maiores expressões de concentração espacial, mais especificamente na região de jambuaçu no extremo norte de Moju, onde grandes desflorestamentos liderados pelos projetos agropecuários, principalmente de plantio de dendê estão ampliando parcerias com pequenos produtores e expandindo as áreas de plantio de forma mais direta, e indiretamente, os pequenos produtores na expectativa de valorização de suas terras tem promovido desflorestamento em suas áreas, para oportunizar a venda (figura18).

As manchas em azul apresentaram valores dos atributos elevados com a presença de vizinhos com valores abaixo da média, ou seja, elevados conversões ao lado de pequenos desflorestamentos, o que reflete áreas em transição e que a própria dinâmica do desflorestamento deve tendenciar ao predomínio de grandes áreas desflorestadas. As maiores manchas no temático remetem as áreas de influencia do município de Acará e projetos de expansão da empresa Agropalma e parcerias com vários assentamentos, entre os quais olho d'agua II (figura18).

O arranjo identificado mais ao oeste de Moju, fronteira com o município de Cametá correspondente também ao *cotype* HL, e no periodo analisado (2004-2006) vários plantios de dendê foram iniciados estabelecendo parceria com pequenos produtores na região do médio moju conhecida como também distrito Cairari, desflorestamento de no mínimo 2ha combinado com áreas desflorestadas de até 120ha, associados ao inicio das parcerias com o Programa de Produção e Uso Sustentável de Biodiesel – PNPB do Governo Federal (figura18).

Ao sul do município, na região do alto Moju também foram identificados polígonos de elevados desflorestamento rodeados de pequenas conversões no período recente, com pequenos espalhamentos na região indicando que estas áreas encontram-se em processo de transição. Outros arranjos complementam estas análises, é o caso das correlações espaciais indicados pelos de *cotype* HH e LH, pois de um lado a concentração espacial destes índices são na mesma região do município (figura18).

Uma comparação entre os resultados da autocorrelação Local de Moran indicam um predomínio na região do Alto Moju, com forte concentração próximo as comunidades de Nossa Sr^a de Fátima, São Benedito e São Sebastião de arranjos aglomerativos do *cotype* HH com forte tendência de ampliar as áreas desflorestadas com características semelhantes no entorno, tendo em vista as negociações de pequenas propriedades de até 100ha que devem ser convertidas em grandes conversões, principalmente assumidas pelo dendê. Os arranjos do *cotype* LH associam pequenas conversões cercados de grandes desflorestamentos próximo as comunidades do distrito Cairai, Vila Pires e Casa Grande, reforçando a dinâmica dos grandes desflorestamentos se dirigirem para esta região em decorrência de grandes projetos já consolidados na área, entre os quais a fazenda Codenorte, Mamorana, Projeto Sipasa Seringa e Mariza, onde encontram-se altos investimentos na agropecuária (figura18).

Análise Desagregada: o desflorestamento de 2007 à 2010

A análise do último período apresentou o menor área desflorestada entre os demais analisados, representando 20,58% do total desflorestado contra 27,74% do período logo anterior (2004-2006), e 51,40% do período inicial (2000-2003), revelando tendência de queda quando comparados no tempo, o que se explica pelo próprio aumento das áreas de consolidação das atividades produtivas e o aumento das áreas institucionalizadas, entre as quais temos: terra indígena, assentamentos rurais, reservas extrativistas e áreas de quilombos (figura19).

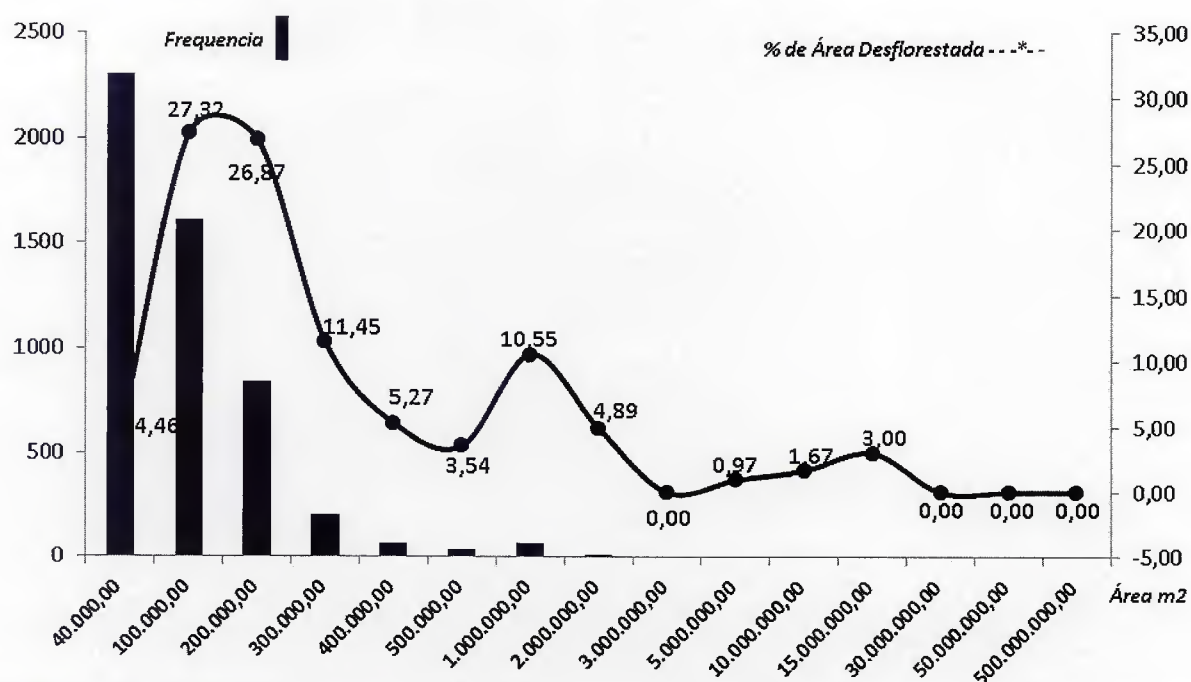


Figura 19. Comparativo entre a frequência das conversões e o percentual de área total desflorestadas, em escalas definidas, no período de 2007-2010.

A dinâmica das conversões com escala até 4ha se mantém dentro da média do período anterior consolidando também os resultados da análise agregada para toda a série analisada (2000 à 2010), com forte concentração em termos absolutos para até esta escala 4ha de área desflorestada. As grandes diferenças no impacto do percentual de áreas são determinadas neste período por intervalos de desflorestamento maiores que 5ha até 30ha, onde os impactos de área chegam a representar mais de 27% das áreas de conversões, isto estaria associado a maiores frequências de desflorestamentos para este tamanho de área devida a mudanças geográficas das recentes conversões (figura19).

Quando foi analisado os intervalos maiores que 5ha até 100ha a representatividade de área para esta escala ultrapassa os 85% da área total convertida, bem acima dos 50% identificados nos dois períodos já analisados, o que sinaliza para um arranjo espacial em transição, as grandes áreas para conversões não estão mais disponíveis, devido a histórico processos de intervenção antrópica e aquele grande desflorestamento esta dando lugar ao médio desflorestamento no município, ou seja, ocorreu considerável queda na representação de área de conversões acima de 100ha (figura19).

Comparativamente ao período anterior (2004-2006), a atual análise dos focos do desflorestamento apresentou menor área total desflorestada combinada com maior quantidade de focos entre períodos e 70,32% de focos a mais que o período anterior na escala até 4ha de

área, o que revela não só uma maior concentração de atributos geográficos neste intervalo como também sujere mais estímulos de conversões de pequeno porte (figura20).

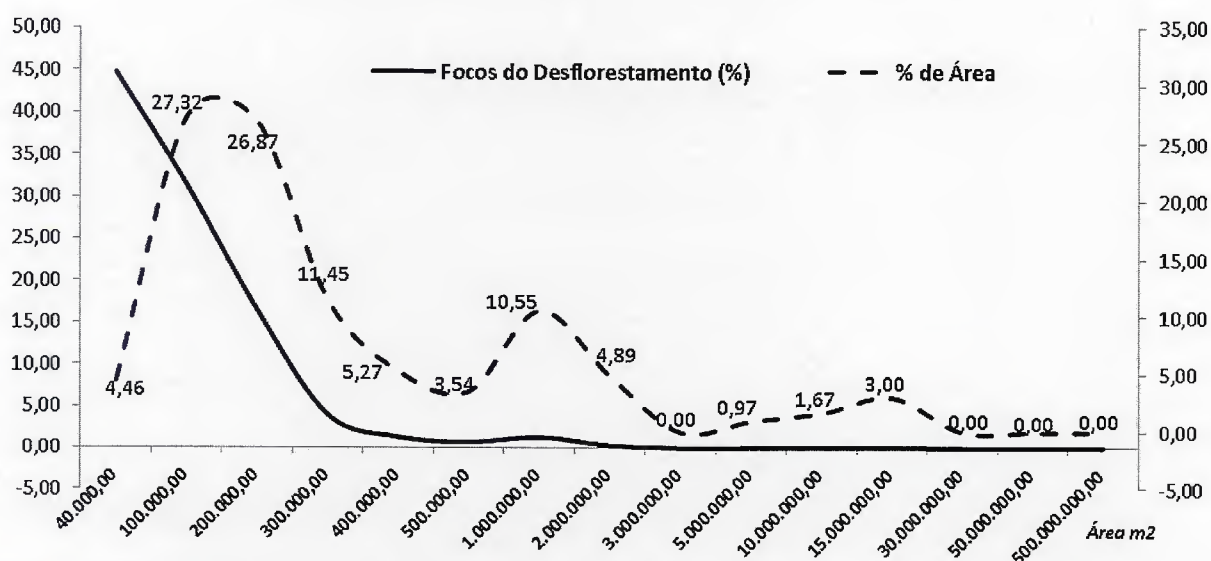


Figura 20. Comparativo entre os polígonos do desflorestamento e o percentual de área total desflorestadas, em escalas definidas, no período de 2007-2010.

As comparações percentuais entre os focos e área desflorestada neste ultimo periodo apresentam uma forte concentração dos poligonos até a escala de 30ha, ou seja, uma representatividade de mais de 96% dos 5149 focos analisados sinalizando uma mudança dos agentes na transformação da paisagem, ou novos arranjos que estão se estabelecendo em decorrência das interações sociais e econômicas e da lógica de conversões que vem apresentando mudanças impostas pelas condições de acesso a terra e reserva de recursos atuais, de algum modo a permanência dos padrões de conversões observados em períodos anteriores começa a enfrentar mudanças (figura20).

A comparação entre períodos revela que a dinâmica das conversões vem alterando significativamente a escala do desflorestamento, concentrando fortemente os focos em escalas consideradas médias, neste ultimo periodo até 30ha, intervalo bem abaixo do perfil observado nas análises anteriores, o que pode estar anunciando um desflorestamento compartilhado, assumido por pequenos produtores na tentativa de atingir maior valorização de suas áreas, imposta por culturas de tendência monocultora e que necessitam de grandes áreas para expandir a produção, ou o estabelecimentos de arranjos espaciais mais complexos podem sustentar estas hipóteses (figura20).

A identificação das alterações não revelam apenas um novo ritmo do desflorestamento em Moju, mas parecem sinalizar transformações mais profundas sobre a estrutura de desenvolvimento das forças produtivas na zona rural, que rapidamente respondem pelo estabelecimento de novas configurações espaciais como consequência das expectativas criadas pela interação de forças econômicas, sociais e políticas no meio rural.

O aumento das conversões até 30ha nos estabelecimentos agropecuários pode estar promovendo a sustentação do aumento de áreas destinadas ao plantio de culturais como o dendê, nesse último período a concentração dos focos nesta escala pode estar associada a uma mudança na lógica da pequena produção no Moju tendo em vista que a oportunidade de emprego assalariado nas grandes empresas que lidam com a cultura tem influenciado a decisão de venda das propriedades particulares, que em geral correspondem até a quatro módulos fiscais de 25ha cada.

Esta influência sobre os produtores em parte constituiu-se da pressão por novas áreas e o estabelecimento de novos arranjos espaciais, estes anunciados pela relação dos focos do desflorestamento e o percentual de área, que vinculam contratos com as comunidades para assumir parte da produção em suas áreas após desflorestadas e assim estabelecer novas estratégias de espacializar a produção, nesse sentido a interação espacial dos atributos e as escalas predefinidas esclarecem melhor estas configurações das conversões.

A dinâmica do desflorestamento para este último período de análise (2007-2010), consolida as tendências dos períodos anteriores principalmente quando identifica novas configurações espaciais decorrentes da dinâmica territorial (figura 21). Os padrões em *clusters* do *cotype* HH seguiram fortemente a disposição das conversões do período anterior, tornando-se a nova área de expansão das atividades produtivas do município, que em parte responde por uma grande quantidade de áreas verdes e uma elevada expansão dos estabelecimentos agropecuários para esta região, de acordo com o temático classificação supervisionada do período recente na (fig.9 na pág. 131).

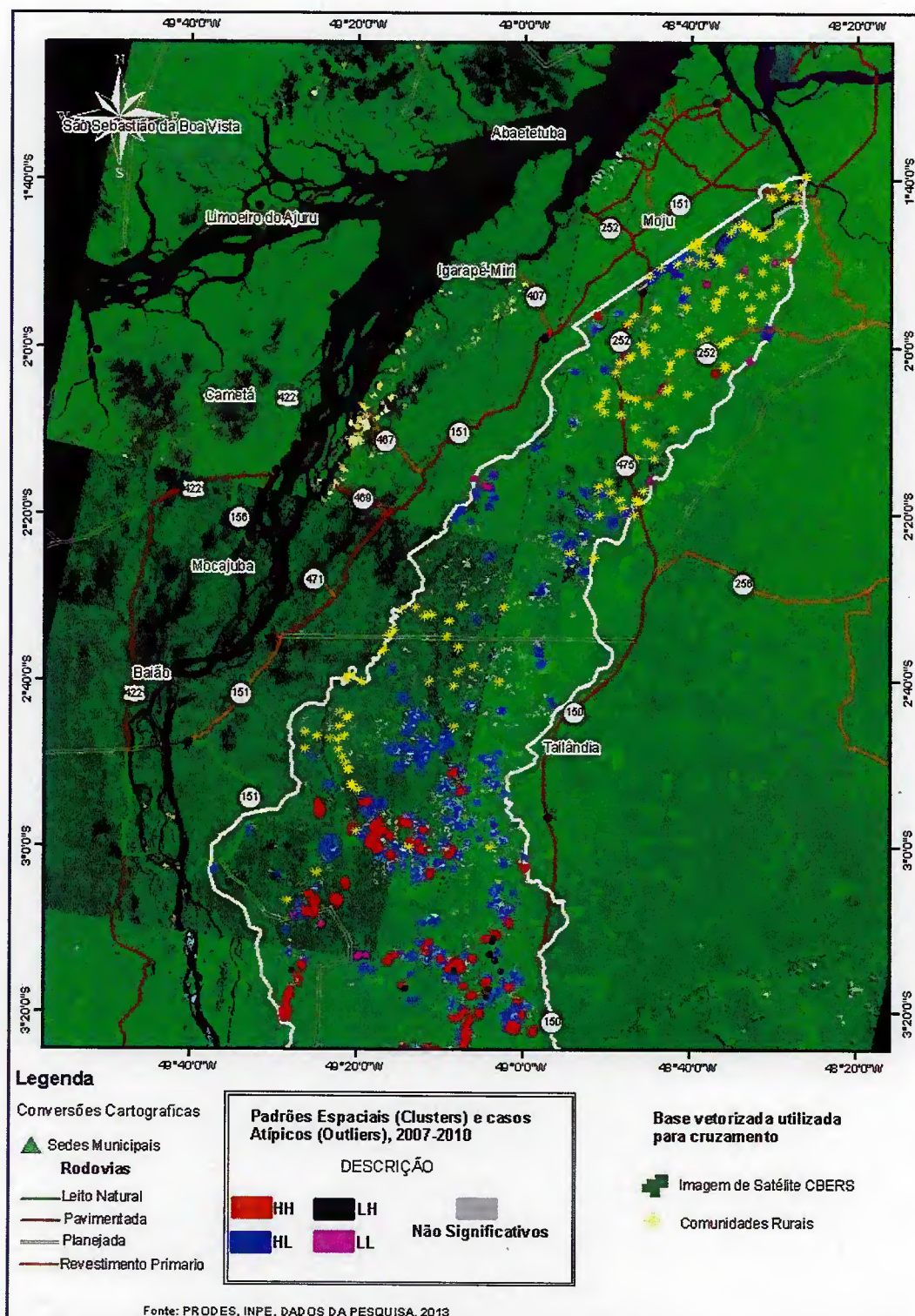


Figura 21. Configuração de padrões espaciais (*clusters*) e identificações de casos atípicos (*outliers*) do desflorestamento na zona rural de Moju, entre 2007-2010.

Os padrões das elevadas conversões identificam mais do unidades contínuas na região do Alto Moju, estabelecem e também descrevem características complexas de relações sociais que exercem alguma centralidade atraindo fluxos populacionais e novas atividades,

que no caso dos padrões *cotype* HH estariam ligado tanto ao aproveitamento destas novas áreas de expansão econômica e a proximidade do município de Tailândia que possui habilitação para licenciamento de atividades produtivas de pequeno impacto, exercendo plenamente a gestão ambiental. O notável direcionamento dos grandes desflorestamentos para o sul de Moju identificados nos períodos anteriores se confirma atual e concomitantemente começa a dividir espaço com as pequenas conversões que mesmo de maneira incipiente já apresenta alguma correlação espacial do *cotype* LL timidamente notada (figura 21).

Nas configurações espaciais para este período é possível identificar a formação de um mosaico de interações baseados no índice local de Moran, quando observa-se aglomerações e casos atípicos na região do alto Moju, onde as funcionalidades ponderadas pelas conversões acusam mais de 96% dos polígonos para desflorestamentos até 30ha e mais de 70% da área desflorestada convertida nesta escala. Na comparação com os demais períodos a área total desflorestada no período recente apresenta a menor contribuição da série com apenas 20,86 das áreas desflorestadas, isto reforça a direção das conversões no município, sentido norte-sul, ou seja, região do alto Moju que concentrou 69% das polígonos convertidos (figura 22).

As configurações espaciais atestam grande mobilidade de recursos para esta região, dinâmicas intensas, complexas e ao mesmo tempo complementares na alocação de fatores, os índices do *cotype* LH refletem a presença de pequenas conversões rodeadas de grandes desflorestamentos e pequenos desflorestamentos cercados de conversões de escala de mesma magnitude em pequenos pontos na região correspondem ao *cotype* LL, o que estaria associado a pequenos roçados de agricultores de subsistência. Por último, neste período ocorreu predomínio de grandes áreas desflorestadas em toda a zona rural rodeadas de pequenas áreas desflorestadas, o que reflete com maior fidelidade a realidade rural, identificando as complexas interações no município (figura 22).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução do desflorestamento nos últimos dez anos apresenta tendência de queda em Moju, no entanto a participação dos grandes polígonos desflorestados predomina na área total convertida, ou seja, apesar de grandes oscilações identificadas até 2005, depois deste ano as conversões ficaram mais estáveis, com direcionamento para a região do Alto Moju e as áreas acima de 10ha desflorestadas responderam por mais de 90% do total convertido.

A presença dos grandes projetos no município assim como a elevada concentração de estabelecimentos agropecuários de grande porte aliados a maior densidade populacional nas áreas rurais são os principais vetores que influenciaram diretamente a elevação dos pontos centrais do desflorestamento. A distribuição espacial das atividades produtivas lideradas pela expansão agropecuária e aumento das áreas plantadas de culturas industriais, ligadas fortemente a presença de capital estrangeiro contribuíram como os principais vetores dos desflorestamentos e das conversões de ecossistemas.

A espacialização das atividades produtivas tem avançado dinamizando a homogeneização de espaços produtivos, via expansão do plantio de dendê de forma mais direta e indiretamente, a valorização de áreas descampadas têm influenciado novos desflorestamentos pelos agricultores familiares. A especulação fundiária na zona rural tem motivado diretamente as conversões para aumento da área plantada dendê, tendo em vista a limitação da reserva legal e áreas institucionalizadas imposta ao grandes projetos que atuam na região, conclusão identificada a partir dos dados vetoriais das propriedades e do avanço do plantio de dendê para áreas adjacentes promovendo o efeitos dos casos atípicos.

O uso das classificações supervisionadas das imagens de satélite do tipo *CIBERS* permitiu identificar avanços significativos no processo de conversões florestais com direcionamento do desflorestamento no sentido norte-sul. Os temáticos que mais se destacaram no período foram as classes de solo exposto, ecossistemas sucessionais e os plantios de dendê, o que se explica pela expansão das atividades ligadas ao Projeto Nacional de Produção e Uso Sustentável de Biodiesel, novas áreas adquiridas pelas empresas Marbores, Agropalma, novos investimentos ligados a empresa Biovale, Biopalma e prestadoras de serviços, aumetando as parcerias de plantio com os agricultores familiares.

A expansão produtiva no município de Moju concentra-se nas atividades das culturas industriais de dendê, coco-da-bahia e pimenta-do-reino, exploração florestal, pecuária, culturais temporárias como mandioca, arroz, feijão e as atividades correlatas e de apoio as culturas citadas. Quanto a concentração, o dendê, o plantio de coco-da-bahia, a pecuária e a exploração florestal são os principais vetores do desflorestamento na zona rural de Moju, sendo que as conversões não obedecem aos limites municipais dificultando a gestão sobre os recursos naturais e a própria municipalização da gestão, quando os municípios deveriam assumir as competências das habilitações, o monitoramento e a fiscalização no seu território.

As análises sobre a dinâmica do desflorestamento também obrigam a tratar o tema sob o enfoque da geografia econômica, pois as atividades que apresentam aptidão e estão recomendadas como expansão produtiva segundo critérios do zoneamento ecológico-econômico em áreas adjacentes, exercem grande influência no processo de conversões florestais, como o caso dos municípios de Tailândia, Acará, Mocajuba e Baião, originando maior dificuldade na administração das fronteiras, já dificultado pela fisiografia atual do município que conta com mais de 9.000Km² de área territorial.

Quanto aos padrões espaciais a análise agregada apresentou tendências para as conversões na série consolidada. De um lado, foi observado o predomínio dos grandes desflorestamentos cercados de grandes áreas convertidas, com direcionamento em cluster para o sul do município de Moju. De outro, a presença de muitos casos atípicos com índices locais que identificaram grandes desflorestamentos cercados por pequenas conversões em maior distribuição geográfica na zona rural.

Em termos desagregados, os padrões do desflorestamento justificam a tendência de toda a série e apresentam um fenômeno complexo, no entanto, mais realista e apropriado para a análise do fenômeno na zona rural do município. As dinâmicas territoriais das conversões são precedidas de correlações espaciais que compartilham propriedades de dimensões tranfronteiriças e que exigem um cruzamento de dados maior para a compressão de arranjos complexos e do funcionamento de atividades produtivas.

As conectividades produtivas ampliam o processo de desflorestamento porque demandam maior quantidade de fatores produtivos, o que explica em parte o aumento da população e a maior concentração de pessoas em determinadas áreas rurais. As configurações

espaciais apresentam-se de forma continua quando a serie é analisada de forma agregada e descontinua quando os periodo são intercalados, preconizando uma maneira de compreender a dinâmica das conversões no Moju.

Os padrões associados aos períodos permitiu visualizar processos de aglomerações de áreas desflorestadas e também a formação de manchas que indicaram áreas de transições destes desflorestamentos, o que intrinsicamente estariam associados a mudanças de atividades econômicas, movimentos populacionais, maior acessibilidade pelas estradas vicinais, entre outros. As categorias emergentes refletem em parte mudanças mais abruptas e de natureza efêmera influenciadas por condições de mercado e de políticas públicas.

As mudanças processadas nos padrões estão associadas aos deslocamentos dos casos atípicos, que refletem melhor a dinâmica das conversões, isto significa que de um lado o primeiro período (2000-2003), existe uma divisão mais clara nos padrões espacializados pelas correlações. De outro, fica evidenciado que a escala das conversões estão associados a categoria do agente promotor do desflorestamento e a sua dinâmica espacial na zona rural de Moju.

As análises específicas das correlações espaciais entre períodos revelou que a abrangência do desflorestamento ultrapassou os limites municipais e uma configuração territorial começa a se desenhar como vetor dos padrões espaciais. As configurações do espaço apontadas pela ferramenta da estatística espacial são também configuradas pela influência de fronteira, pois as propriedades rurais também não obedecem a tais limites, emergindo unidades territoriais específicas e com interações diferenciadas.

As associações espaciais identificadas pelo coeficientes de Moran revelaram os agrupamentos dos grandes e pequenos desflorestamentos, associados pela semelhança de seus atributos, e o aparecimento de *outliers* relacionados a combinação em determinada proximidade territorial de altos e baixos desflorestamentos e vice-versa. A presença simultânea de classes diferenciadas estabelecidas pelos índices, indica parte da diversidade da dinâmica das conversões no meio rural, que pode esta correlacionado com a heterogeneidade do espaço, a disponibilidade de recursos, a dinâmica produtiva e o grau de acessibilidade.

As políticas públicas de monitoramento e combate ao desflorestamento deve considerar que os padrões são diferenciados geograficamente e sujeitos a mudanças entre os períodos, qualquer intervenção do Estado deve considerar as interações relevantes e

compreender quais são as dinâmicas engendradas pelo processo de conversões florestais. A presença de comunidades ou a concentração populacional exerce influencia direta na identificação dos padrões interferindo diretamente na dinâmica do desflorestamento, porque as conversões florestais desses agentes tem reduzido peso na área total desflorestada e quando consolidadas ajudam a conter os elevados desflorestamentos.

A elevada concentração dos padrões de elevados desflorestamentos para o sul de Moju estão relacionadas a maior quantidade de área privada e principalmente pelo tamanho dos estabelecimentos agropecuários, que apresentam média de 350ha. O direcionamento desta escala das conversões também estaria associado com a maior disponibilidade de recursos naturais e a proximidade de municípios como Tailandia e Acará que possui maior acessibilidade, infraestrutura e já avançaram no processo de gestão ambiental, no caso do primeiro o município já exerce a gestão ambiental plena e licencia atividades produtivas de baixo impacto.

A análise das autocorrelações via estatística espacial permitiu caracterizar os espaços geográficos oferecendo maior clareza sobre as mudanças das conversões florestais e suas tendências no espaço, o que ajuda a entender qual a direção do desflorestamento e a dinâmica produtiva a ele associado estabelecendo uma análise na compreensão individual das classes estimadas. Por conseguinte, os resultados do Índice Local de Moran identificou as áreas que precisam de maior atenção pela forte conversões geograficamente localizadas, o esclarecimento da direção do desflorestamento e a escala de distribuição na zona rural do município e a interseção com outros limites municipais, estendendo uma compreensão de território para o processo de desflorestamento.

Portanto, os padrões espaciais do desflorestamento podem oferecer a gestão ambiental do Governo Estadual e Municipal, um avanço no processo de fiscalização das conversões no meio rural, sob um enfoque de desconcentração e descentralização das ações de monitoramento e fiscalização, permitindo priorizar investimentos assim como várias ações de políticas públicas por meio das compreensões de dinâmicas territoriais.

REFERÊNCIAS

ACHARD, F; DeFRIES, R; HEROLD, M; MURDIYARSO, D; SCHLAMADINGER, B; SOUZA, C. **Earth observatins for estimating greenhouse gas emissions from deforestation in developing countries.** Environmental science & policy, vol. 202, pp 385-394, 2007.

ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T.; FREITAS, R. M.; AGUIAR, D. A.; SUGAWARA, L. M.; MELLO, M. P. **Remote Sensing Time Series to Evaluate Direct Land Use Change of Recent Expanded Sugarcane Crop in Brazil.** Sustainability. 4(4):574-585, 2012.

ANSELIN, L; BAO, S. **Exploraty Spatial Data Analysis Linking SpaceStat ArcViewW.** In: Fisher, M.M & Getis, A. Recent development in spatial analysis. Springer, vol.32, pp 35-39, 1997.

ANGELSEN, A. **Agricultural expansion and deforestation: modeling the impact of population, market forces and property rights.** Journal of Development Economics, vol. 58, pp 185-218, 1999.

AGARWAL, D. K; SILANDER, J. A; GELFAND, A. E; DEWAR, 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.

AGUIAR, A. P. D; CÂMARA, G; ESCADA, M. I. S. **Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: Exploring intra-regional heterogeneity.** Ecological Modelling, vol. 209, pp 169-188, 2007.

CAMARA, G; CARVALHO, M. S; CRUZ, O. G; CORRÊA, V. **Análise espacial de áreas.** Disponível em: <<http://www.est.ufmg.br/assuncao>>. Acesso em: 18 dezembro de 2012.

CAMARA, G. **Representação computacional de dados geográficos.** In: Banco de Dados Geográficos. MundoGEO, 2005.

CELENTANO, DANIELLE; SILLS, ERIN; SALES, MARCIO; VERÍSSIMO, ADALBERTO. **Welfare Outcomes and the Advance of the Deforestation Frontier in the Brazilian Amazon.** World Development, vol. 40, pp 854-864, 2012.

ECKERT, S; RATSIMBA, H. R; RAKOTONDRA SOA, L. O; RAJOELISON, L.G; EHRENSPERGER, A. **Deforestation and forest degradation monitoring and assessment of biomass and carbono stock of lowland rainforest in the Analanjirofo region, Madagascar.** Forest Ecology and Management, vol. 252, pp 1997-2007, 2011.

ENTWISLE, B; RINDFUSS, R; WALSH, S. J; PAGE, P.H. **Population growth and its spatial distribution as factors in the deforestation of Nang Rong, Thailand.** Geoforum, vol. 39, pp 879-897, 2008.

ETTER, A; McALPINE, C; WILSON, K; PHINN, S; POSSINGHAM, H. **Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia.** Agriculture Ecosystem & Environment, vol. 114, pp 369-386, 2006.

GARCIA, A. J; JANVRY, A; SADOULET, E. **A tale Two Communities: Explaining Deforestation in Mexico.** World Development, vol. 33, pp 219-235, 2005.

GARCIA, A. J. **A spatial analysis of common property deforestation.** Journal of Environmental Economics and Management, vol. 53, pp 141-157, 2007.

ITOH, Y; MAHMOUD, H. M. **Age statistics in the Moran population model.** Statistics & Probability Letters, vol. 74, pp 21-30, 2005.

LAAKE, P. E. V; AZOFEIFA, G. A. S. **Focus on deforestation: zooming in on hot spots in highly fragmented ecosystems in Costa Rica.** Agriculture Ecosystems & Environment, vol. 102, pp3-15, 2004.

NEVES, M; RAMOS, F; CAMARGO, E; CÂMARA, G; MONTEIRO, A. **Análise exploratória espacial de dados sócio-econômicos de São Paulo:** In: Gis Brasil 2000, Salvador 2000.

SANTOS, M. **Espaço e Método.** São Paulo: Nobel, 1985.

SEARLE, J. R. **Mind, Language e Society.** New York: Basic Books, 1998.

WHITTLE, M; QUEGAN, S; URUY, Y; STUEWE, M; YALIANO, K. **Detection of tropical deforestation using ALOS-PASSAR: A Sumatran case study.** Remote Sensing of Environment, vol. 124, pp 83-98, 2012.

WYMAN, M. S; STEIN, T. V. **Modeling social and land-use/land-cover change data to assess data drivers of smallholder deforestation in Belize.** Applied Geography, vol. 30, pp 329-342, 2010.

FREITAS, R. M.; SHIMABUKURO, Y. E. **Combining wavelets and linear spectral mixture model for MODIS satellite sensor time-series analysis.** Journal of Computational Interdisciplinary Sciences (2008) 1(1):51-56. DOI: 10.6062/jcis.2008.01.01.0005. <http://www.epacis.net/jcis>.

RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. **O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil (The MODIS sensor and its environmental applications in Brazil).** São José dos Campos, SP. Parêntese, 2007, v. 1, 425 p.

SHORTRIDGE, A. **Practical limits of Moran's autocorrelation index for raster class maps.** Computers, Environment and Urban Systems, vol. 31, pp362-371, 2007.

TANIKAWA, D. H., MANZIONE, R. L. **Análise da correlação entre a resposta espectral da cultura de eucalipto e oscilação de níveis freáticos em área de recarga do Sistema Aquífero Guarani.** XXIII Congresso de Iniciação Científica da Unesp, 2011.

5. DESFLORESTAMENTO NO MUNICÍPIO DE MOJU-PA E SEUS IMPACTOS NA CONDIÇÃO DE VIDA RURAL.

RESUMO

As características da intensificação da relação homem e natureza, com reflexos diretos sobre o uso dos recursos naturais, possibilita analisar objetivamente a distribuição do desflorestamento e seus impactos sobre a condição de vida na zona rural do município de Moju. O perfil da distribuição de renda e as condições de acesso a serviços públicos são algumas das variáveis que foram ajustadas para interpretar corretamente as mudanças ocorridas no período. A aplicação da pesquisa de campo junto as comunidades rurais e o emprego das técnicas de análise multivariada possibilitaram identificar os principais fatores que explicam a condição de vida em Moju, e a magnitude de suas contribuições quando comparados os espaços geográficos. Desta forma, as cargas fatoriais espacialmente identificadas foram tratadas como estimadores no modelo de Regressão Geograficamente Ponderado – GWR cujo o objetivo é expressar de forma quantitativa as relações globais e as variações espaciais entre as variáveis selecionadas. A distribuição heterogênea da renda e acesso a serviços públicos foram geograficamente definidos, levando a conclusão de que a proximidade de grandes projetos não constituiu condição necessária para melhoria das condições de vida, havendo piora com a implantação em varias comunidades e os impactos sistemáticos do desflorestamento foi um caminho adotado para explicar os efeitos sobre a condição de vida ao longo do tempo na zona rural de Moju.

Palavras-chave: Condição de Vida; Modelo de Regressão Geográfica; Desflorestamento; Comunidades Rurais e Análise Multivariada.

DEFORESTATION IN THE CITY OF MOJU-PA AND ITS IMPACTS IN LIVING CONDITIONS IN THE RURAL AREA.

ABSTRACT

The characteristics of the closer ties between man and nature, with direct reflexes on the use of natural resources, allows an objective analysis of the distribution of deforestation and its impacts on the living conditions in rural zone of the city of Moju. The profile of the distribution of income and the conditions of access to public services are some variables that were adjusted to correctly interpret the changes occurred in the period. The application of field research at the rural communities and the use of multivariate analysis made it possible to identify the main factors that explain the living conditions in Moju, the magnitude of their contributions when geographical spaces are compared. Thus, the spatially identified factor loading scores were treated as estimators in the Geographically Weighted Regression model – GWR that is aimed to quantitatively express the overall relations and spatial changes between the selected variables. The unequal distribution of income and the access to public services were geographically defined, leading to the conclusion that the proximity to large-scale projects did not constitute a necessary condition for improving the living conditions of the population, which, on the contrary, has worsened after the implementation of such projects. The systematic impacts of deforestation explained the deterioration in living conditions over time in the rural zone of Moju,

Keywords: Living Conditions; Regression in Geographic Analysis; Deforestation; Rural Communities and Multivariate Analysis.

INTRODUÇÃO

A dinâmica complexa do desflorestamento recente em Moju, evoluiu com significativas particularidades. O predomínio da agricultura familiar e das conversões de pequena escala (até 4ha) com significativa distribuição espacial foram centradas principalmente nas culturas temporárias da mandioca, milho, arroz e feijão e vem enfrentado atualmente céleres mudanças. De um lado, a evolução do desflorestamento tem redirecionado espacialmente as conversões de pequena escala com transferência da mão-de-obra da agricultura familiar para os grandes investimentos no monocultivo, as consequências para a produção agrícola tem refletido na queda das culturas tradicionais e outra forma de trabalhar o recurso terra. De outro, a expansão dos investimentos no monocultivo para as áreas próximas da rede urbana, tem elevada a produção pela intensificação do fator terra e promovido aumento das conversões de ecossistemas principalmente na zona rural do município.

A forte expansão das conversões lideradas principalmente pelo crescimento dos grandes projetos associados a cultura do dendê tem limitado a utilização de recursos naturais complementares, e nesse sentido tem conferido alguma limitação para a diversificação da renda na zona rural do município. A apropriação do fator terra e as expectativas associadas as cultura do dendê na lógica do monocultivo tem influenciado as decisões dos produtores rurais na forma de utilização produtiva da terra, na alocação de outros fatores produtivos, assim como o futuro de seu estabelecimento rural.

A dinâmica de tais mudanças são diferentes no espaço e tempo, no entanto, já são observados padrões de conversões e as suas respectivas distribuições espaciais. As alterações decorrentes destas transformações produtivas no ambiente rural e na estrutura social já são perfeitamente identificadas para algumas variáveis, tais como: o crescimento da população; a maior densidade nas áreas de atuação de grandes projetos; forte desmobilização produtiva em favor da expansão do monocultivo e estabelecimentos de arranjos institucionais entre o capital privado e associações de produtores rurais para ampliação da produção em caráter monocultivo.

Por conseguinte, o componente não perceptível das mudanças na zona rural do município compreende as transformações virtuosas estendidas para as condições de vida no meio rural, que estariam direta ou indiretamente associadas a relações causais com a dinâmica do desflorestamento, ou mais especificamente, como estas interconexões seriam causas e efeitos concomitantemente das relações sociais e também das relações sociais de produção e ainda como estas por sua vez, determinam o curso da renda no meio rural do município.

A dinâmica das conversões florestais estão materialmente associadas a expansão das atividades produtivas, o que sugere que o espaço geográfico onde as mesmas ocorrem são presenciados não apenas por mudanças na paisagem rural, como também o surgimento de arranjos de estruturas produtivas que alocam fatores tradicionais da produção e atuam sob diferentes maneiras na transformação socioeconômica das comunidades rurais.

A evolução histórica do desflorestamento no município de Moju tem ampliado largamente a fronteira de áreas de expansão e consolidação das atividades produtivas sem a contrapartida de estabelecer processos inclusivos de melhoria de renda e suas mudanças na infraestrutura correlata de acesso a serviços públicos, ausência de garantias reais de formalização de empregos e crescimento profissional e principalmente o progresso técnico relativamente significativo e com rendimentos acima dos almejados para a agricultura tradicional e de outras atividades anteriormente desenvolvidas pelas comunidades rurais.

Os aspectos observáveis no município seguem principalmente a mudança abrupta das conversões de ecossistemas diversificados e mais complexos, onde a origem da renda era proveniente de atividades de extrativismo e a produção agrícola tradicional em pequena escala, que quando beneficiada com a injeção de capital permitia excedentes de produção e o deslocamento dos produtos para comércios fora da zona rural. O desflorestamento recente (2000-2010), obedece uma lógica de grandes conversões dirigidas para áreas de produção agrícola tradicionais no municípios, impondo condições mais simples e restritas de extrair rendimentos monetários dos recursos naturais. Esse processo de homogeneização de espaços produtivos teoricamente não favorece o modelo tradicional de sobrevivência dos produtores rurais e limita ainda mais a sua mobilidade de trabalho.

Nesse sentido, a evolução do desflorestamento recente em Moju promoveu diversas alterações no meio físico pressupondo transformações na paisagem rural com significativas modificações na infraestrutura econômica do meio rural originando

contradições nas relações sociais de produção. O processo de intervenção no meio ambiente vem ganhando escala na dinâmica de transformação e modificando espacialmente as relações produtivas afetando desta forma também as estruturas complexas das comunidades em diferentes níveis, que em geral convivem com grandes custos de oportunidade para desmobilizar seus pequenos investimentos, limitados em sua maioria na mobilização do capital ao fator terra, para convergir suas atividades atuais para outro tipo de atividade que está se implantando pela imposição da dinâmica.

A intensidade das mudanças relacionadas com a dinâmica recente do desflorestamento tem se processado apenas com alterações espaciais diretas e tendenciado principalmente a uma fixação da estrutura produtiva e o seu consequente processo de homogeneização dos espaços produtivos. Nesse sentido, quais são as mudanças nas condições de vida do meio rural que estariam associados direto ou indiretamente com a dinâmica recente do desflorestamento? Existem diferenças espaciais mensuráveis referente aos níveis de renda e acesso a serviços públicos das comunidades rurais? Os avanços na escala das conversões referentes a exploração lideradas por grandes projetos refletiram mudanças na renda e a expansão de infraestrutura para as comunidades onde as mesmas atuam produtivamente? Provisoriamente defende-se que as conversões florestais estabeleceram um cenário de competição pelo uso da terra em favor do monocultivo e não dinamizaram efeitos de melhorias sociais para as comunidades associados a melhoria de renda, acesso a serviços públicos e melhoria de infraestrutura e condições de vida.

Em termos gerais pretende-se analisar espacialmente a relação entre o crescimento das escalas do desflorestamento recente e a melhoria na condição de vida das comunidades rurais no município de Moju. Especificamente, identificar os fatores subjacentes e explicatórios da condição de vida na zona rural considerando a heterogeneidade das comunidades; determinar os índices de condição de vida assim como a estimação dos seus parâmetros espaciais e os analisar os efeitos qualitativos decorrentes das conversões de desflorestamento sobre os componentes sistemáticos.

Além desta introdução este artigo apresenta mais quatro subseções. Na primeira subseção são discutidos os principais resultados e metodologias das referenciais que tratam da condição de vida na zona rural assim como a discussão teórica previa do arcabouço teórico relacionado, em seguida a descrição metodológica passa a ser abordada com o auxílio de modelos que irão descrever a relação funcional subjacente entre as variáveis. Na terceira

seção os principais resultados são discutidos e o respectivo alcance metodológico e na última seção as considerações finais são apresentadas e correlacionadas para destacar as contribuições em relação aos referenciais empregadas no artigo.

REVISÃO DA LITERATURA

Os estudos que relacionam a dinâmica do desflorestamento e seus impactos sobre a condição de vida no meio rural tem priorizado o problema sob a ótica da variável renda como uma *proxy* da medida indireta do bem estar social, isto reflete uma realidade em pesquisas domésticas e em artigos internacionais. Ainda que haja um consenso científico acerca das transformações sociais advindas pela melhoria dos rendimentos na zona rural, os trabalhos empíricos envolvendo estudos nas comunidades relacionando desflorestamento e suas influências nas condições de vida são relativamente raros na Amazônia. Nesse sentido, esta seção aprofunda uma leitura que objetiva explicar a relação entre as conversões florestais e a condição de vida em aspectos mais amplos e complexos que podem ser comparados pela heterogeneidade das comunidades no meio rural e a importância das dinâmicas espaciais a elas atreladas, considerando abordagens empíricas em nível de município associadas a utilização de dados primários e a sua combinação no espaço geográfico investigado.

A intensificação das conversões florestais nos países pobres foi interpretada no passado como ações diretamente associadas a pobreza das populações rurais, o que indica que a busca da transformação da paisagem florestal iria ao encontro da melhoria de renda e por conseguinte da condição de vida da população. No entanto, isto seria reduzir a dimensão do problema atual e limitá-la unicamente a poucos agentes, o que distanciaria de uma investigação mais ampla e profunda sobre as relações complexas do desflorestamento e a condição de vida. A ausência de testes estatísticos das variáveis rurais contribuiu para a difusão destas correntes, e recentemente a disponibilidade de informações e de pacotes estatísticos para entender as interações entre os componentes contribuem para uma nova e necessária abordagem exploratória.

Outras revisões bibliográficas atestaram também em períodos recentes (últimos 15 anos) que existe uma lacuna presente em pesquisas empíricas que evidenciem o impacto do desflorestamento sobre a pobreza, as decisões de investimento foram investigadas na zona rural do Perú e objetivaram modelar em dados de painel o uso da terra pelos produtores rurais assim como a relação funcional entre o nível de renda e desflorestamento, constatando que a

correlação é inicialmente positiva mais não em condições repetitivas, e posteriormente esta relação não apresenta sustentabilidade (ZWANE, 2005; BARRACLOUGH, 2000; GHIMIRE, 2000; ANGELSEN, 1999; KAIMOWITZ, 1999). De maneira equivalente, porém empregando o modelo de regressão logística para identificar as relações funcionais das variáveis na zona rural da Colômbia, os padrões geográficos apresentaram variações significativas com as condições de solo, acessibilidade e infraestrutura, revelando impactos diferenciados sobre as condições de vida das comunidades (ÉTTER; MCALPINE; WILSON; PHINN; POSSINGHAM; 2006).

A modelagem do desflorestamento em micro-abordagens ou considerando a tomada de decisões em nível de propriedade permitiu identificar no sul do México que no meio rural, as comunidades assentadas em área comum estabelecem regras de uso da floresta e práticas de conversão de forma racional, que geram melhoria das condições sociais a partir de modelo de tomada de decisões em conjunto fortalecendo as relações sociais de produção, baixando os custos de fatores e aumentando a reserva de valor dos ecossistemas florestais e ainda promovendo efeitos que se estendem a melhoria das condições de vida (GARCIA; JANVRY; SADOULET, 2005). Nos trabalhos de Cavandish (2000), realizados com comunidades rurais no sul da África, as conclusões apontam que quanto maior a pobreza rural maior também a dependência dos recursos naturais, em dados de painel a sensibilidade acusou uma dependência de renda proveniente dos recursos em torno de 40% indicando que floresta e condição de vida tem relações muito próximas.

A teoria da ação coletiva de uso dos recursos ambientais tem sido empregada também para explicar decisões de combate a pobreza por meio de ações conjuntas de conservação na Costa Rica, onde foi identificado de forma empírica que as comunidades entrevistadas teriam alto potencial para aderir ao processo de trocar o desflorestamento por uma melhor remuneração das áreas preservadas sob o domínio coletivo. A abordagem econométrica que explica a irreversibilidade no desflorestamento, revelou comparativamente retornos em favor da não conversão em relação ao desflorestamento, induzindo a concluir que a aplicação de instrumentos de serviços ambientais nessas áreas pode proteger a floresta e servir como política de combate a pobreza e melhoria nas condições de vida quando combinadas com outras políticas públicas (PFAFF; KER; LIPPER; CATAVATASSI; DAVIS; HENDY; AZOFEIFA; 2007; OLLIVIER; 2012).

Estudos empíricos entendidos numa série histórica ampliam a compreensão dos efeitos das conversões florestais em atividades econômicas e na melhorias das condições de vida, a combinação com as políticas institucionais pode melhorar a renda e seus atributos relacionados e conter o avanço do desflorestamento foram os principais resultados em abordagens nas comunidades rurais de Uganda e Kenya (PETURSSON; VADEL; SASSEN, 2013). O estabelecimento de instituições objetivas e que assegurem nossos direitos de propriedade com melhores políticas ambientais e eficiência alocativa podem garantir melhores rendas e condições de vida e também o uso sustentável de recursos ambientais foram as conclusões de Culas (2007), em modelos que analisaram a relação entre renda e desflorestamento em países da América Latina, África e Ásia. Especificamente na Índia a institucionalidade assumida pelo estado principalmente pela apropriação dos recursos naturais via estatização dos fatores, angariou a piora das condições de vida entre 1971 e 1991 diminuindo as condições objetivas e de domínio sobre os recursos naturais por parte dos colonos (AGARWAL, 1997).

Na Bolívia as análises históricas das conversões de florestas para expansão da agricultura revelaram dois modelos em cinco décadas, onde a substituição das importações ajudou a expandir o grupo de pequenos agricultores e as condições de vida a eles relacionados no momento inicial, e posteriormente o ajustamento estrutural com a abertura econômica e um modelo voltado ao mercado externo ampliou significativamente a escala das conversões e priorizou outros grupos econômicos, o que refletiu em mais pressão florestal e migração de colonos para áreas onde podem expandir suas produções (PACHECO, 2006).

Numa perspectiva ampliada, o desaparecimento das florestas e outros recursos naturais por meio da dinâmica de conversões de ecossistemas afetam de forma negativas aos meios de sobrevivência, de proteção natural, as condições materiais e portanto objetivas das comunidades sob as quais depende a infraestrutura econômica e ao mesmo tempo exercem suas relações sociais de produção. Nesse sentido, as relações simplistas entre pobreza e condição de vida como causas da degradação florestal é parte integrante de um conjunto de fatores e deve-se considerar o problema questionando de forma invertida, ou seja, de que a melhoria das condições de vida podem ser causa do desflorestamento acentuado (SUNDERLIN; ANGELSEN; BELCHER; BURGERS; NASI; SANTOSO; WUNDER; 2005). Em termos microeconômicos a ausência de condições objetivas para realizar investimentos sob a ótica de condições de pobreza no meio rural, intensifica o processo de

utilização dos recursos naturais e principalmente as conversões de florestas, e a diminuição das condições de vida acelera algumas formas de utilização do recursos naturais, entre as quais a pressão pela diminuição no tempo de pousio e a promoção de novas conversões (BALSDON; 2007).

Estendendo o debate para a America Latina segundo os trabalhos liderados por Swinton et al. (2003), defende que outros fatores são mais significativos no processo de degradação das florestais e discute o problema sob dois pressupostos, de um lado a variável incentivo distorcido do Governo pode ter maior impacto nas conversões de florestas do que a própria pobreza, de outro o redesenho dos incentivos pode assegurar melhorias nas condições de vida e ao mesmo tempo melhorar a gestão sobre os recursos florestais para o futuro (ESCOBAR; REARDON; SWINTON; 2003).

Modelando a relação entre o desflorestamento e a relação de bem-estar em nível municipal para a Amazônia, a intensa dinâmica de expansão da fronteira nos últimos trinta anos é um caso por excelência de elevado atendimento das demandas de mercado e de mudança excessiva no processo de conversões florestais. Os resultados da interdependência refletem um padrão para 100 municípios dentro da área de estudo e a variável renda/km² responde positivamente ao aumento das conversões florestais e entendidas com maior complexidade, a renda/km² tende a diminuir quando mais de um terço das áreas do município são convertidas e novamente sobe quando a área desflorestada ultrapassa 82% da área total (CELENTANO; SILIS; SALES; VERÍSSIMO; 2012).

As abordagens teóricas esclarecem em dado nível as relações entre as conversões e os reflexos nas condições de vida, porém não estabelecem os links para um entendimento mais amplo e ajustável de como a dinâmica do desflorestamento pode impactar variações nas dimensões que contemplem de forma mais apropriada as relações de bem estar na zona rural. De acordo com a leitura atual foram identificadas as relações entre as variáveis que cercam o problema central e modelado o esforço teórico de investigação associado. No entanto, os fatores não diretamente observáveis a partir da análise empírica pode ser um modelo teórico apropriado para captar e descrever estruturas de relacionamentos dimensionadas por um conjunto de variáveis que asseguram mudanças nas condições de vida no meio rural.

Um tratamento diferenciado pretende incluir na discussão teórica que as conversões florestais quando divorciadas de um ciclo produtivo virtuoso, ao invés de ampliar

as fronteiras de produção e a capacidade instalada na zona rural, avultam ainda mais as imperfeições de mercado e funcionam como impedimentos objetivos para uma alocação ótima de recursos e as externalidades positivas de melhoria de renda e condições de vida para as comunidades não se realizam. Nestas condições as relações diretas entre a dinâmica de desflorestamento e as condições de vida estariam atreladas não apenas a escala das conversões, mais também a outros que descrevem sensivelmente as mudanças na estrutura econômica e nas relações sociais de produção.

No modelo teórico identificado pela literatura uma das causas diretas do desflorestamento foi a intensificação das intervenções antrópicas múltiplas e diferenciadas sobre a natureza, esse processo de antropização é a explicação mais antiga de perpetuação da espécie humana controlando o intercambio material com a natureza. O problema da escassez e a resposta imediata para a pobreza e o *trade-off* associado foi em parte resolvido pela apropriação e humanização da natureza, que teve como objetivo maior a materialização e transformação dos recursos ambientais (figura 1).

A dependência da natureza enquanto recurso material a ser transformado organizou e organiza a lógica de produção e reprodução material da sociedade ainda sob elementos básicos, entre os quais as conversões florestais, hoje principalmente concentradas em economias pobres. A lógica engendrada na discussão assegura que o avanço na floresta decorre da pobreza, e por meio do desflorestamento pretende-se melhorar a condição de vida (figura 1). Em estudos empíricos sobre o crescimento das atividades agrícolas em áreas rurais, o avanço das atividades pode diminuir os níveis de pobreza rural de forma direta melhorando a renda dos produtores (SARRIS, 2001).

A transformação da paisagem florestal em atividades produtivas assegura teoricamente o aumento da renda rural e seus desdobramentos sobre as condições de vida, esta medida pelo aumento do consumo médio e da renda média, variáveis que auxiliam de forma indireta as alterações experimentadas pelas comunidades. O indicativo da renda é a variável mais adequada para dimensionar a condição de vida e o lado esquerdo da Figura-1 resgata um pressuposto macroeconômico que assegura estas condições.

De um lado o aumento das conversões em atividades produtivas implica na maior transformação dos recursos naturais, de tal forma que:

$$Y = f(RN) \tag{1}$$

Em que:

Y = Renda Rural proveniente do crescimento das atividades produtivas;

RN = Disponibilidade de Recursos Naturais;

As variações no uso dos recursos elevam o nível de produção, principalmente em atividades intensivas em recursos naturais, e portanto o nível agregado de renda da economia. Nas economias rurais o crescimento da produção e renda se explica pela maior utilização dos fatores produtivos, com destaque para as conversões florestais que representam uma forma direta de remuneração e são utilizados como reserva de valor pelas comunidades, a tecnologia é uma variável fixa considerando a acessibilidade e disponibilidade de capital para investimentos, isto esclarece em parte o predomínio de variáveis quantitativas para explicar as condições de vida (figura-1).

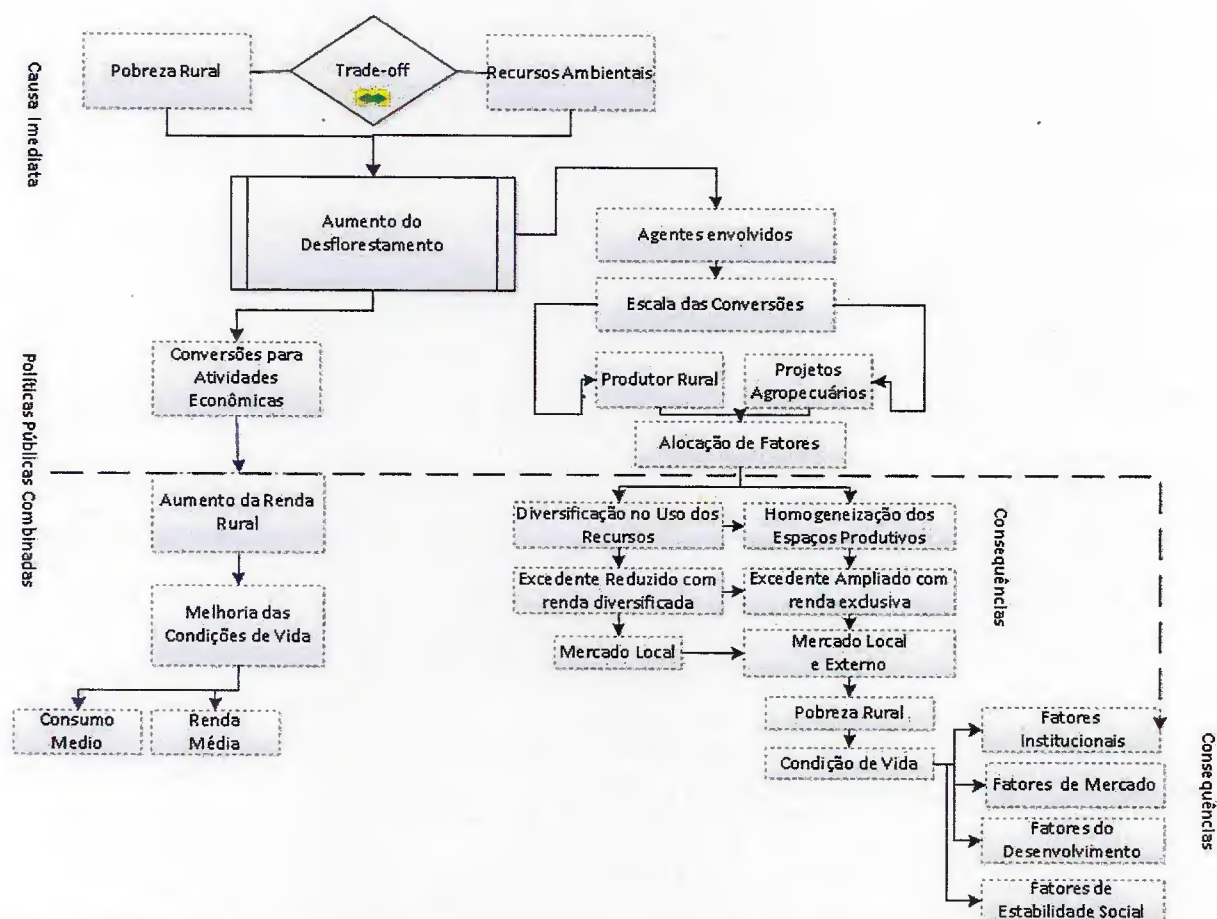


Figura 1: Modelo descritivo da relação desflorestamento e variações na condição de vida.

A condição de aumento do consumo médio nas economias rurais também se relaciona funcionalmente com a renda, ou seja, uma relação estável e diretamente proporcional tal como observado nas condições macroeconômicas da economia nacional (figura 1). Nas condições da produção rural, o fluxo real é praticamente todo integralizado na conversão de fluxo monetário, expandindo o consumo das famílias, que em alguns casos corresponde aos próprios produtores, a taxa de investimento necessário ao aumento da produção em suma é vinculado e dependente das condições e disponibilidade dos recursos naturais. A relação estável está demonstrada abaixo:

$$C = f(Y) \quad (2)$$

Em que:

C = Consumo Rural;

Y = Renda Agregada Rural.

Como o investimento rural é muito dependente da disponibilidade dos recursos naturais, a parte autônomo dessa categoria, ou seja, aquele investimento programado e planejado pelo produtor rural só se realiza no mercado na possibilidade de transformação da natureza, a parte monetário do investimento em geral é muito escassa na zona rural e depende de apoio do Governo via expansão das políticas de crédito, e ainda exige algumas garantias longe da realidade do produtor, e aqui a parte autônoma é mais importante para o produtor e pode ser demonstrado como:

$$I = f(RN) \quad (3)$$

Em que:

I = Investimento Autônomo Rural;

RN = Disponibilidade de Recursos Naturais.

Nesse sentido, a condição de vida limita-se teoricamente apenas pelo aspecto quantitativo da variação da renda rural, e a variável consumo é derivada da variação unitária da renda apresentando um elevado coeficiente técnico de propensão marginal a consumir na zona rural, tendo em vista que todos os fluxos monetários são rapidamente convertidos em

bens e serviços, dada a elevada dependência pela distancia de centros urbanos e condições de infraestrutura.

Os fundamentos da condição de vida na leitura esquerda da figura-1, é atrelada e limitada as melhorias quantitativas da renda média e do consumo médio das famílias, isto reflete um entendimento antigo da Economia Política que objetiva examinar a ação individual e social nos aspectos materiais do bens estar, a possibilidade da melhoria na condição de vida ligados a obtenção de elementos materiais (MARSHALL, 1890).

A interpretação da melhoria das condições de vida associada aos aspectos exclusivamente quantitativos sofre influências bem mais antigas, é possível associar os primeiros pensamentos econômicos ligados ao avanço das grandes navegações e da centralização política das economias, cuja principal objetivo era acumular metais preciosos (ouro e prata), pois isto deixaria uma nação rica e poderosa dentro da concepção da Política Mercantilista, que vigorou entre 1450 a 1750. Portanto, a renda como indicador adequado para medir a produção nacional, a partir da remuneração dos serviços prestados pelos fatores de produção foi adotado pelos modelos macroeconômicos para modelos rurais (FROYEN, 2005; HALL, 2003; LIEBERMAN, 2003; FISCHER, 1991; RUDIGER, 1991).

Nestas condições a condição de vida como variante exclusivamente quantitativa, poderia ser dado pela expressão abaixo:

$$CV = f(Y) \quad (4)$$

Em que:

CV = Condição de Vida Rural;

Y = Renda Agregada Rural;

O lado direito da figura1, também responde a alternativa conflitante de diminuição da pobreza e elevação das conversões florestais, no entanto, a identificação dos agentes e escala associada faz toda a diferença para analisar as mudanças nas condições de vida no meio rural, ou seja, o fluxograma teoriza que é por meio das conversões florestais em atividades produtivas que ocorrem mudanças nas condições de vida, sejam estas de cunho positivo ou mudanças negativas.

Ainda que haja um padrão das conversões associadas a determinadas áreas geográficas, esta dinâmica é muito rápida e pode trazer mudanças significativas no ambiente produtivo, pois a alocação dos fatores produtivos e a intensidade de investimentos pode induzir a mudanças na lógica de apropriação da terra e uso da floresta em favor de condições objetivas de mercado. Isto implica que a identidade do agente econômico e o tipo de conversão promovida pode trazer interpretações mais ampliadas e ajustadas sobre as variáveis que interferem na condição de vida (figura 1).

Quando as conversões são promovidas pelos produtores na zona rural, a disponibilidades dos fatores de produção limitam a curva de transformação desse agente, isto significa que a escala do desflorestamento é menor e apropriada para a manutenção exigida no futuro, que em geral implica na utilização da mão-de-obra familiar na condução dos roçados. De outro modo, a apropriação da natureza é mais diversificada e ajustada a complexidade exigida pelo meio ambiente, os ganhos não se restringem apenas ao processo de transformação da natureza, mais se estendem a apropriações de outra natureza e necessidade (figura 1).

Esta forma antiga e complexa de se relacionar com o meio ambiente não garante excedentes de produção elevados, mais a renda é proveniente de diferentes fontes, ou ainda o fato de utilizar produtos da floresta substitui a demanda por muitos produtos industrializados, em geral a produção se destina a mercados locais e quando ganha maior amplitude sofre a influência do atravessador que intermedia a produção, transporte e comercialização. Nesta escala, a carência de apoio é grande pela ineficiência produtiva, baixa qualificação do produtor e ausência de insumos em geral, a intervenção por meio de políticas públicas pode potencializar institucionalmente a melhoria das condições de vida para este segmento (figura 1).

Quando as conversões são lideradas por grandes empresas, a mudança não se processa somente na escala do desflorestamento mais também na alocação dos fatores e no desdobramento de utilização da floresta. Os projetos agropecuários tendem a homogeneizar os espaços produtivos pela expansão do monocultivo, em geral destinado a exportação e influenciado pelo grande capital, o excedente produtivo é visivelmente ampliado e dependente da atividade, o destino da produção sai da condição de mercado local para mercado externo e como a lógica de utilização dos recursos sofre mudanças amplas, ocorre transferência de um

modelo tradicional de exploração dos recursos para outro com diversos reflexos sobre as condições de vida (figura 1).

O meio ambiente preservado e com condições tradicionais de intervenção oferece uma condição de sobrevivência e redução do custo de vida e de desfrute de bens estar, entre as quais a disponibilidade de água e peixes, os recursos provenientes da floresta como frutos, caças e as amenidades rurais que combinadas com a utilização tradicional e ausência de políticas públicas representam as condições materiais para enfrentar problemas relacionados a pobreza e condição de vida no meio rural (figura 1).

O aumento do extrativismo pode estar associados a pobreza e piora nas condições de vida, isto porque a dinâmica do desflorestamento pode promover algum aumento na renda e na propensão marginal a consumir, mais não garante que os benefícios cheguem a todos os envolvidos no processo. O crescimento do desflorestamento em geral ocorre para aumentar a disponibilidade do fator terra, e a expansão das culturas trabalhadas na concepção de monocultivo pode promover uma maior demanda por aquele fator e elevar o preço de mercado das áreas já descampadas, permitindo desmobilização de agentes menores em favor dos grandes projetos agropecuários, o que inicialmente aumentaria o fluxo nominal de renda e retiraria a terra de quem dela sempre dependeu, refletindo piora nas condições de vida (figura 1).

Outro ponto é que o avanço dos grandes projetos demandam grandes áreas para o monocultivo e nem sempre as áreas disponíveis estão distantes das comunidades, o que significa que a expansão de grandes plantações ficam adjacentes as moradias e propriedades de pequenos produtores, de forma a pressionar ainda mais a venda destas propriedade e cumprir a estratégia de expansão do setor deixando o produtor desprovido de recurso para investir de acordo com a equação (3) e dependente das condições de subemprego oferecido pelos agentes agropecuaristas, nas condições favoráveis ao empregador e refletindo sobre as condições de vida rural.

O avanço de algumas atividades na perspectivas de grandes monocultivos em muitos casos prosperam e promovem o crescimento populacional para áreas próximas. O aumento da densidade demográfica sem o devido acompanhamento e suporte de políticas públicas combinadas eleva as condições de instabilidade social, e limitam institucionalmente

os serviços disponíveis ou disponibilizados eventualmente refletindo na piora das condições de vida na zona rural.

A expansão das conversões florestais em grandes projetos agropecuários pode promover uma desmobilização do fator terra que aliado a condições de ignorância de mercado, falta de especialização dos produtores, condições de pobreza do trabalhador rural podem o colocar em condições de aceitar qualquer tipo de emprego oferecido, reduzindo ainda mais a sua possibilidade de crescimento pessoal. Nesse sentido, a concepção de condição de vida requer um ajuste, seus determinantes e os fatores limitantes precisam ser ampliados, e seguem na proposição dada pela definição abaixo:

$$CV = f(Fi; Fm; Fd; Fes) \quad (5)$$

Em que:

CV = Condição de Vida Rural;

Fi = Fatores Institucionais;

Fm = Fatores de Mercado;

Fd = Fatores de Desenvolvimento;

Fes = Fatores de Estabilidade Social;

A ampliação desta concepção compreende uma realidade complexa no entendimento dos fatores que promovem as alterações nas condições de vida, e suas variáveis na zona rural ganham maior importância, principalmente para o entendimento da relação entre desflorestamento e a condição de vida, pois podem ser causa e também consequência da pobreza.

Os **fatores institucionais** correspondem ao nível de organização das comunidades rurais, a quantidade de serviços públicos institucionalizados disponíveis de forma permanente ou eventual nas comunidades, infraestrutura local e demais serviços públicos de apoio como assistência técnica, campanhas de saúde, entre outros. Quanto aos **fatores de mercado** são considerados as condições de venda do excedente, os preços dos produtos e a capacidade de produção do estabelecimento, a diversificação das fontes monetárias na propriedade rural e acessibilidade a mercados.

Com relação aos **fatores de desenvolvimento**, as variáveis consideradas são: a evolução da renda familiar; o crescimento do emprego na comunidade; a participação em programas sociais; o número de pessoas trabalhando na família e a oportunidade de trabalho, emprego e renda na comunidade. Por último, os **fatores de estabilidade social** em que o crescimento das atividades produtivas nas comunidades sob vários aspectos em geral promove aumento da população, e condições de conflito acabam acentuando-se, entre as quais, a disputa de terras, a deterioração das relações sociais de produção, o aparecimento de assaltos, atividades ilegais de tráfico de entorpecentes, entre outros que ameaçam a vida rural.

A ampliação do debate sobre os determinantes da condição de vida no meio rural devem estar condizentes e ajustadas com a realidade enfrentadas nos municípios, principalmente pelas condições atuais de crescimento de atividades produtivas ilegais, carência de mecanismos de fiscalização ambiental, e principalmente um conjunto de atividades que se expandem adjacente a este quadro de irregularidades, em que pese todo o seu efeito sobre as condições de vida rural.

MÉTODOS

Os impactos na condição de vida do município foram ampliados para uma discussão empírica que objetivou considerar e identificar outros elementos capazes de alterar a normalidade da curva de bens estar e concomitantemente ampliar as variáveis que normalmente são empregadas para classificar, comparar e avaliar as condições de vida. Um diferencial aqui proposto leva em consideração as características espaciais, e a combinação das diversas bases de dados ao trazer elementos dialéticos constitui a principal dificuldade a ser enfrentada.

A explicação das localizações do desflorestamento, suas aglomerações em escala e os seus impactos sobre as condições de vida exige um tratamento diferenciado, na medida que demanda procedimentos para separar o que representa concentração populacional, concentração produtiva de fatores não ligados a dinâmica do desflorestamento, e ao mesmo tempo de potencializar e empregar esforços quando as consequências forem oriundas das conversões. Portanto, a combinação de dados vetorizados sobre os focos e polígonos do desflorestamento em toda a zona rural do município de Moju foram tratados, mais de 15.000 focos interpretados e combinados com o principal ajuste vetorizado, a pesquisa de campo com

entrevistas diretas as famílias rurais, que nesta proposta constituem o principal agente independente para responder a questão central deste artigo.

A ESTRUTURA, FONTES E A BASE AMOSTRAL

Quanto a Estrutura

O desenho estrutural da pesquisa com base em seus objetivos é do tipo **pesquisa descritiva**, no entanto cabe explicitar que a particularidade desta, em especial, é que a mesma encontra-se no limiar das **pesquisas explicativas**, quando amplia a sua abordagem para além da simples identificação de relações funcionais entre variáveis e investiga objetivamente a natureza e a lógica dessa relação permitindo uma nova orientação sobre o problema, esse tipo de pesquisa está sensível às questões e repercussões práticas e como os fenômenos evoluem na realidade observada (GIL, 1999).

A estrutura da pesquisa de forma mais ampla apresentou o método de abordagem hipotético dedutivo cercado as questões centrais com hipótese e pela inferência dedutiva, e ao mesmo tempo indicando a possibilidade do preenchimento de lacunas no trato das questões (LAKATOS, 2012). Existe a possibilidade de combinação dos métodos indutivo e dedutivo, a escolha de um não necessariamente exclui a utilização do outro na pesquisa, e aqui seria perfeitamente aplicável tal combinação de métodos, no entanto nesta pesquisa é mais forte a elaboração de princípios e pressupostos que serão obviamente testados empiricamente em torno dos conceitos de dinâmica do desflorestamento e condição de vida rural (GRAY, 2012).

Em termos mais restritos e situados em nível de ciências sociais o método de procedimento empregado foi o histórico e comparativo (LAKATOS, 2012). O primeiro abordagem refere-se a uma condição que permite entender a dinâmica das conversões florestais na zona rural e compreende-las dentro de um contexto e o segundo procedimento combinado estabelece as condições de classificação, avaliação dentro de contextos parcialmente semelhantes ou completamente diferentes.

Quanto as Fontes Utilizadas

A pesquisa de campo empregou o instrumento de entrevista informal com perguntas abertas já com o objetivo de situar o problema de pesquisa a ser respondido, inicialmente para estabelecer alguma interação social e aplicação subsequente da técnica de documentação direta extensiva, ou seja, formulário com roteiro de questões diretas e de

múltipla escolha estruturado e organizado de forma sistemática enunciadas pelo pesquisador e também por ele explicadas quando assim couber (LAKATOS, 2012).

As vantagens do formulário se estendem inclusive ao tratamento estatístico onde foi possível trabalhar as ponderações e escalas de intensidades para responder o problema central. O formulário foi validado depois da quadrigésima quinta família entrevistada, pois foi necessário mudar a forma das questões e validar as correlações estatísticas pelo menos ao nível de 5% de probabilidade e compreender um nível de variância explicada mínima exigido para as pesquisas de forte embasamento social.

Os dados primários compreendem o elo principal entre as afirmações levantadas pelo pesquisador e a identificação de novas estruturas de análise e conteúdo que por ventura aparecem nas respostas dos entrevistados. Isto significa, que desde a elaboração do formulário, passando pela sua validação e novo ajuste em campo, até a definição estatística da amostra, com suas devidas aplicações, conclusões e extrapolações estatísticas e de conteúdo, a pesquisa vai ganhando contorno experimental, o que reforça o conteúdo de uma pesquisa descritiva no limiar da explicativa (figura 2).

A preparação para o levantamento dos dados primários envolveu diversas etapas, e o ajuste para definição do objeto de investigação foi avaliado em conjunto com os dados secundários, assim como as etapas de validação dos questionários em campo desenvolvendo técnicas de abordagem e de manutenção da atenção do entrevistado, até a conclusões com suas considerações sobre a realidade investigada. A base de dados resultante do levantamento de campo deverá migrar para um formato de extensão *shape file*, na intenção de estabelecer uma futura álgebra no banco de dados geográficos (figura 2).

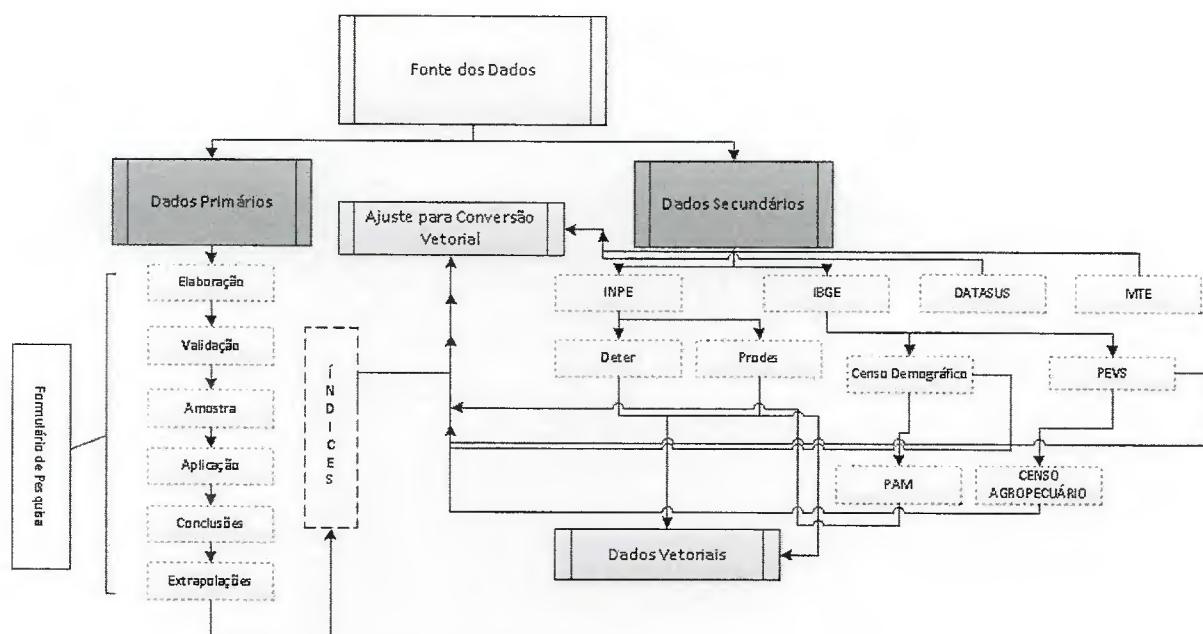


Figura 2 Fluxograma do emprego das fontes de pesquisa e natureza dos dados

O componente secundário da base de dados compreende não apenas as fontes com banco de dados estatísticos, mais também a base de referências utilizadas como periódicos nacionais, internacionais, pesquisas, teses e dissertações, entre outras. No aspecto quantitativo, o Instituto Espacial de Pesquisas Espaciais – INPE por meio do projeto de Detecção do Desmatamento em Tempo Real – DETER e do Sistema de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal – PRODES disponibiliza a base de dados em formato vetorial assim como algumas imagens do tipo *Landsat*, *Modis*, e a possibilidades de mapas temáticos sobre a área de estudo (figura 2).

A outra parte dos dados secundários disponibiliza vários estudos e pesquisas sobre a área de interesse, e sua utilização só foi possível pela compatibilização espacial da informação. Atualmente os recursos da geoinformação e de ferramentas de *software* livres foi possível traduzir a informação geográfica para o computador, ou seja, a diversidade de informações passou a ser discutida no âmbito geográfico a partir de representações computacionais (CAMARA, 2005).

Os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas – IBGE compuseram a base de dados geográficos por meio das pesquisas de Censo Demográfico de 2010 incluindo a última contagem da população e os dados disponibilizados por setor censitário, a pesquisa de Extrativismo Vegetal e Silvicultura – PEVS, o Censo Agropecuário que inclui o número de

estabelecimentos agropecuários e suas atividades e dentro da plataforma do Banco de Dados Agregados – SIDRA da instituição foi utilizado a Pesquisa Agrícola Municipal – PAM e a migração para o componente vetorial (figura 2).

Outros órgãos federais como o Ministério de Trabalho, Emprego e Renda – TEM, disponibiliza os dados que ajudam a compreender a dinâmica das atividades econômicas no município, indicando a concentração de estabelecimentos por atividade, a concentração do emprego por atividade e a massa salarial, ou seja, o nível da remuneração de cada atividade e por ultimo a base de dados da saúde pública, o DATASUS (figura 2).

A disponibilização de todas as informações em formato vetorial tem um sentido multiplo, de um lado pretende-se conferir ao espaço geográfico a importância que ele tem na configuração de dinâmicas espaciais, de outro a visualização das dinâmicas de desflorestamento precisam ser interpretadas com as mudanças nas condições de vida levantadas a partir da percepção dos entrevistados. Algumas concentrações de atividades econômicas, populações e outros arranjos se estabelecem no espaço geográfico e esta concentração espacial cria e reproduz um ambiente favorável com conexões e causalidade circular (FUJITA; KRUGMAN; VENABLES, 2002).

Quanto a Base Amostral

O universo da pesquisa é constituído pela população rural residente do município de Moju, que de acordo com o Censo Demográfico de 2010 apresenta disponibilidade de base vetorizada na menor unidade territorial formada por área continua, o setor censitário. A disponibilidade desse tipo de informação permitiu a integração em um ambiente de dados geoespaciais e a definição exata dos limites coincidindo com as imagens orbitais e a geração de shapes de adensamentos rurais.

Os temáticos dos adensamentos rurais foram os primeiros produtos para estabelecer quais seriam as áreas geográficas que a pesquisa deveria começar e qual seria o esforço necessário para definir o número de entrevistados naquela área específica, afim de manter a representatividade da amostra. O documento base do plano amostral do censo demográfico 2010 definiu no seu arquivo agregado a situação rural com os códigos, 4, 5, 6, 7 ou 8, onde se identifica o aglomerado rural de extensão urbana, o aglomerado rural isolado e definido como povoado, o núcleo, outros aglomerados e a zona rural, todos os dados cruzados

com a variável pessoas residentes – V14, contemplam o universo deste artigo (ALBIERI; FREITAS, 2010).

O universo rural de acordo com a manipulação dos micro dados do IBGE identificaram uma população rural de 44.856 pessoas residentes correspondendo a mais de 64% da população do município e 49 dos 71 setores censitários encontram-se na zona rural, o que corresponde a 69,01% de cobertura da área geográfica do município. O processo de amostragem adotado é o probabilístico, de tal forma que pode-se considerar qualquer residente rural como um potencial entrevistado, por isso a definição da representatividade da população, ou seja, a amostra deve estar de acordo com o erro amostral (SARTORIS, 2003; DOWNING, 2005; CLARK, 2005).

O calculo amostral foi realizado com objetivo de validar considerações para o universo observado sem perder de vista as exigências estatísticas de minimizar o erro e atender a significância exigida para levantamentos de natureza social (LEVIN, 1987; LEVINE, 2000; BERENSON, 2000; STEPHAN, 2000) . Com base nas informações acima e considerando como universo populações infinitas, a amostra foi determinada pela expressão abaixo:

$$n = \frac{N \partial^2 Z^2}{\partial^2 Z^2 + (N-1) \epsilon^2} \quad (5)$$

Em que:

n = Número de indivíduos na Amostra;

N = Universo rural ou número de residentes na zona rural;

∂^2 = Variância da Amostra;

Z = Valor crítico que corresponde ao grau de confiança exigida, neste caso, variável normal padronizada associado ao nível de confiança;

Para uma amostra aleatória simples de universo infinito, onde foi admitindo um erro amostral máximo de ($\epsilon=5\%$), e um nível de confiança de ($Z=95\%$), e variância padrão da amostra para um universo da população rural de 44.856 pessoas residentes nos domicílios, o

tamanho mínimo estimado da amostra observando os valores críticos associados ao grau de confiança estabelecido é de (n= 380), residentes na zona rural.

Esta amostra partiu do universo da população rural do município de Moju e a utilização da variável tempo foi fundamental para entender as mudanças no período de 2000 a 2010, o que reflete mais fielmente os acontecimentos e ajuda a compreender a realidade das comunidades, principalmente porque a base empregada está vetorizada e isto implica em definir as áreas mais adensadas dentro da divisão espacial dos setores censitários proposta pelo IBGE, por meio do censo demográfico de 2010.

AREA DE ESTUDO

O universo da pesquisa de campo foi estabelecido no município de Moju, e de acordo com os dados do IBGE, se localiza na Mesorregião do Nordeste Paraense e Microrregião de Tomé-Açu, apresentando as seguintes coordenadas geográficas, na latitude sul 01°53'10" e 48°46'00" de longitude oeste. A zona rural do município, compreende mais de 90% da área total do município, que possui uma fisiografia atual de 9.093,85 Km² de área, pertencendo atualmente a região de integração do Baixo Tocantins (figura 3).

Pela grande extensão territorial da zona rural, muitos municípios fazem fronteira com Moju e estabelecem inúmeros vínculos sociais e produtivos, e a dinâmica de desflorestamento e atração demográfica é muito intensa nestes limites. Em termos geográficos, o município de Moju limita-se: ao norte com Abaetetuba e Barcarena; ao sul com o município de Breu Branco; a leste os municípios são Acará e Tailândia e na sublocalização de oeste faz fronteira com os municípios de Baião, Igarapé-Miri e Mocajuba (figura 3).

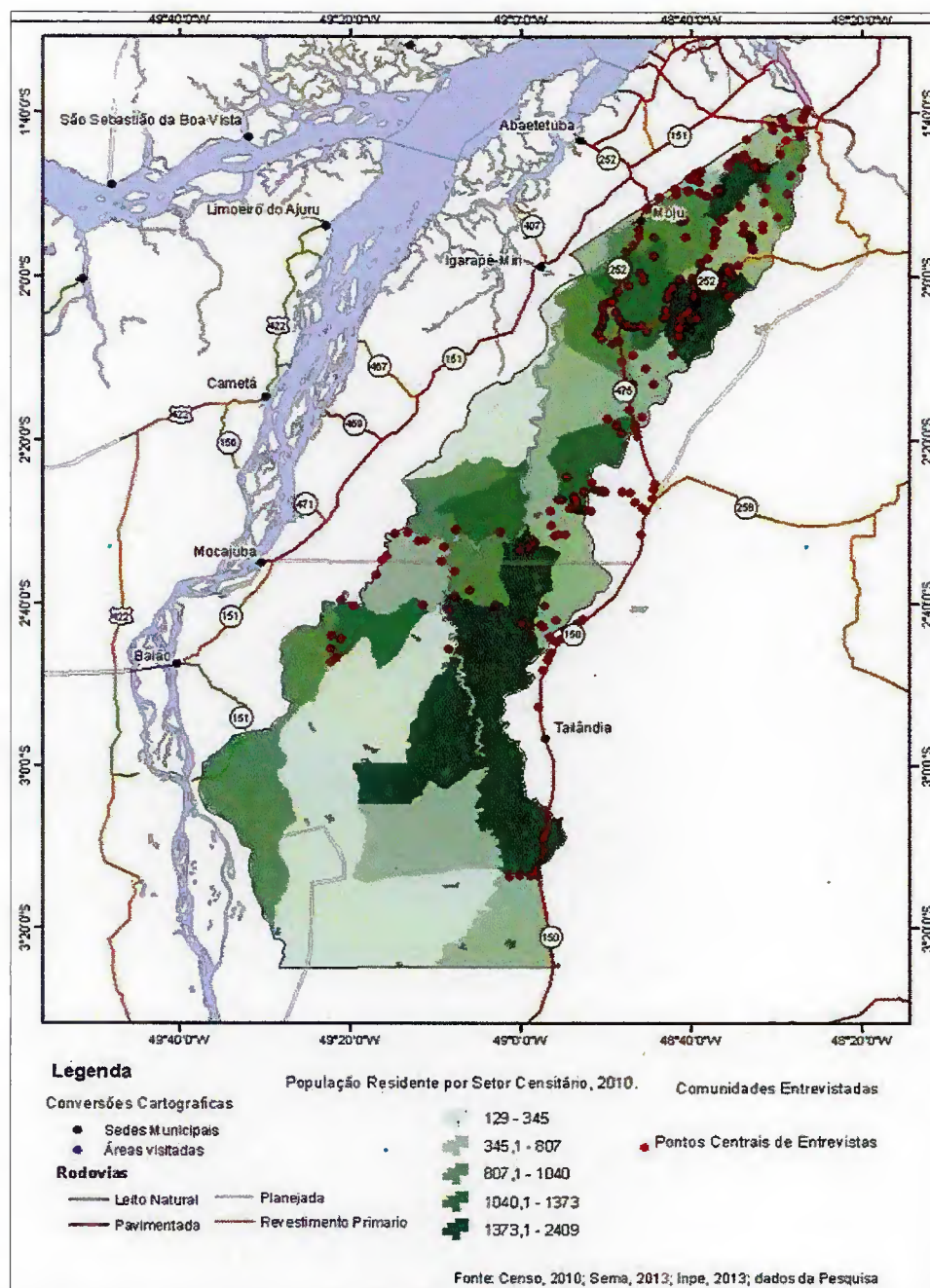


Figura 3. Área de estudo e identificação das comunidades visitadas e entrevistadas pela pesquisa de campo.

As maiores densidades demográficas encontram-se exatamente entre os limites municipais, onde a disponibilidade de malhas rodoviárias e a locomoção é maior, assim como a infraestrutura de apoio e serviços públicos. A variável densidade na zona rural influenciou na escolha dos trechos para aplicação de questionários, aumetando a coincidência dos pontos de coleta nos limites de cada setor censitário, ao todo foram 122 comunidades entrevistadas com distribuição aleatória e principalmente compreendendo espacialmente as áreas de consolidação do município (figura 3).

O município possui atualmente segundo a metodologia de espacialização do último censo demográfico uma população de 70.018 pessoas, das quais 64,06% encontra-se na zona rural, correspondendo ao universo da pesquisa com 44.856 pessoas residentes em domicílios rurais. Quanto aos setores censitários, que corresponde a menor unidade geográfica de análise demográfica, o município de Moju possui 71 setores em toda a área fisiográfica e conta com 69% deles situados na zona rural do município.

As áreas em verde na figura com diferentes intensidades representam o conjunto dos setores censitários e a sua distribuição geográfica no município, assim como a tonalidade de cor representa o indicador demográfico de densidade populacional, os setores com menor densidade apresentam de 129 a 345 pessoas e as áreas mais densas na zona rural apresentam uma escala que inicia com 1.373 e pode chegar até 2.409 pessoas, o que representou um indicativo objetivo para a estratégia operacional para aplicação de questionários.

TRATAMENTO DOS DADOS E ANÁLISE MULTIVARIADA

A (figura 2) descreve a etapa de como os dados devem ficar até o momento de aplicação da metodologia de análise, no entanto a descrição de seu tratamento até a conversão vetorial será anunciada nesta seção. A combinação de dados qualitativos e quantitativos exige a aplicação de um método de análise simultânea para captar as interações entre o conjunto das variáveis observadas, que ao mesmo tempo seja capaz de sumarizar e permitir processos de hierarquização e identificar relações subjacentes.

A aplicação de questionários reuniu um total de 67 perguntas, incluindo perguntas abertas (3% do total), e fechadas de múltipla escolha compreendendo 97% do questionário, as perguntas partiram de um fluxo lógico e sequencial e foram semiestruturadas para obtenção de níveis de classificação, o que permite um ajuste com a forma de trabalhar conjuntamente dos dados. O tratamento qualitativos e quantitativos dos dados da pesquisa de campo foram decompostos em unidades menores e revelados os elementos que caracterizam as suas estruturas latentes (DEY, 1993).

As técnicas de Análise Multivariada contemplam dois aspectos importantes na pesquisa, por um lado atendem perfeitamente a nova dimensão teórica de mensuração da condição de vida rural no município de Moju, e de outro se apresenta como método de análise

eficiente pela capacidade de ajustamento quando valores e percepções dos entrevistados fazem parte do processo de informação a ser buscada pela pesquisa.

A aplicação das técnicas de análise multivariada via método dos componentes principais e aplicação do método *Varimax* de rotação ortogonal dos fatores sendo validada com 24 variáveis, a combinação linear das variáveis originais foram agrupadas em fatores ou variáveis latentes, sumarizadas em menor quantidade, com a função de explicar a estrutura de correlação da base de dados pesquisada (BEZERRA, 2009). O modelo padronizado e a descrição das hipóteses clássicas de avaliação das estruturas de correlações é apresentado em formato matricial pela seguinte expressão (DILLON; GOLDSTEIN; 1984).

$$\mu_i = \psi_i F + e_i \quad (6)$$

Em que:

$$\mu_i = \begin{bmatrix} \mu_{i1} \\ \mu_{i2} \\ \dots \\ \mu_{in} \end{bmatrix}; \psi_i = \begin{bmatrix} 1 & \psi_{i11} & \psi_{i1k} \\ 1 & \psi_{i21} & \psi_{i2k} \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & \psi_{in1} & \psi_{ink} \end{bmatrix}; F = \begin{bmatrix} F_0 \\ F_1 \\ \dots \\ F_n \end{bmatrix}; \epsilon = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \dots \\ e_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

Descritas como:

μ_i = é a variável i analisada ou valores observados na pesquisa ou ainda o vetor transposto com dimensão $(n \times k)$, denotado por $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n)$, a chamada matriz de respostas;

ψ_i = é a constante o modelo, às correlações da matriz do tipo $(n \times k)$, das constantes desconhecidas, denominadas de cargas fatorais, sendo fixos seus elementos com variância constante (SANTANA, 2005);

F = é o fator, denotado por $F = (f_1, f_2 \dots f_n)$, sendo $q < p$;

e_i = significa o vetor de componentes residuais, denotado por $\epsilon = (e_1, e_2, \dots e_n)$ e assume-se a condição satisfatória do Modelo de Regressão Linear Clássico – MRLC 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 $V(\epsilon) = \sigma^2 I$ (FUREI, 1993).

Outras hipóteses exigidas são, a não autocorrelação entre os erros $cov(\epsilon_t, \epsilon_h) = 0, \forall (t \neq h)$; 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 (CORRAR, 2009; PAULO, 2009; FILHO, 2009).

O fluxograma do ajuste dos dados revela em maior detalhe os procedimentos de combinar as abordagens qualitativas e quantitativas da pesquisa. O método da análise fatorial suporta muito bem o contradição e o desenho de métodos mistos foi apropriado porque o questionário da pesquisa foi construindo com perguntas correlacionadas, em que o destaque são as relações funcionais e não necessariamente de causas e efeitos sobre as variáveis (figura 4).

O procedimento prossegue com ajustes nas variáveis mais associadas ao processo de medição dos aspectos amplos da condição de vida, e depois estimadas pelo modelo estatístico anunciado pela equação 6. O estabelecimento de parâmetros, exigem maior isolamento dos fatores pela técnica de extração *Varimax* de forma ortogonal, que objetiva de imediato definir com maior precisão os fatores subjacentes e estabelecer a variância explicada por cada fator em relação a variância comum da base de dados pesquisada (figura 4).

Os resultados apresentados fornecem o relacionamento identificado na estrutura de dados da pesquisa, ou seja, a identificação de dimensões de variabilidade comum que podem sugerir fenômenos não observáveis diretamente e que estejam relacionados com a ampliação da discussão dos fatores de medição da condição de vida rural. O reagrupamento em número menor de fatores pode trazer benefícios diretos sobre a representação do conjunto de dados e ampliar a significância estatística do fenômeno (figura 4).

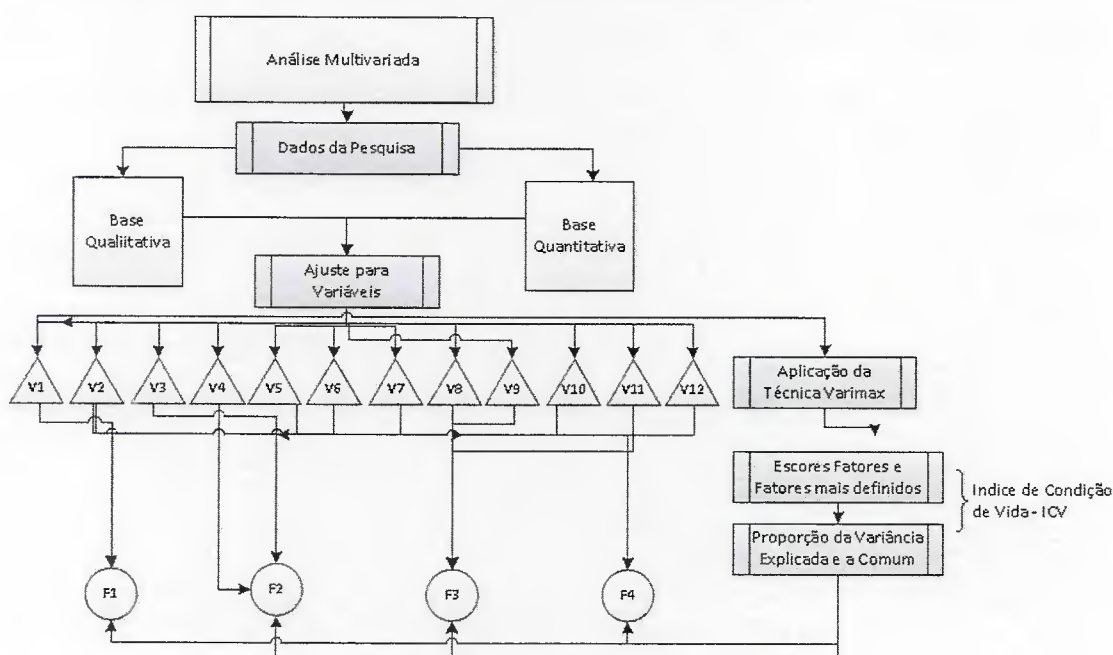


Figura 4. Tratamento dos dados e ajuste da análise multivariada

Nesse contexto, os fatores latentes identificados pelo modelo de análise fatorial foram combinadas de forma linear, com o objetivo de descrever as relações funcionais que pudessem hierarquizar, comparar e analisar espacialmente os dados oriundos de diferentes comunidades rurais. A procedimento empregado foi a combinação entre os escores fatoriais definidos após a aplicação da técnica *Varimax* associada de forma linear com o poder de explicação do fator latente e sua proporcionalidade de explicação da variância comum, denotando o seu peso de importância na explicação dos fenômenos observados (figura 4).

O processo comparativo dos fatores e o poder de contribuição de suas respectivas variáveis integrantes desenham a combinação linear do Índice de Condição de Vida – ICV adaptado devida as suas particularidades, dos trabalhos de Santana (2007). Este autor desenvolveu metodologia para construir um índice de desempenho competitivo para as empresas vinculadas a indústria de polpa de frutas utilizando a proporção da variância explicada de cada variável latente em relação a variância total, e posteriormente dimensioná-la linearmente para determinar o peso dos escores fatoriais associado a cada variável, a expressão matemática proposta para este fim, depois de algumas adaptações foi a seguinte:

$$ICV_t = \sum_{j=1}^q \left[\frac{\lambda_j}{\sum_j \lambda_j} (FP_{ij}) \right] \quad (8)$$

Em que:

λ = é a variância explicada para cada fator;

$\sum \lambda$ = corresponde a soma total da variância explicada pelo conjunto dos fatores;

FP = escore fatorial padronizado;

A padronização dos fatores foi associada aos pontos de coleta de dados, ou seja, correspondem as unidades básicas denominadas de comunidades rurais, na medida em que representam o espaço geográfico que refletem as mudanças nas condições de vida com reflexos comparativos entre as áreas pesquisadas. O critério de padronização utilizou a função crescimento para nivelar as escalas de comparação de 1 a 3, estabelecendo 21 níveis de classes, hierarquizados e classificados com combinações apropriadas para as intensidades de vermelho (*Red*), verde (*Green*) e azul (*Blue*). A expressão correspondente a função crescimento é descrito pela equação:

$$Z = \beta * \sigma^x \quad (9)$$

Em que:

Z = corresponde a matriz de valores conhecidas, neste caso representada pelos índices de condição de vida estimado anteriormente para cada comunidade;

β = valores estabelecidos na relação que correspondem a padronização dos índices de condição de vida, identificando o valor mínimo, a média da série e valor máximo da base compreendida;

σ = variáveis em formato de valores a serem definidos, neste caso [1,2,3] para os quais a função fará a previsão exponencial e retornará novos valores para Z .

MÉTODO DE ANÁLISE

Para aplicação do modelo de regressão de análise espacial foram estabelecidas alguns critérios adicionais, que anteriormente não haviam sido detectados, dada que a necessidade ocorreu para estimativa dos parâmetros. A base vetorial do desflorestamento, uma das variáveis independentes das relações aleatórias do modelo proposto dispõe de 23.743 mil polígonos ao longo do período de 2000 a 2010.

Nesse sentido, a aplicação da metodologia de análise exigiu um ajuste espacial diferenciado, pois as coordenadas das comunidades deveriam ser a mesma das conversões florestais, e com base no questionário de campo foi estabelecido que a interferência geográfica do desflorestamento impacta com maior precisão num raio de até 20 Km, ou seja, as conversões florestais com distâncias acima, representam influência altamente decrescente e sem evidências constatadas na base de dados primária.

Com intuito de representar com maior precisão a realidade rural e as alocações dos produtores, foi estabelecido um *buffer*, que consiste num procedimento cartográfico para definição de área de atuação, ou de extensão de efeitos relacionados ou outros objetivos que a pesquisa queira estabelecer. São representados de forma elementar por círculos ou outra figura mais apropriada, estabelecidos ao redor de vértices ou segmentos paralelos cuja finalidade é a geração de polígonos limitantes.

Foram criados vários *buffer*, sobre os vértices das comunidades rurais limitando até num raio de 20 Km a interferência dos efeitos do desflorestamento. As conversões acima

deste raio seguem como parâmetros em shapes estabelecidos pelos grandes projetos e também foram analisados de forma qualitativa pelo cruzamento vetorial, e as escalas das conversões nos limites dos raios são oriundas de dinâmicas de roçadas e outra que estão mais diretamente relacionados com a comunidades, objeto de avaliação neste artigo.

O procedimento em ambiente de SIG, compreende apartir de um cruzamento vetorial a união de polígonos georreferenciados com os pontos das comunidades como referência espacial. A continuidade das funções exigiram a combinação dos elementos pontos, círculos e shapes do desflorestamento, assim como os limites de cada um deles considerando a intersecção e o *shape* de área total do município, estas funções forma todas desenvolvidas em ambiente SIG e seguiram critérios estabelecidos pelos programas de conversões, sendo necessário a aplicação de procedimentos conjuntos com outros *softwares* (figura 5).

O estabelecimento do *buffer* objetivou preservar o efeito direto das conversões florestais em diferentes escalas sobre a nova área estabelecida, a variável quantitativa do desflorestamento em metros quadrados foi convertida para Km^2 para ajustar tecnicamente a leitura dos parâmetros da variável independente (conversões florestais). O valor estabelecido para esta variável partiu da área coincidente com o novo polígono estabelecido sob recorte de um *clip*, procedimento adotado para inferir áreas interna referente ao limite pré-determinado (figura 5).

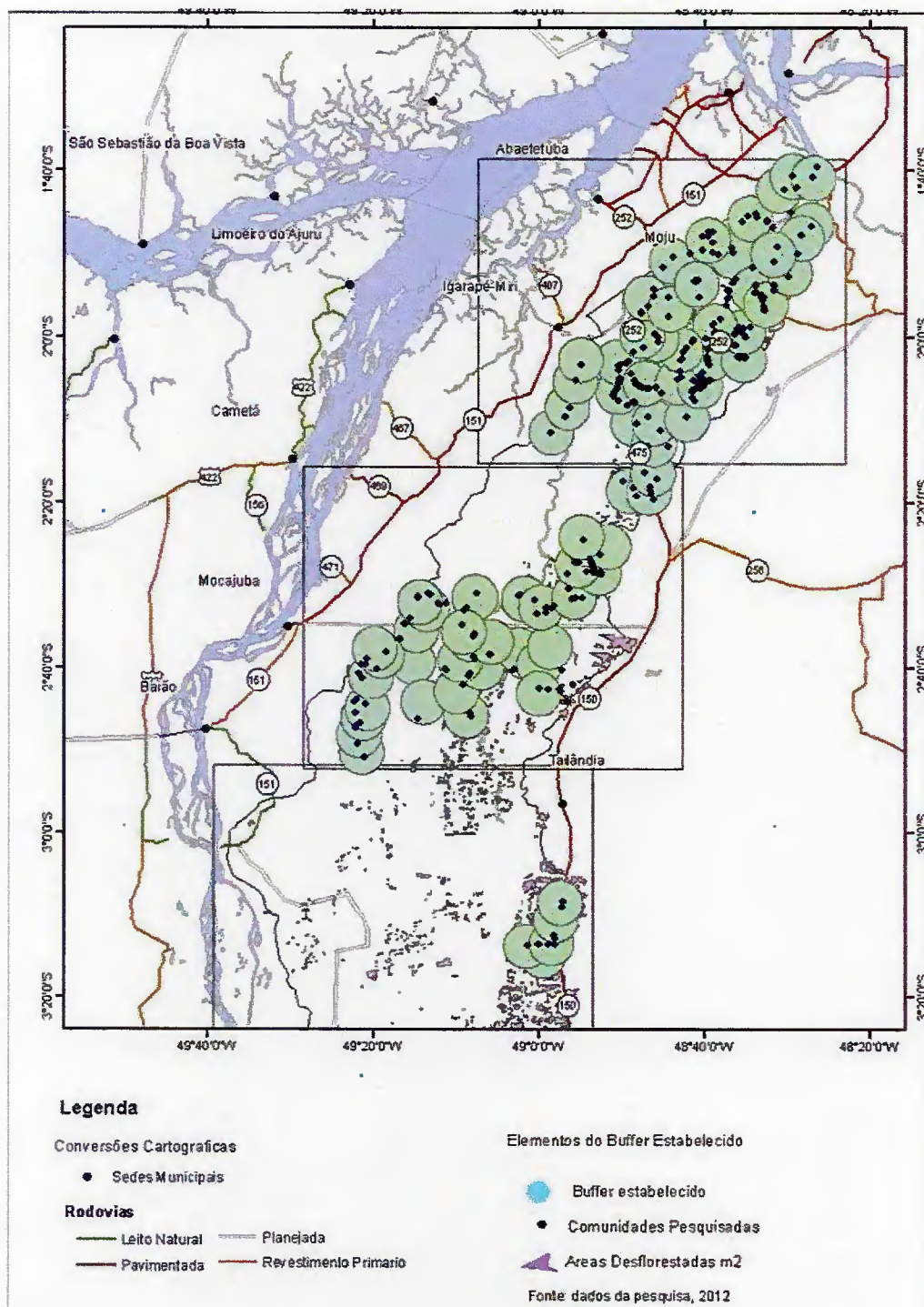


Figura 5. Estabelecimento de área de *Buffer* usando as bases das comunidades visitadas como referência de campo de influência.

A medida de distância entre objetos foi estabelecida em Km apresentando zonas com definição pré-ajustada e com os elementos de pontos das comunidades, já definidos no questionário de campo. Portanto, o objetivo deste procedimento foi a elaboração de um mapa de distância para recorte quantitativo futuro a partir de sua grade de valores de distancias combinadas com as escalas do desflorestamento, fatiadas posteriormente em unidades

menores e coincidentes com o raio do *buffer* estabelecido para cada comunidade e visualmente plotados em três quadrantes norteadores (figura 5).

Como a base de dados do questionário investiga o período de 2000 a 2010 das conversões e seus efeitos sobre as condições de vida rural, a dinâmica do desflorestamento constitui a média aritmética dos novos shapes estabelecidos e recortados a partir da área definida em *buffer*. Isto significa, que para efeito de cálculo a média considerada foi aquela estabelecida por cálculo estatístico vetorial dos polígonos interiores ou recortados que fazem intersecção com os efeitos abrangentes das conversões florestais para as comunidades rurais (figura 5).

A Modelagem Espacial

Com o objetivo de identificar o grau de influência e a magnitude de resposta das conversões florestais em relação a variação do índice de condição de vida numa definição ampliada, e mais precisamente qual tem sido o efeito direto do desflorestamento no período de 2000-2010 geograficamente definido pelo raio estabelecido no *buffer* de 20 Km em seção anterior sobre as mudanças associadas espacialmente nas condições de vida rural influenciadas ou não pela variável independente.

As variações nas condições de vida foram analisadas levando em consideração as suas influências geográficas, ou seja, admite-se que espacialmente ocorra heterogeneidade dos determinantes da condição de vida rural provocado pela medida das diferenças nas escalas do desflorestamento, aqui exercendo associação geográfica e caracterizado como variável explicativa no modelo. A aplicação do modelo reside na necessidade de apresentar parâmetros diferenciados para as áreas estudadas, diferenciando de um modelo de regressão linear onde o método dos mínimos quadrados oferece parâmetros constantes (FOTHERINGHAM; BRUNSDON; CHARLTON; 2002).

O modelo aplicado foi o *Geographically Weighted Regression - GWR* com a escolha do efeito espacial local ajustado a base de dados da pesquisa refletindo a heterogeneidade dos parâmetros estimados, mapeando indícios de ruptura da independência e presença acentuada nos resíduos de autocorrelação espacial (CHEN, 2012; TRUONG, 2012; WEI, 2012; FREI QI, 2012).

Portanto, o emprego do modelo espacial permitiu ajustadamente oferecer resultados apropriadas para identificar mudanças geográficas nas condições de vida rural a partir de tendência espacial contínua, e a presença de coeficientes variantes espacialmente, o modelo de Regressão Geograficamente Ponderada – GWR com efeito local é apresentado a seguir depois de adequações sobre o modelo clássico de regressão linear dos mínimos quadrados ordinários- MQO:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i X_i + \epsilon \quad (10)$$

Em que:

Y = corresponde a variável dependente;

β_0 = é o intercepto;

β_i = é o parâmetro estimado, ou coeficiente técnico da variável explicativa X_i ;

p = é o número de variáveis independentes;

ϵ = é o componente aleatório;

O modelo descrito acima estima parâmetros globais, não observando os fenômenos espaciais, e estimados na sua individualidade geográfica criando uma limitação para explicar as variações do fenômeno quando a base é trabalhada em dados de SIG (TU JUN, 2008; XIA, 2008). Como o pressuposto da não correlação dos resíduos é constantemente violado, o modelo acima precisou ser ajustado para responder ao objeto deste artigo, promovendo as alterações assim descritas no modelo:

$$Y_j = \beta_{0(Uj,Vj)} + \sum_{i=1}^p \beta_{i(Uj,Vj)} X_{ij} + \epsilon_j \quad (11)$$

Onde:

(Uj, Vj) = são as coordenadas para cada j localização;

$\beta_{0(Uj,Vj)}$ = corresponde ao intercepto para a localização j ;

$\beta_{i(Uj,Vj)}$ = é o parâmetro local estimado para a variável independente X_{ij} na posição geográfica j ;

Os componentes aleatórios estimados pelo modelo mediram as relações entre a variável explicada condição de vida rural, quantificada pelas cargas fatoriais e transformadas em índice ajustado a função crescimento, e a variável explicativa conversões florestais que refletem a escala do desflorestamento na zona rural de Moju assegurada as variações geográficas. Portanto, adaptando a equação (11) para o modelo de GWR estimado, tem-se:

$$ICV_j = \beta_0_{(U_j,V_j)} + \sum_{i=1}^p \beta_i_{(U_j,V_j)} Desf_{ij} + \epsilon_j \quad (12)$$

Onde:

(U_j, V_j) = são as coordenadas coletadas na pesquisa para cada j localização;

$\beta_0_{(U_j,V_j)}$ = corresponde ao intercepto para a localização j;

$\beta_i_{(U_j,V_j)}$ = é o coeficiente técnico local estimado para a variável independente $Desf_{ij}$ na posição geográfica j;

$Desf_{ij}$ = é a variável independente do desflorestamento na posição geográfica j.

A calibração do modelo sofre influência da ponderação de todas as observações em torno de um ponto de amostragem, usando uma função de decaimento relativo a distancia, ou seja, tal como nas relações espaciais, observações mais próximas do ponto amostral exercem maior influencia sobre o parâmetro local estimado (TU JUN, 2008; XIA, 2008; SUNDING, 2010; SWOBODA, 2010). Uma forma de descrever esta influência geográfica, seria por meio de uma função de ponderação usando o forma exponencial descrita pela equação abaixo:

$$W_{ij} = \exp(-d_{ij}^2/b^2) \quad (13)$$

Onde temos:

W_{ij} = corresponde ao peso da “j” observação para a “i” observação;

d_{ij} = é a distancia da entre a observação “i” e “j”;

b = é *Kernel* de largura de banda.

Para outros ajustes do modelo foi adotado o índice do tipo *Kernel* fixo, onde o núcleo é reconhecido como uma distância padrão para resolver cada análise de regressão

local. Com relação a matriz de pesos foi adotado padrão aleatório (*random*), no entanto a calibração se deu pela proporcionalidade de observações que foram contempladas pela definição espacial do *buffer* estabelecida em seção anterior, pois o número de polígonos e as escalas correspondentes já estão definidas pela base vetorial empregada no modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo foi dividido em duas subseções. A primeira responde ao objetivo da análise multivariada na medida que identifica os fatores latentes resultantes das análises simultâneas da aplicação do formulário de pesquisa, a sumarização das variáveis com perdas mínimas de informação foram etapas cruciais para assegurar a explicação da variância total dos dados e a proposição de ranquiamento da condição de vida rural, a partir do índice comparativo. A segunda subseção, estima o modelo espacial de regressão geográfica ponderada e apresenta a condição de vida rural como variável explicada e o desflorestamento como variável explicativa, e plota as informações respeitando os coeficientes técnicos ou parâmetros estimados para cada unidade espacial.

ANÁLISE FATORIAL

A explicação simultânea das variáveis pelos fatores ortogonais apresentou significância estatística com diversos índices acima de 0,7, combinados com p-test próximos de zero satisfazem o diagnóstico de obtenção de uma boa Análise Fatorial – AF. De outro modo, a validação geral do modelo de aplicação da AF a partir da base de dados de campo foi confirmada com o teste mais específico de Kaiser-Meyer-Olkin – MKO, que nesta análise de interdependência apresentou resultado de ($KMO = 0.814$), bem acima de um KMO da ordem de 0,5, exigência mínima para validação dos dados originais, e esfericidade com (p-valor = 0,0001) de significância.

A Extração de fatores

O modelo de raiz latente foi empregado para definir os fatores subjacentes que explicam a análise de interdependência. O modelo inicial utilizou 67 variáveis para 403 casos obedecendo a base completa dos questionários aplicados, posteriormente em função do poder de explicação o modelo sofreu 4 ajustes, sendo finalizado com 20 variáveis para 403 casos.

Após aplicação da AF pelo método dos componentes principais foram extraídos 5 fatores latentes que responderam por 69,33% da variância total (tabela-1).

O critério do autor valor acima de 1,0 foi adotado para seleção dos fatores e do poder de explicação da variância total dos dados pelas variáveis subjacentes, os fatores F1 e F2 apresentam maior poder de explicação, com autovalores de 4,67 e 4,15 respectivamente, os demais fatores apresentam poder de explicação descendente da ordem de 2,42; 1,45 e 1,15 para as variáveis latentes F3, F4 e F5, nesta ordem (tabela 1).

Tabela 1- Matriz de cargas fatoriais rotacionada, auto valor, comunalidades, variância total explicada.

1. Variáveis do Modelo	2. Fatores Latentes					3. Comunalidades
	F1*	F2*	F3*	F4*	F5*	
Renda Familiar	0,059	0,312	0,129	0,873	0,063	0,884
Situação da Renda Familiar	0,033	0,811	0,125	0,075	0,075	0,681
Situação da Renda Familiar no mês	-0,034	0,708	0,086	0,204	-0,056	0,555
Situação Financeira Familiar	-0,068	0,770	0,086	0,204	-0,056	0,653
Produção	-0,878	0,042	0,032	0,057	-0,001	0,778
Destino da Produção	0,869	-0,084	-0,047	0,020	-0,003	0,765
A Situação da Produção	0,827	0,007	-0,038	-0,009	0,100	0,696
Acesso a Crédito	0,706	-0,039	0,048	0,186	-0,003	0,537
Acesso a Mercados	0,845	0,065	0,007	0,008	-0,029	0,720
Instituições Públicas	-0,099	0,129	0,847	0,140	-0,035	0,764
Qualidade dos Serviços	0,009	0,113	0,943	0,125	-0,048	0,919
Serviços Especiais	-0,020	0,209	0,793	-0,143	0,080	0,700
Ameaça de Grandes Projetos	-0,219	-0,207	-0,132	0,071	0,697	0,598
Quantidade Oferecida	0,042	0,097	0,919	0,133	-0,114	0,886
Condição de Vida	0,050	0,714	0,030	0,116	0,052	0,530
Oportunidade de Trabalho, Emprego e Renda	0,043	0,585	0,127	-0,054	0,412	0,533
Alimentação Financeira	-0,051	0,699	0,156	0,016	-0,125	0,532
Produção Futura	0,774	0,056	-0,015	0,050	-0,104	0,616
Desenvolvimento do Dende	0,144	0,205	-0,006	0,113	0,769	0,666
Renda Total Gasta com Alimentação	0,106	0,190	0,094	0,884	0,122	0,853
Auto-valor	4,675	4,158	2,426	1,450	1,158	13,866
Variância Explicada	23,373	20,790	12,129	7,250	5,790	69,331

Legenda:

1. Ajuste do Modelo com 20 Variáveis Empregadas

2. Extração dos Fatores

3. Matriz de Correlação entre os Fatores (Interdependência)

Notas*

F1-Fator um

F2- Fator dois

F3- Fator três

F4- Fator quatro

F5- Fator cinco

Conforme o número de componentes aumenta na representação da interdependência ocorre uma queda no poder de explicação dos fatores, esta tendência de

declive é conhecida como *scree plot*, e apresenta representação gráfica de igual maneira. Assim como, o autovalor diminui com o aumento da quantidade de fatores representativos da base de dados, a variância total apresenta comportamento semelhante, enquanto o F1 responde por 23,37% da variância total, o fator F5 consegue explicar apenas 5,79% da variância (tabela 1).

A coluna das comunalidades representa a relação das variáveis com os fatores e com o conjunto dos demais indicadores, isto revela qual a importância da variável analisada para prosseguir como uma variável linearmente correlacionada no modelo de interdependência, variáveis que apresentam valores comunitários abaixo de 0,5 devem ser retiradas do modelo como recomenda a literatura, o que não foi necessário na análise para esta base de dados (tabela 1).

As cargas fatoriais foram reveladas na tabela-1 e representam o indicativo vinculador a variável latente, os fatores F1 e F2 apresentam a maior quantidade de variáveis relacionadas, sendo esta vinculação definida pelo maior coeficiente de carga fatorial apresentado em linha horizontal, isto aclara em parte o maior poder de explicação da análise de interdependência dos primeiros fatores. Os fatores F3, F4 e F5 apresentaram os seguintes números de variáveis vinculadas, quatro, duas e duas respectivamente.

A Nomeação dos fatores

Para a nomeação dos fatores, foi levado em consideração as variáveis que estão diretamente associadas ao fator e que apresentaram o coeficiente de carga fatorial elevado. Nesse sentido, a combinação de quanto maior a carga fatorial da variável, da mesma forma o poder de explicação dentro do fator. As associações de interdependência esclarecem vinculações estabelecendo novas dimensões sobre o objeto estudado.

O primeiro fator F1, denominado de **Mercado**, apresentou o maior poder de explicação da variância total dos dados correspondendo a 23,37% e as variáveis integrantes são: produção; destino da produção; situação da produção; acesso a crédito; acesso a mercados e produção futura. Quase todas as variáveis apresentaram sinal positivo, indicando que no período percebido pelas comunidades ocorreram variações no mesmo sentido com o fator, a exceção ficou por conta da variável produção, que apesar das condições favoráveis da dimensão mercado, esta apresentou sinal negativo, indicando que entre 2000 a 2010 sua

tendência foi de queda na percepção das comunidades rurais, esta variável também apresentou a maior carga fatorial dentro da dimensão analisada (tabela 2).

O fator F2, foi denominado de **Desenvolvimento** e responde por mais de 20% da variância total e apresenta seis variáveis na dimensão, a saber: situação da renda familiar; situação financeira familiar; condição de vida; situação da renda familiar no mês; alimentação financeira e oportunidade de trabalho, emprego e renda, na ordem de peso das cargas fatoriais. A dimensão apresentou sinais positivos, o que indica que influenciam o fator no mesmo sentido, tendo em vista as características similares das percepções sobre renda originado dos questionários (tabela 2).

Tabela 2- Matriz de cargas fatoriais rotacionada, variáveis do modelo e a nomeação de fatores.

1. Variáveis do Modelo	2. Fatores Latentes				
	Mercados	Desenvolvimento	Institucional	Condição de Vida	Estabilidade Social
Renda Familiar	0,059	0,312	0,129	0,873	0,063
Situação da Renda Familiar	0,033	0,811	0,125	0,075	0,075
Situação da Renda Familiar no mês	-0,034	0,708	0,086	0,204	-0,056
Situação Financeira Familiar	-0,068	0,770	0,086	0,204	-0,056
Produção	-0,878	0,042	0,032	0,057	-0,001
Destino da Produção	0,869	-0,084	-0,047	0,020	-0,003
A Situação da Produção	0,827	0,007	-0,038	-0,009	0,100
Acesso a Crédito	0,706	-0,039	0,048	0,186	-0,003
Acesso a Mercados	0,845	0,065	0,007	0,008	-0,029
Instituições Públicas	-0,099	0,129	0,847	0,140	-0,035
Qualidade dos Serviços	0,009	0,113	0,943	0,125	-0,048
Serviços Especiais	-0,020	0,209	0,793	-0,143	0,080
Ameaça de Grandes Projetos	-0,219	-0,207	-0,132	0,071	0,697
Quantidade Oferecida	0,042	0,097	0,919	0,133	-0,114
Condição de Vida	0,050	0,714	0,030	0,116	0,052
Oportunidade de Trabalho, Emprego e Renda	0,043	0,585	0,127	-0,054	0,412
Alimentação Financeira	-0,051	0,699	0,156	0,016	-0,125
Produção Futura	0,774	0,056	-0,015	0,050	-0,104
Desenvolvimento do Dende	0,144	0,205	-0,006	0,113	0,769
Renda Total Gasta com Alimentação	0,106	0,190	0,094	0,884	0,122
Auto-valor	4,675	4,158	2,426	1,450	1,158
Variância Explicada	23,373	20,790	12,129	7,250	5,790

Legenda:

1. Ajuste do Modelo com 20 Variáveis Empregadas

2. Extração dos Fatores

O fator F3, responde por 12,12% da variância total e foi nomeado como **Institucional**, porque reúne as variáveis: instituições públicas resumindo a oferta de serviços públicos para as comunidades rurais de forma regular, ou em campanhas e ainda projetos itinerantes; a qualidade dos serviços prestados e presença de serviços especiais nas comunidades, o sinal das variáveis foram todos positivos indicando influência de mesmo sentido no fator. Na análise de interdependência a qualidade dos serviços apresentou maior

carga fatorial, seguido da atuação do governo por meio da presença das instituições públicas na zona rural, e os serviços especiais de saúde apresentou a menor carga fatorial (0,793) dentro da dimensão analisada (tabela 2).

O fator F4, foi denominado de **Condição de Vida**, explica 7,25% da variância total e apresenta nas dimensões as variáveis: renda familiar mensal e a renda total para satisfação ótima com gastos com alimentação ao mês, as cargas fatoriais são respectivamente 0,873 e 0,884. Por ultimo o fator F5, denominado de **Estabilidade Social** explica 5,79% da variância total e contempla na sua dimensão as variáveis: ameaça de grandes projetos, que corresponde aos riscos associados ao avanço dos projetos agropecuários sobre os pequenos estabelecimentos rurais, sobre a produção familiar e pressão sobre venda de áreas; desenvolvimento do dendê, que representa as mudanças nas condições de vida rural associadas a expansão da atividade especificamente.

O Índice de Condição de Vida

A avaliação da condição de vida rural foi comparada apartir do cálculo do ICV descrito na seção metodologia, as cargas fatoriais padronizadas das cinco dimensões subjacentes foram transformadas em coeficientes técnicos da função crescimento e classificadas em 21 níveis de classe, com as seguinte denominações: ICV Baixo; ICV Moderadamente Baixo; ICV Médio; ICV Moderadamente Alto e ICV Alto.

A dimensão ampliada do ICV, resultou depois da análise de interdependência, numa combinação de cinco fatores latentes que apresentaram associação estatisticamente significativas, ficando a equação da condição de vida, descrita da seguinte forma:

$$ICV_t = 3,144_{f_1} + 4,228_{f_2} + 2,58_{f_3} + 1,757_{f_4} + 1,465_{f_5} + e_t \quad (14)$$

Onde o ICV_t foi determinado pelos escores fatoriais das variáveis pertencentes a cada uma das cinco dimensões latentes originadas na AF, ajustando os 403 casos da base de dados com os pesos referentes a cada fator, agora devidamente espacializado. O prosseguimento incluiu a plotagem de um mapa temático preditivo do ICV_t , e a variabilidade espacial dele decorrente foram apresentados considerando o sistema RGB de cores, estes resultados submetendo o ICV_t são apresentado no temático a seguir.

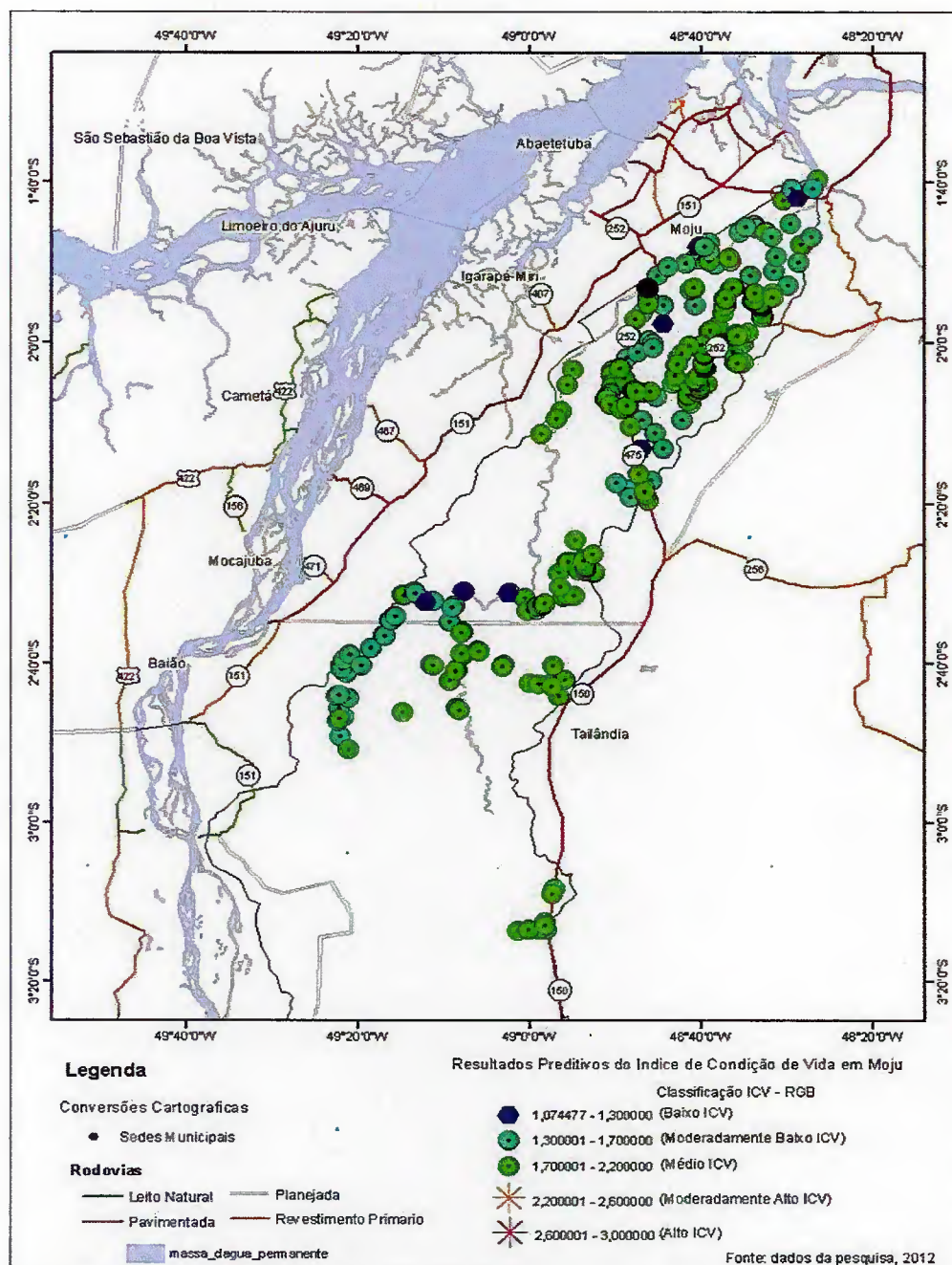


Figura 6. Índice de Condição de Vida preditivo na zona rural e classificação comparativa segundo sistema RGB de cores.

O objetivo do mapa preditivo é oferecer com base nos ICV_t determinados para os 403 casos informados, algum prognóstico da variabilidade espacial no tempo ($t+1$), levando em consideração o efeito de entorno do índice. Na escala estimada apenas três das cinco classes hierarquizadas foram identificadas, com notável padrão espacial de classificação médio do ICV_t , que caracterizou 72,70% dos casos entrevistados em mais de 70 comunidades pesquisadas (figura 6).

Isto significa que o melhor desempenho do índice foi identificado em 293 casos, apresentando concentração espacial ao norte do município, correspondendo as áreas de colonização antiga, e que por isso apontadas como zona de consolidação de atividades produtivas pelo zoneamento da banda leste do estado do Pará. A concentração espacial do melhor ICV_t está associado a proximidade relativa da sede do município, maior disponibilidade de vias estaduais, maior densidade populacional e a consolidação de comunidades antigas e que dispõem de maior infraestrutura de serviços do governo, entre as quais pode-se citar as comunidades de Castanhadeua, Marborges, Vila Nova e Bethania (figura 6).

Os índices de condição de vida considerados baixo e moderadamente baixo responderam juntos por mais de $\frac{1}{4}$ dos casos entrevistados, somando 110 observações, sendo 11 casos para níveis de classe baixo e 99 casos para os índices moderadamente baixos. A distribuição geográfica do ICV_t apresenta também concentração no extremo norte e algum grau de concentração mais a oeste de Moju, as classes de moderadamente alto ICV_t e alto ICV_t , não foram identificadas o que revela que no período de 2000 a 2010, os aspectos positivos das mudanças sobre as condições de vida rural em Moju foram no máximo medianos, isto inclui também a análise das conversões florestais e ampliação das atividades produtivas rurais (figura 6).

A melhoria das condições de vida na zona rural não dependem de um único fator, e isto foi retratado pelo modelo de análise fatorial aplicado, e a interação entre os componentes e entre os fatores é de entendimento mais complexo. Diferente de outras regiões onde a potencialidade social e institucional é visivelmente diferenciado (nível de escolaridade; capacidade técnica; presença efetiva do governo e acesso a serviços diversos), existe uma maior sensibilidade da melhoria do bem estar social atrelado as dimensões de mercado para citar um exemplo, enquanto que os ICV_t na zona rural do Moju não apresentam tal sensibilidade e respondem de maneira diferenciada espacialmente, portanto não é uma condição suficiente para a melhoria das condições de vida melhorar unicamente as dimensões de mercado, e mesmo que todas as dimensões apresentem melhora, ainda assim, a melhoria dos índices dependerão das interações entre os fatores.

O modelo de *Geographically Weighted Regression - GWR*

A aplicação do modelo espacial foi empregado em substituição ao tradicional modelo de regressão linear porque não foi obtida significância segundo análise de variância nos testes da estatística-F, apresentação de um reduzido coeficiente de determinação pelo método dos mínimos quadrados ordinários – MQO, da ordem $R^2=0,12345$, e parâmetros com valor-p acima 30% de probabilidade, e isto somado a deficiência de explicação geográfica para fenômeno, foram os fatores determinantes para aplicação do modelo de regressão geograficamente ponderada.

O novo modelo espacial estimado, apresentou estatística-F (0,000000456), significativa a 1% de probabilidade e rejeitando a hipótese nula, de que o desflorestamento não exerce nenhuma influência sobre a condição de vida, tornando o modelo válido para a explicação das relações entre condição de vida e conversões florestais e um estimador apropriado para estudar o fenômeno. A resposta da variável dependente ou explicativa em média explicou 59,45% das alterações na condição de vida rural, no entanto os valores máximos identificados para o coeficiente de determinação representaram $R^2=0,9145$ do modelo e os menores valores do coeficiente foi da ordem de $R^2=0,4567$, ainda superior ao modelo de regressão tradicional.

O parâmetro da variável independente (conversões florestais), medidas em Km^2 apresentou resultado significativos em todos os casos, ou seja, valor-p foi abaixo de 5% de probabilidade de erro com valores diferenciados espacialmente, assim ocorrendo com os coeficientes de determinação, que variou resultado de acordo com a posição geográfica, no entanto sempre superior ao modelo de regressão tradicional.

Os resultados da análise espacial apresentaram resíduos tendendo a aglomeração com valores de *Z-Score* espacialmente identificados que influenciaram positivamente na qualidade do modelo de regressão geograficamente ponderado. Aceita-se a hipótese alternativa de que o desflorestamento definidos em *Buffer* no raio de 20Km são oriundos da hipótese bicaudal, assumindo valores positivos para influência direta e valores negativos exercendo determinação inversamente proporcional no índice de condição de vida.

Os coeficientes de regressão da variável explicativa (desflorestamento), confirmaram a hipótese bicaudal apresentando valores positivos e negativos e a sua influência segue a análise do sinal apresentada em cada uma das unidades espaciais estimadas. Os

coeficientes na coloração azul indicam uma relação inversa entre desflorestamento e condição de vida e apresentam maior espalhamento na zona rural, isto significa entre 2000 e 2010 prevaleceram fatores restritivos das conversões como tentativa de melhoria do ICV_t (figura 7).

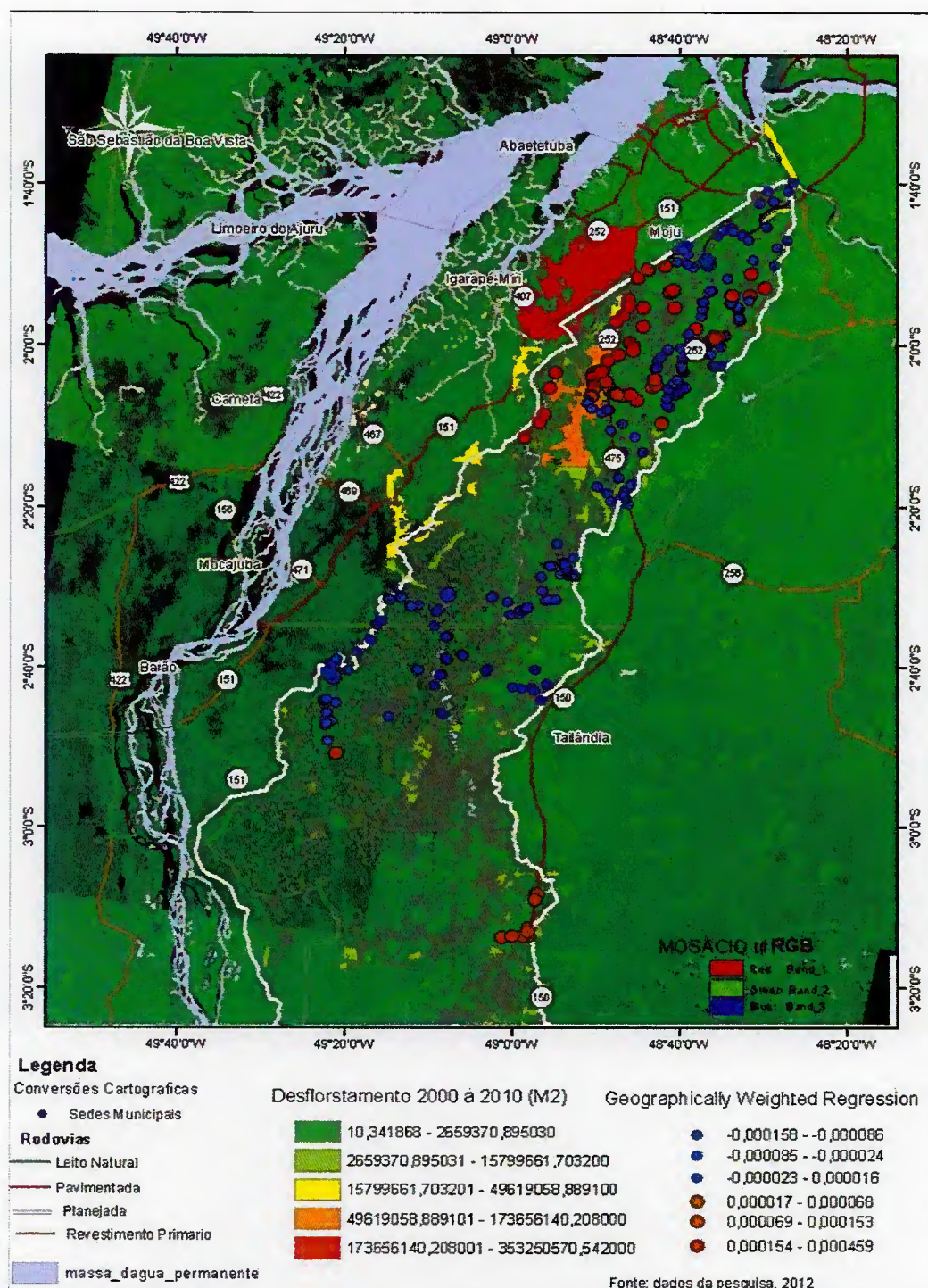


Figura 7. Coeficientes espaciais estimados da variável independente (desflorestamento), referência do modelo de regressão geograficamente ponderado para zona rural de Moju .

Dos 403 polígonos analisados em *Buffer*, 255 apresentam coeficientes técnicos negativos, indicando relação inversa entre a média das conversões florestais para o período de 2000 a 2010 e a melhoria nos índices de condição de vida. Dos 63,28% dos coeficientes negativos estimados, 75% estão localizados a leste na fronteira com os municípios de Acará e Talilândia e mais a oeste na fronteira com Baião, Igarapé-Miri e Mocajuba (figura 7).

Em geral todos os parâmetros apresentaram baixa elasticidade indicando que outras variáveis interferem significativamente nas variações da condição de vida rural, fato este comprovado estatisticamente pela resposta do modelo de regressão geograficamente ponderada, quando o percentual atribuído ao componente aleatório ficou em média torno de 40,55%, o que justifica analisar os fatores e suas respectivas cargas fatoriais como variável independente do modelo, ampliando teoricamente o poder de explicação do fenômeno (figura 7).

Os coeficientes positivos da regressão indicam a mudança absoluta no índice de condição de vida na zona rural de Moju quando o desflorestamento na área aumento em 1Km^2 . Foi geograficamente observável que as relações diretas entre aumento das conversões e a melhoria do ICV_t concentrou mais de 95% das ocorrências ao norte do município, nos limites com o município de Abaetetuba e Barcarena, a proximidade da sede de Moju pode também ter contribuído para uma percepção positiva na condição de vida das 140 casos entrevistados, pois esta proximidade representa também maior facilidade aos serviços públicos comparativamente mais regulares na sede municipal do que na zona rural (figura 7).

Outras questões de ênfase dos resultados, referem-se a localização das comunidades mais antigas (mais de 50 anos de existência), onde o processo de colonização municipal teve início, e o efeito positivo do desflorestamento ocorreu influenciado por taxas inicialmente muito elevadas e determinada em grande parte por elementos de fronteira. As machas em vermelho na (figura 7), retratam a intensidade no período de 2000 a 2010 das conversões, que combinadas com outras políticas públicas, entre as quais: a expansão de crédito, distribuição de títulos de terra para legalização produtiva tal como ocorrido nas comunidades quilombolas localiza na região do baixo Moju (São Manuel, Conceição, Santo Cristo, Jacundai), entre outros, motivaram novos investimentos em ciclo recente absorvendo demandas antigas das comunidades como contrapartida para novos avanços florestais.

Portanto, os fatores logísticos e de maior integração facilitaram o escoamento da produção, distribuição e comercialização de produtos e serviços de um modo geral, incluindo a melhor parte do sistema viário, representado pela disponibilidade de vicinais interligadas a PA-252 (proximidade da sede), esta com a PA-150 e com a alça viária, a base de dados do desflorestamento na escala recente foi significativamente influenciado por estas condições objetivas, e aliada a maior facilidade de expansão da oferta de serviços públicos, explica a melhoria das condições de vida das comunidades pela localização a margem da PA-252, entre as quais temos: Conceição do Mirindeua, Santo Cristo, Bacuri, Mirindeua, Envirateua, Santana do Baixo, Santa Luzia do Poacê, São Bernadino, refletem as mais importantes.

A Dinâmica do Desflorestamento e o ICV_t

Quanto a escala do desflorestamento, as conversões entre 50 e 500 ha, bem acima da dinâmica do pequeno produtor, foram plotadas para o período de 2000 a 2010 com o objetivo de identificar se a geografia das grandes conversões coincide com mudanças positivas nas condições de vida rural. Em cores diferenciadas foi apresentado todo o período de forma segmentado, em intervalos menores, para estabelecer comparativo de análise, o primeiro período ocorreu forte concentração das conversões e entre 2002 e 2003 já foi possível identificar um deslocamento no sentido norte-sul do desflorestamento (figura-8).

Os quadrantes refletem três momentos dessa dinâmica, o quadrante superior caracteriza dois períodos de conversão pela localização dos polígonos, o inicial de 2000 a 2001, e posteriormente os desflorestamentos entre 2004 e 2005 com escalas acima de 300 ha. O quadrante superior também localiza as comunidades onde as conversões apresentaram parâmetros positivos, indicando que a existia influencia de mesmo sentido na melhoria das condições de vida rural no Moju, isto explica 148 casos ou famílias entrevistadas o que equivale a 36,72% da amostra (figura-8).

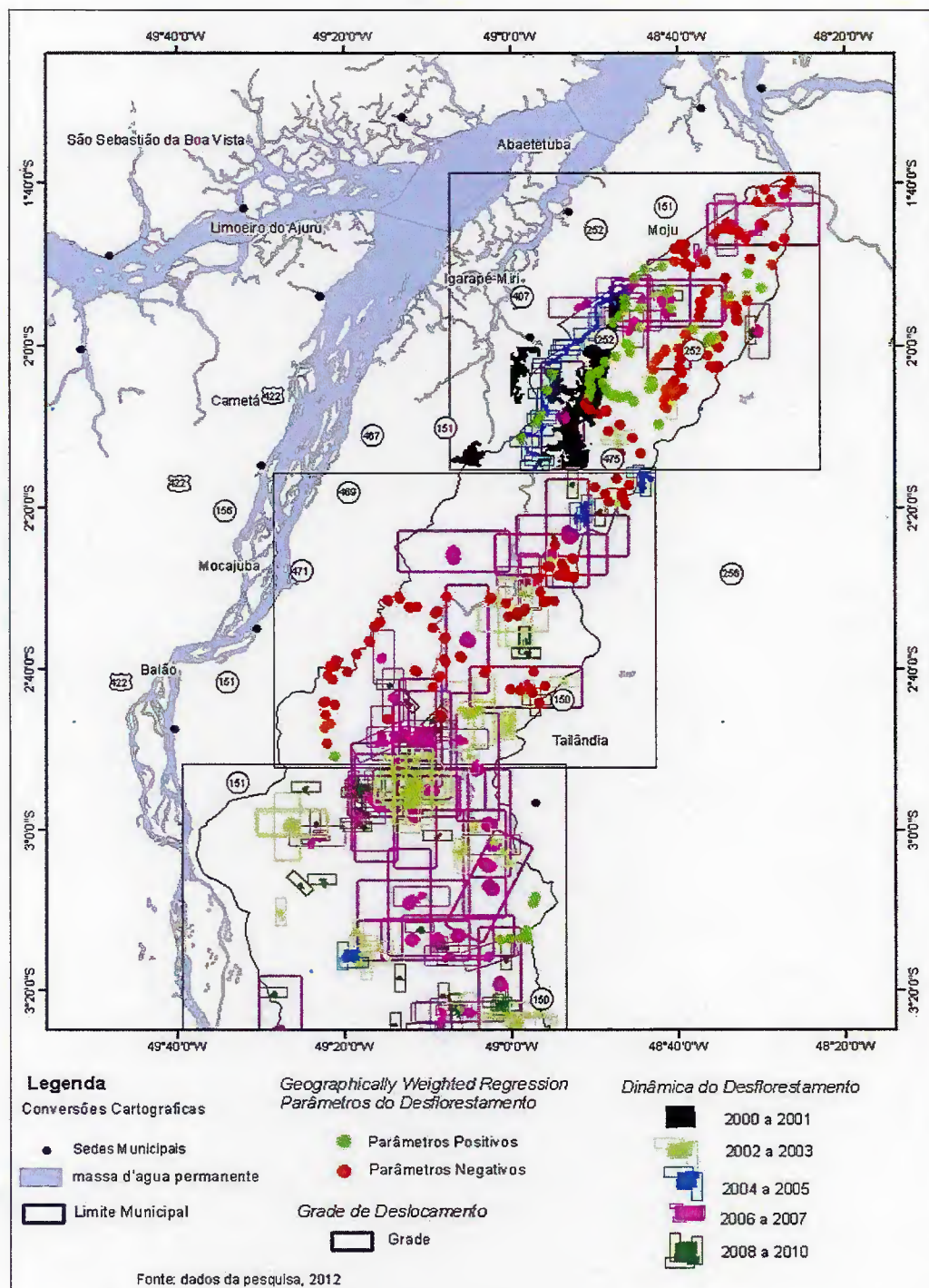


Figura 8. Coeficientes espaciais estimados da variável independente (desflorestamento), e a análise da dinâmica do desflorestamento em Moju.

Identificou-se que a partir do quadrante mediano ocorre concentração geográfica das conversões do período de 2002 a 2003, e posteriormente 2006 a 2007, indicando estas, como novas áreas de expansão das conversões produtivas. A maior disponibilidade de recursos florestais que caracterizam esse espaço físico e o difícil acesso para a fiscalização

mobilizam os agentes econômicos neste direção, os limites fronteiriços com o município de Tailândia, Mocajuba e Baião, também explicam o aumento da acessibilidade ao recurso florestal, principalmente porque mesmo habilitado para exercer fiscalização ambiental, de acordo com a Lei Complementar 140, a distância da sede e o tamanho geográfico do município dificultam o exercício pleno da atividade (figura-8).

A abertura de estradas endógenas (ilegais) e o deslocamento populacional caracterizado pela surgimento de várias comunidades com formação há menos de 20 anos, entre as quais (Bom Jesus, Pires, Terra Quebrada, Vale do Cetim, Xiteua), indicam que as conversões de maior escala tem grande poder atrativo, no entanto, não refletiram melhorias nas condições de vida para aquela região. Os parâmetros espaciais estimados foram todos significativos a 5% de probabilidade e o sinal está de acordo com o esperado teoricamente, indicando que as conversões em média contribuíram para diminuir o ICV_t .

O terceiro quadrante permite concluir que a concentração geográfica do grande desflorestamento se deslocou para esta área, localizada ao sul do município, confirmando também o deslocamento dos agentes econômicos nesta direção e de novas mobilizações produtivas. Portanto, apenas 36,72% dos casos estimados apresentaram relação positiva entre desflorestamento e o ICV_t , e a grande maioria 63,8% dos casos estimados pelo parâmetro apresentaram sinal contrário, e somado a análise do temático que o deslocamento do grande desflorestamento não contribuiu para melhorar a condição de vida, ou seja, nas áreas para onde o desflorestamento se direcionou na elevada escala apresentada, não ocorreu melhoria nas condições de vida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os efeitos sobre as condições de vida no meio rural de Moju não se alteraram unicamente pela variável renda, ainda que o estudo tenha ressaltado a sua importância como dimensão subjacente, que aliada a significativa percepção das comunidades atribuída aos aspectos quantitativos desta variável, foi possível demonstrar que outros fatores concomitantemente explicaram a partir das correlações e de estruturas de interdependências, relações teóricas novas e com maior poder de resposta para a variância total dos dados, entre os quais: o Fator de Mercado, o Fator de Desenvolvimento, o Fator Institucional, o Fator Condições de Vida e o Fator Estabilidade Social apresentaram composições de relacionamentos identificadas como os principais vetores das mudanças na condição de vida.

A carência de estudos enfatizando a zona rural dificultam a comparação dos aspectos observados e analisados na problemática de Moju em condições rurais semelhantes com outros municípios da Amazônia. Os exteriores amplos sobre a condição de vida identificados em Moju acusaram segundo a percepção das comunidades que as condições objetivas de mercado, respondem quantitativamente como a dimensão com maior peso fatorial na explicação da variância total, o que reflete a importância atribuída pelas famílias a variáveis que são determinantes para a melhorias sociais e que segundo seus conhecimentos e percepções encaminham a desdobramentos concretos para os problemas enfrentados localmente.

As interações observadas entre o nível de produção local dos produtores rurais, o destino dessa produção, a real garantia de mercados, as expectativas relacionadas as condições de produção futura, a disponibilidade e o acesso a créditos inclusive com linhas específicas são variáveis que historicamente avaliadas explicaram a maior parcela da variância da estrutura dos dados e revelaram a combinação linear do que realmente é importante na concepção dos produtores rurais oferecendo os elementos que devem ser monitorados enquanto políticas públicas para estabelecer condições concretas de melhoria das condições de vida das comunidades rurais de Moju.

O ambiente econômico onde predomina a ineficiência produtiva, subemprego de recursos e elevado desperdícios ambientais, combinados com reduzida especialização da mão-de-obra e elevadas falhas de mercado (produtos, fatores e institucionais), contribuiu para ressaltar a pobreza rural e dificultar o sucesso de pequenos investimentos sem o auxílio do poder público, o que significa que nestas áreas, as mudanças nas condições de vida só terão curso de melhoria quando casadas obrigatoriamente com ações do poder público, pois a pequena produção que caracteriza as comunidades da região estudada possui limitação inclusive de mobilidade para outros empregos rurais, impedidos de financiar seu traslado ou de converter seu pequeno patrimônio (terra) em recursos financeiros.

O Fator de Mercado explica categorias práticas do produtor rural que ainda destina parte da sua produção para a subsistência e os excedentes para pequenos mercados, ou que pelos custos do traslado negociam com intermediadores na própria propriedade, em geral esta é a realidade para produtos como (o arroz, a farinha, o feijão, o maracujá, a banana, o milho, a pimenta-do-reino, o coco, o açaí, entre outros). As condições objetivas do crescimento material das famílias rurais estão atreladas aos aspectos relacionadas aquelas

condições de mercado, das quais dependem também a renda futura, a situação financeira atual e a sua evolução, os gastos destinados a alimentação assim como a parcela da renda a esta destinada, as oportunidades de trabalho, emprego e renda nas comunidades ou em torno dela e principalmente a percepção da evolução dos aspectos relacionados a condição de vida em seu sentido mais amplo, explicado pelas variáveis que contemplam a dimensão Fator Desenvolvimento.

O nível de associação entre os fatores de Mercado e de Desenvolvimento denunciam historicamente a constante desvalorização da produção agrícola rural, estatisticamente estes fatores respondem por quase cinquenta por cento da variação da base pesquisada junto as comunidades, e qualitativamente a produção de base agrícola esta ligeiramente em queda no município, o que estaria associada as condições de fragilização dos merados e ausência de políticas específicas para proporcionar elevação de renda associada as atividades desenvolvidas pelos produtores. Observa-se que o crescimento de atividades de monocultivo na região e as conversões de ecossistemas em favor do agronegócio, tem promovido e forçado venda de terras e transformado o produtor em assalariado como uma alternativa vigente na região, no entanto, não existe emprego para todo o mundo, e os produtores familiares estão perdendo sua mao-de-obra familiar para as empresas que atuam no negócio do dendê principalmente.

O crescimento destas atividades vinculadas ao agronegócio como o plantio de coco, dendê e a pecuária para exportação impõe mudanças na lógica tradicional de utilização da terra, estabelecem forças de atração populacional, mudando com isso a dinâmica social das comunidades, e os reflexos são a diminuição da qualidade de vida, por inúmeros fatores entre os quais: insegurança quanto ao futuro da produção pelo avanço das atividades de dendê nas áreas típicas de moradia da comunidade, surgimento de atividades ilegais como venda de drogas associadas a ausência de emprego comparada ao volume de pessoas atraídas pela implantação da empresa e principalmente, aumento da criminalidade decorrentes destes fatores como furtos, assaltos, venda ilegal de terra e opressão das comunidades como problemas descritos e percebidos pelas comunidades.

A maior resposta fatorial as condições de mercado refletem com maior precisão a percepção das mudanças ocorridas na zona rural, o avanço produtivo das culturas é visivelmente identificado pelas comunidades, crescendo tanto, que formam adjacências a pequenas propriedades rurais. Ademais algumas estratégias corporativas correspondem

exatamente a expansão da produção para proximidades ou adjacências das áreas de comunidade com o objetivo de incorporar novas terras compradas por ofertas bem abaixo do mercado, e ainda oferecendo emprego como proposta complementar a compra da área.

A expansão das áreas de plantio é uma necessidade das empresas tendo em vista a limitação de reserva legal imposta pela legislação do Código Florestal Brasileiro - CFB, e como o município de Moju tem grande aptidão agrícola para o plantio do dendezeiro, de acordo com as recomendações temáticas do uso do solo, proposta pelo zoneamento agroecológico do município realizado pelo consórcio Embrapa. As zonas de consolidação e expansão produtivas cresceram e encontram-se bem adensadas, a especulação fundiária, a expansão para as áreas de comunidades e o estabelecimento de contratos para plantio do dendezeiro em pequenas propriedades é uma estratégia corporativa, da qual a própria Política Nacional de Produção e Uso Sustentável do Biocombustível - PNPB está fazendo uso, com discurso de inclusão social e melhoria das condições de vida.

O conjunto destas políticas tem promovido significativas alterações nas relações sociais de produção e nas forças produtivas, as interações decorrentes da necessidade de aumento das áreas de plantio principalmente de dendezeiro para atender a crescente demanda externa estão forçando as comunidades a venderem suas propriedades, quando a venda não acontece, as empresas expandem as áreas de plantio para as proximidades, cercando as propriedades rurais dos agricultores familiares compelindo a uma venda futura, as comunidades de Santana do Baixo vivem este drama, pois a principal entrada de acesso a comunidade é pela porteira da empresa Marbores, o mesmo acontecendo com as comunidades de Castanhandeua, Xibé e outras que possuem grandes áreas de propriedade, encontram-se localizadas as proximidades de ramais rurais com boa trafegabilidade e com distância relativamente baixa da usina de processamento de óleo.

A condição de vida nas comunidades rurais é reflexo destas condições e a análise dos fatores complementada pela interpretação dos dados de campo conjectura para visíveis falhas de mercado e institucional. Na questão institucional ficou clara que as comunidades que apresentaram pelo menos uma condição de vida moderada, o quadro comparativo da presença do poder público em vários aspectos assegurou a diferença porque entre 2000 a 2010, grandes alterações na paisagem e na dinâmica produtiva foram observadas na zona rural, e aquelas comunidades que nestes últimos 11 anos ganharam mobilidade, tiveram

acesso a serviços básicos de saúde, educação e segurança associaram as mudanças como positivas para a condição de vida rural.

Os relacionamentos identificados e aqui discutidos descrevem também uma correlação entre as dimensões fatorias, que permitem algumas generalizações devidas, no entanto as especificidades detectadas na zona rural de Moju nos permitem analisar as interações a partir de suas particularidades. As comunidades analisadas diferem quanto ao desenvolvimento dos fatores, e quando associadas as condições de vida refletem um quadro comparativo mais apropriado para análise, isto significa que as diferenças presentes entre o índice de condição de vida das comunidades devem-se aos níveis distintos das outras dimensões observadas como os Fatores Institucionais, Condição de Vida e Estabilidade Social.

A opção por uma avaliação na condição de vida a partir da percepção das famílias rurais, explica com maior precisão os fatores determinantes da condição de vida e evita erros de aproximação quantitativa a partir de dados secundários. Foi possível sustentar secundariamente que o espaço geográfico investigado apresenta variações de índices refletivos das condições de bens estar e que os fatores institucionais contribuíram para explicar mais de 12% da variância total. As associações positivas da variáveis analisadas intra dimensão institucional asseguram que a ampliação de políticas públicas e a institucionalização delas, aliado a uma intervenção em diferentes áreas (saúde, educação, segurança, crédito e assistência técnica), podem avançar na garantia da cidadania rural.

As condições observadas e analisadas vão ao encontro de uma extensão de serviços públicos mais participativo e orientador no uso dos recursos, envolvendo o saber social para seu próprio uso combinando e aproveitando melhor as experiências produtivas da região e estendendo-as para garantir as melhorias nas condições de vida, os serviços públicos tipicamente assistencialistas inibem e acorrentam as experiências rurais além de acomodarem o potencial humano e social das áreas estudadas.

Outro variável que impactou na condição de vida foi o desflorestamento, nesse aspecto o fator territorial exerce grande influência, ou seja, as áreas geográficas apresentam dinâmicas próprias ou as vezes influenciadas por áreas vizinhas, o que garante a extensão dos efeitos dinâmicos presenciados em determinado espaço sejam transferidos parcialmente a outros. Foi possível estabelecer uma relação não apenas funcional, mais sistemática e aleatório

entre o desflorestamento e o índice de condição de vida rural, a partir desta concepção no máximo pode-se atribuir 60% das variações na condição de vida tendo o desflorestamento como causa determinante.

Para o período analisado as extensões positivas do desflorestamento sobre as condições de vida foram pequenas e com grande concentração, sugerindo que os lugares (comunidades) que apresentaram correlação positiva entre as variáveis, só ocorreram porque são comunidades mais antigas e que já dispõem de alguma infraestrutura pública instalada, entre os quais: serviços de saúde (posto comunitário e agentes de saúde), educação (escolas até primeiro grau), revelando de alguma forma a maior presença comparativa das políticas públicas estaduais.

Quando analisados ano a ano as conversões florestais não produziram nenhum efeito positivo sobre a condição de vida, isto se explica porque apenas mudanças de renda sofreriam variações de curtíssimo prazo, e fatores mais apropriados a mudanças estruturais só poderiam ser sentidos analisando o fenômeno dentro de uma série historicamente definida, como de fato foi tratado, ou de outro modo, pode-se concluir que inicialmente o desflorestamento produz efeitos positivos apenas sobre o nível de rendimentos, mais não sobre as condições de vida em sua concepção ampliada discutida neste artigo.

A sustentação dos efeitos positivos do desflorestamento são visíveis apenas onde existe a disponibilidade de infraestrutura nas comunidades e coincidem com as áreas que apresentaram o melhor índice de condição de vida estimado para a zona rural de Moju. A proximidade da sede municipal teve grande influência na disponibilidade e extensão destes serviços e ainda a fronteira com os municípios de Acará e Tailândia também influenciaram positivamente no aspecto infraestrutura, tendo em vista que dada a dimensão territorial de Moju, grande parte dos serviços que chegam a zona rural é fornecida por outros municípios.

O padrão espacial fornecido pelos estimadores asseguram a presença de autocorrelação espacial entre as variáveis condição de vida e desflorestamento, com clara predomínio de associações negativas, o que reflete que a retirada de floresta ao contrário de originar um ciclo de melhorias de caráter virtuoso, pode na ausência de articulações intermunicipais e a consolidação de políticas públicas territoriais contribuir para a piora nas condições de bens estar. A escala desta conversão pode influenciar a mudanças nas relações sociais de produção e no uso da terra, estabelecendo desapropriações indevidas e gerar

instabilidade social alimentando um ciclo vicioso, com o teríamos: o de aumento do desflorestamento, a menor diversidade produtiva, a homogeneização de espaços produtivos, a concentração fundiária e produtiva, a piora nas condições de vida, o aumento da pobreza e retorno inicial ao ciclo de desflorestamento.

As áreas onde o desflorestamento recente apresentou grande escala e com tendência a fixar concentração, basicamente localizadas ao sul, oeste e sudoeste do município constata uma tendência observada, de um lado pela menor disponibilidade de áreas nas outras localidades, de outro porque estas áreas compõem a colonização recente da zona rural de Moju, e o aumento de estadas abertas por atividades ilegais foi permitindo o processo de ocupação. Nesse sentido, esta forte tendência de realocação da grande escala das conversões tem concentrado os piores índices de condição de vida, e a relação com as áreas desflorestadas no raio das comunidades foi negativa.

A elevação das conversões tem permitindo um aumento da desapropriação de recursos disponíveis, que reduziam o custo de vida rural porque funcionavam como reservas de valor e quando usados de forma diversificado ofereciam outros ganhos monetários. A cobertura florestal garantia ainda a produção de água para usos múltiplos, inclusive de reprodução de peixes, e na ausência da floresta, todos estes recursos são prejudicados e o aumento das atividades de grande porte intensifica a abertura de novas estradas e circulação de bens e serviços, elevando o nível de poeira para as comunidades e outros resíduos de ar (fumaças, estilhaços de carvão), entre outros, e a consequência direta são as doenças. O momento de maior prejuízo são decorrentes da ausência combinada dos serviços públicos, que com o aparecimento dos problemas acima deixam descobertas as comunidades, e qualquer ganho adicional extraído do emprego direto/indireto das atividades correlatas será convertido para repor com ônus para as comunidades da ausência das políticas públicas territoriais.

As comunidades agrícolas, que garantem seu sustento da pequena produção e comercialização de excedentes, apresentam vantagens porque são proprietários das terras, utilizam os recursos florestais de forma diversificada e garantem a geração de outros rendimentos com a floresta, suas situações melhoram significativamente com a oferta de créditos, assistência técnica e extensão rural, e garantia de serviços básicos de educação e saúde. Comparativamente, o aumento das conversões de grande escala tem anexado estas pequenas propriedades, derrubado extensivamente as florestas, homogeneizado os espaços produtivos, transformado o pequeno produtor em funcionário do agronegócio, combinando

estes efeitos com a ausência de infraestruturas destas áreas, com reduzida presença do governo na prestação de serviços e elevada instabilidade social, os aspectos amplos da condição de vida ficam negativados com o aumento do desflorestamento.

Os benefícios sociais do desflorestamento no modelo das grandes conversões associadas ao monocultivo, com práticas desleais de apropriação da terra e pressão sobre as comunidades rurais, tem causado instabilidade social, surgimento em algumas comunidades e agravamento em outras dos problemas sociais (roubos, assassinatos, entorpecentes, assaltos, prostituição, entre outros), que pesam negativamente na percepção de melhorias para as comunidades.

A questão produtiva é o fator com maior peso nesta avaliação, pois a pressão pelo uso da terra para atender o agronegócio é visível, e funciona na lógica da força do capital, e a garantia de renda mínima associada a pequena produção não existe nas áreas onde o monocultivo esta consolidado ou em fase de expansão, a exemplo da significativa queda da produção de culturas como arroz, feijão e principalmente a farinha de mandioca (cultura tradicional das comunidades).

Portanto, as conversões florestais estão funcionando na lógica da desapropriação da produção familiar rural, na concentração fundiária e de rendimentos, nos elevados investimentos e até de natureza estrangeira (Chines, Inglês), no financiando da expansão do cultivo do dendê na região e nas áreas de pequena produção agrícola trabalhando o convencimento social de um negócio lucrativo, duradouro e sustentável, e principalmente na imagem externa de uma política associada de reflorestamento de áreas alteradas da zona rural.

REFERÊNCIAS

- ALBIERI, S.; FREITAS, M. P. S. **Censo demográfico de 2010: plano amostral para a coleta de dados**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Pesquisas, 2010.
- ANDRÉS, E; MCALPINE, CLIVE; WILSON, K; PHINN, S; POSSINGHAM, H. **Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia**. Agriculture, Ecosystems and Environment, vol. 114, pp 369-386, 2006.
- AGARWAL, B. **Gender, Environment, and Poverty Interlinks: Regional Variations and Temporal Shifts in Rural**. World Development, vol. 25, pp 23-52, 1997.
- ANGELSEN, A; KAIMOWITZ, D. **Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models**. World Bank, Research Observer, vol. 14, nº 1, pp 73-98, 1999.
- BALSDON, E. M. **Poverty and the management of natural resources: A model of shifting cultivation**. Structural Change and Economic Dynamics, vol. 18, pp 333-347, 2007.
- BARRACLOUGH, S. L; GHIMIRE, K. B. **Agricultural Expansion and Tropical Deforestation**. Earthscan London, vol. 22, pp 234-256, 2000.
- BEZERRA, F. A. **Análise Fatorial**. 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 73-130.
- CAMARA, G. **Representação computacional de dados geográficos**. In: Banco de Dados Geográficos. MundoGEO, 2005.
- CAVENDISH, W. **Empirical Regularities in the Poverty-Environment Relationship of Rural Households: Evidence from Zimbabwe**. World Development, vol. 28, pp 1979-2003, 2000.
- CELENTANO, D; SILLS, E; SALES, M; VERÍSSIMO, A. **Welfare Outcomes and the Advance of the Deforestation Frontier in the Brazilian Amazon**. World Development, vol. 40, pp 850-864, 2012.
- CHEN, D. R; TRUONG, K. **Using multinivel and geographically weighted regression to identify spatial variations in the relationship between place-level disadvantages and obesity in Taiwan**. Applied Geography, vol. 32, pp 737-745, 2012.
- 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.

CULAS, R. J. **Deforestation and the environmental Kuznets curve: An institutional perspective**. Ecological Economics, vol. 61, pp 429-437, 2007.

DEY, I. **Qualitative Data Analysis**. London: Academic Press, 1993.

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

DORNBUSCH, R; FISCHER, S. **Macroeconomics**. Tradução e revisão técnica de Roberto Luis Troster; 2ªed., São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991.

DOWNING, D; CLARK, J. **Business statistics**. Trad. Alfredo Alves de Farias; 2ª ed; São Paulo: Saraiva, 2005.

FOTHERINGHAM, A.S; BRUNSDON, C; CHARLTON, M. E. **Geographically Weighted regression: the analysis of spatially varying relationships**. New York: Wiley, 2002.

FROYEN, R. Macroeconomics. Tradução de Esther E. H. Herskovitz, Cecilia C. Bartalotti; **revisão técnica de Roland Veras Saldanha Jr**; 2ªed., São Paulo: Saraiva, 2005.

FUJITA, M; KRUGMAN, P; VENABLES, A. J. **Economia Espacial. Trad. Bazán Tecnologia e Linguística**; 2ª ed.; São Paulo: Futura, 2002.

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.

GARCIA, A. J; JANVRY, A; SADOULET, E. **A Tale of Two Communities: Explaining Deforestation in Mexico**. World Development, vol.33, nº2, pp 219-235, 2005.

GRAY, D. E. **Pesquisa no mundo real**. Trad. Roberto Cataldo Costa; revisão técnica de Dirceu da Silva; 2ª ed.; Porto Alegre: Penso, 2012.

HALL, R; LIEBERMAN, M. **Macroeconomics: principles and applications**. Trad. e revisão técnica de Carlos Roberto Martins Passos; 2ªed.; São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

JUN, T; XIA, Z. G. **Examining spatially varying relationships between land use and water quality using geographically weighted regression I: Model design and evaluation**. Science of the Environment, vol. 407, pp358-378, 2008.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M, A. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. 7ªed. 7ª reimpr. São Paulo: Atlas, 2012.

LEVIN, J. **Estatística Aplicada a Ciências Humanas**. 2ª ed.; São Paulo: Harbra Ltda, 1987.

LEVINE, D. M; BERENSON, M. L; STEPHAN, D. **Estatística: teoria e aplicações usando microsoft excel em Português**. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

MARSHALL, ALFRED, 1842-1924. **Princípios de Economia: tratado introdutório**. Trad. da revista de Rômulo Almeida & Ottolmy Strauch; revisão técnica de Ottolmy Strauch; 2ª ed., São Paulo: Nova Cultural, 1985.

OLLIVIER, HÉLÈNE. **Growth, deforestation and the efficiency of the REDD mechanism**. Journal of Environmental Economics and Management, vol. 64, pp 312-327, 2012.

PACHECO, P. **Agricultural expansion and deforestation in lowland Bolivia: the import substitution versus the structural adjustment model**. Land Use Policy, vol. 23, pp 205-225, 2006.

PETURSSON, J. G; VEDELD, P; SASSEN, M. **An Institutional analysis of deforestation processes in protected areas: the cases of the transboundary Mt. Elgon, Uganda e Kenya**. Foresty Policy and Economics, vol. 26, pp22-33, 2013.

PFAFF, A; KERR, S; LIPPER, L; CAVATASSI, R; DAVIS, B; HENDY, J; AZOFEIFA, A. **S. Will buying tropical forest carbon benefit the poor? Evidence from Costa Rica**. Land Use Policy, vol. 24, pp 600-610, 2007.

RUDIGER, D; FICHER, S. **Macroeconomia**. 10ª ed.; São Paulo: Makron Books & McGraw Hill, 1991.

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

SARRIS, A. H. **O papel da agricultura no desenvolvimento econômico e na diminuição da pobreza: uma base empírica e conceitual**. 2001. Disponível no link: <<http://www.download.php?form=pdf&ikr=46>> Acesso em 25 de março de 2013.

SARTOIRS, A. **Estatística e introdução a econometria**. São Paulo: Saraiva, 2003.

SUNDING, D.L; SWOBODA, A. M. **Hedonic analysis with locally weighted regression: An application to the shadow cost of housing regulation in Southern California**. Regional Science and Urban Economics, vol. 40, pp 550-573, 2010.

SWINTON, S.M; ESCOBAR, G; REARDON, T. **Poverty and Environment in Latin America: Concepts, Evidence and Policy Implications**. World Development, vol. 31, pp 1865-1872, 2003.

WEI, C. H; QI, F. **On the estimation and testing of mixed geographically weighted regression models**. Economic Modelling, vol. 29, pp 2615-2620, 2012.

WILLIAM, D. S; ANGELSEN, A; BELCHER, B; BURGERS, P; NASI, R; SANTOSO, L; WUNDER, S. **Livelihoods, Forest, and Conservation in Developing Countries: An Overview.** World Development, vol. 33, pp 1383-1402, 2005.

ZWANE, A. P. **Does poverty constrain deforestation? Econometric evidence from Peru.** **Jornal of Development Economics**, vol. 84, pp 330-349, 2005.

CONCLUSÕES GERAIS

Os determinantes do desflorestamento no estado do Pará tem concentrado a pecuária como a principal atividade relacionada ao fenômeno, e sem tentar negar este rótulo mais ampliar o esclarecimento sobre outras atividades, e principalmente na identificação dos espaços municipais onde as mesmas acontecem, esta tese em momento inicial investigou a variabilidade comum que dimensiona a dinâmica do desflorestamento no estado, visualizando além de um *ranking* comparativo entre os municípios, as principais atividades produtivas relacionados a esta dinâmica.

Neste aspecto, a região nordeste do estado do Pará, por onde começou o processo de colonização, apresentou concentração na atividade de dendê e os aspectos mais minuciosos da investigação foram ampliados, a partir da escolha do município de Moju pela elevada concentração da produção e da sua extensão rural como alvo de um conjunto de conversões que mereceram maior aprofundamento teórico e técnico.

Este aprofundamento foi um pouco além da identificação das dinâmicas de conversões florestais, visualizando uma proposição de modelagem do desflorestamento e seus impactos sobre a condição de vida rural a partir de condições a ela associadas. A necessidade de esclarecer o padrão inicial da atividade do dendê no município de Moju como um dos determinantes do desflorestamento ficou mais claro e evidente, no entanto as mudanças na zona rural e a pressão sobre os recursos naturais oriundos de políticas públicas como a abertura da Alça Viária eram presentes na investigação, isto refletia na emergência de um novo ciclo de recentes conversões florestais e alimentadas por uma lógica empresarial para aproveitamento destas oportunidades.

As atividades observáveis no município de Moju foram estimadas enquanto modelos de compreensão das dinâmicas produtivas associadas ao ambiente de transformação da paisagem e de conversões de ecossistemas, ou seja, as estruturas produtivas vigente entre 2000 a 2010 foram interpretadas sob quatro dimensões fatorias: os Projetos Agropecuários; a Agricultura Tradicional; Interação de Subsistência e Plantação Industrial, e nesta ordem, exercem sua influência no processo de conversões de ecossistemas, entre as quais destaca-se as atividades de plantio de dendê, pecuária, carvão, culturas de arroz, feijão, mandioca e extração de madeira pra citar os principais vetores.

Os projetos agropecuários se apresentaram como os principais determinantes das conversões de ecossistemas em Moju, e a estrutura de modelagem estimou um

desflorestamento acumulado de 3641,46 Km² em todo o período observado. Em parte isto se explica pelo grande crescimento dos grandes projetos de dendê na região, incentivos financeiramente pelo grande capital que tanto aceleraram as conversões para novas áreas, como também expandiram suas atividades adquirindo áreas já consolidadas com a pecuária.

As relações destas atividades caracteriza relações importantes para identificação da lógica processada pelo setor empresarial na região e a disponibilidade dos recursos naturais, de um lado os aspectos de novas conversões continuam acontecendo e com ritmo forte, porém outras atividades como carvão vegetal estão perdendo espaço na zona rural, devido o aumento da fiscalização da atividade e pelo próprio direcionamento do investimento na região, de outro existentes aspectos limitantes associados a exploração extensiva da floresta e a tendência de diminuição do estoque, principalmente, pelo aumento da escala das conversões e a interrupção das sucessões florestais.

As novas conversões tendenciam o aumento da atividade do dendê sob a lógica de expansão também para as áreas de comunidades rurais tradicionais na região rural do Moju, onde já existem condições moderadas de mobilidade como estradas rurais em condições de trafegabilidade de caminhões e a localização as proximidades da sede das empresas. Também se constitui num fator determinante para expansão do plantio para estas áreas e, principalmente a demanda intensiva de mão-de-obra exigida na atividade, entre as quais, o plantio, a polinização, o cacheiro e manutenções diversas relacionadas, interferem na manutenção desta estratégia. Quando os fatores produtivos e as forças de mercado se dirigem exclusivamente para a expansão dos projetos agropecuários no município de Moju, o desflorestamento anual na zona rural fica em torno de 228,72 Km²/ano, este impulso caracteriza a relação funcional entre esta atividade e as conversões florestais no município.

Outras atividades como o plantio de coco e segmentos correlatos como agroindústrias, tiveram grande expansão na zona rural do município, sendo que os desflorestamentos decorrentes deste fator teve potencial de conversão de 193 Km² ao ano, caso os fatores produtivos forem todos concentrados nesta dimensão, *ceteris paribus*, revelando que no período de 2000 a 2010 a magnitude de resposta desta atividade foi impulsionada pela ampliação de linhas de créditos e envolvimento da agricultura familiar em programas específicos de amparo produtivo para desenvolvimento do setor.

O terceiro grupo de atividade que explicou de forma significativa as conversões florestais foi a dimensão denominada de interação de subsistência. As interações entre a produção de madeira e a expansão das áreas de cultivo da mandioca, no período estudado, mostram um comportamento inversamente proporcional entre as duas atividades. No entanto, é de semelhante intensidade, o que estaria associada a dinâmica de derrubada da floresta e exploração dos recursos economicamente comercializáveis e posterior abandono da área pela ilegalidade praticada e ausência de instrumentos jurídicos para legalidade da terra.

De outro modo, as áreas passam a ser ocupadas pelos produtores rurais ocorrendo o surgimento de novas comunidades e a expansão das mesmas. Outra questão observada é que os recursos florestais são dimensionados pelos agricultores familiares como reserva de valor e em períodos de reduzida produção ou outros fatores problemáticos associada a sua produção agrícola, a madeira da área florestal é utilizada ou comercializada com fins de complementação de renda ou para financiar insumos para a produção agrícola futura, em todo o caso as duas dimensões promovem as conversões florestais.

As duas atividades, extração de madeira e cultivo de mandioca caracterizaram por muito tempo a economia rural do município de Moju, e o desflorestamento recente indica mudanças estruturais tanto no padrão das conversões, quanto no protagonismo das atividades. Isto significa que apesar de apresentar o menor impacto positivo nas converões, exibindo estimadores de 107,88 Km², a cada ano quando os esforços produtivos ficam concentrados nestas atividades, o desflorestamento recente indica que estas atividades estão sendo substituídas, e a dinâmica da escolha de mercado é de cunho econômico, pois em áreas onde as conversões iniciais já ocorreram, o descampo das áreas facilita a inrmediação para atividades de expansão monocultivo.

A substituição de atividades no meio rural de Moju também se estendeu para a chamada agricultura tradicional, onde os colonos praticavam o cultivo das culturas de arroz e feijão, como ciclo subsequente da derrubada da floresta, pequenos roçados eram praticados intensivamente em escala de até 4 ha com maior espalhamento geográfico, garantiam a produção de subsistência e os ganhos monetários dos produtores rurais. As conversões recentes tem promovido alterações nesta dinâmica, porque os ciclos produtivos estão sendo interrompidos para a expansão das atividade de dendê no município, com consequências diretas sobre a diminuição da área cultivada de arroz e feijão, como também, da produção destas culturas e a sua mudança nas relações sociais e uso do fator terra.

Os cultivos tradicionais ajudavam na fixação do homem a terra e garantiam a redução do custo de vida no campo, pois o cultivo das culturas de arroz, feijão e mandioca são a base alimentar da população rural, a mudança na dinâmica das conversões com e a possibilidade de emprego rural no campo tem estruturado as famílias ao abandono do uso direto da terra como mecanismo material de sobrevivência. No entanto, as conversões florestais tal como ocorriam no passado são cada vez menores, um reflexo disso é exatamente a redução do plantio destas culturas no ciclo tradicional e expansão da lógica de preparação da terra para a venda e atuação de grandes projetos.

Contrariamente aos demais fatores, o ciclo da agricultura tradicional na zona rural de Moju na vigência do desflorestamento recente tem-se apresentado como uma alternativa de contenção do desflorestamento, porque as comunidades que praticam a cultura ainda que de forma reduzida, o fazem aproveitando espaços já alterados e motivando outros colonos a praticarem, a interação desta dimensão fatorial contribuiria para uma diminuição das conversões da ordem de 139,78 Km² caso os esforços produtivos dos agentes e poder público fossem todos centralizados no apoio a este segmento produtivo.

As mudanças e alternâncias das atividades produtivas na zona rural de Moju indicam não apenas novas interações na estrutura produtiva lançadas com o desflorestamento recente, mais alterações nas relações sociais de produção indicando efeitos diretos nas condições de vida no meio rural do município. Os indicativos presentes para a confirmação desta hipótese foram exatamente a diminuição da produção de culturas tradicionais, a menor diversificação produtiva das comunidades rurais, a menor variação dos ganhos monetários, a piora da situação ambiental dos estabelecimentos rurais e o estabelecimento de novas relações de produção assumidas com as grandes empresas que cultivam o dendê na região.

Esta expansão produtiva dos grandes projetos associado na maioria com o aumento das áreas para cultivos de dendê impôs severas alterações nos padrões espaciais do desflorestamento e revelou um novo direcionamento da produção, da mobilização produtiva e dos fatores de produção amplos na zona rural de Moju. As escalas do desflorestamento foram associadas aos agentes de transformação da paisagem e apresentaram deslocamento no sentido norte-sul das grandes conversões, combinadas também com o redirecionamento do grande capital financiando esse direcionamento em busca de novas áreas, e principalmente explorando espaços de produção e revelando uma nova dinâmica espacial do desflorestamento.

As mudanças na estrutura produtiva estão fortemente associadas as alterações de escalas das conversões e as suas mudanças espaciais, a identificação desta mudança consiste em parte pelo esgotamento dos recursos florestais na área de colonização antiga do município, compreendendo as localizações das comunidades quilombolas no extremo norte do município, basicamente os colonos ligados aos igarapés de Jambuaçu e Ubá onde localizam-se as comunidade mais antigas do município e com maior proximidade da área urbana do município. Estas áreas são entendidas como zonas de consolidação produtiva, no entanto, existem muitos fragmentos de ecossistemas com 70 anos de florestas, o que significa que analisando o ambiente espacial com maior detalhamento as recomendações do mapa de gestão do zoneamento não são apropriadas para a escala de propriedade.

As área de fronteira municipal em Moju caracterizam marcadamente o espaço rural, isto reflete também uma dinâmica diferenciada pela influencia dos limites com outros municípios, a reprodução de atividades fronteiriças é uma condição real na zona rural de Moju e a intervenção da gestão municipal fica altamente comprometida pela dimensão territorial do município e da própria localização da sede municipal (extremo norte).

A distribuição espacial da população rural também é influenciada pelas conversões florestais e pelo nível de fixação das atividades produtivas rurais, isto justifica a elevada concentração rural da população, ou seja, mais de 44 mil pessoas residem na zona rural, o que reflete uma inversão de tendência quando analisamos o comportamento demográfico de inúmeros municípios na Amazonia e Brasil.

As características dos padrões espaciais do desflorestamento se estendem também para as questões associadas a dinâmica geográfica da zona rural, com a quantidade e diversidade de polígonos analisados foi possível concluir que é evidente a presença de novos regimes espaciais no município, atentando para os aspectos dos agentes produtivos a eles associados. Os espaços que apresentam a maior densidade geográfica no meio rural foram exatamente aqueles que exibiram as maiores taxas de desflorestamento, estas áreas recebem a influencia direta dos municípios de Tailândia, Baiao, Acará, Mocajuba e Igarapé-Miri e os estabelecimentos agropecuários nesta região também são transfronteiriços unificando dinâmicas de conversão entre unidades geográficas diferentes.

As características da evolução das conversões em Moju foram: uma forte dinâmica de homogeneização dos espaços produtivos; o deslocamento do grande

desflorestamento no sentido norte-sul; a expansão da produção tanto para áreas novas com remanescentes florestais como em áreas consolidadas; a substituição de atividades de culturais temporárias por culturas permanentes. As fronteiras com os municípios de Acará, Tailândia e Igarapé-Miri são as áreas onde a expansão do dendê se concentrou entre 2000 a 2010.

A limitação da reserva legal das empresas produtoras de dendê aliada a uma real necessidade de ampliação da área de cultivo do dendezeiro para o atendimento de mercado são as principais causas para a mudança na lógica da conversão e o aparecimento de novos arranjos espaciais. A evolução das conversões revela que entre 2000 e 2010, ocorreu uma concentração dos focos do desflorestamento para escalas pequenas de conversão, e a expressão geográfica deste desflorestamento é de um maior espalhamento, enquanto que quando a escala se eleva comparativamente diminui os focos e ocorre o processo inverso com as áreas, que tendem a se concentrar indicando espacialmente que as grandes conversões tem destino concentrador.

As associações espaciais também apresentaram a mesma dinâmica quando o período analisado foi dividido em sub-períodos com a intenção de captar a dinâmica com maior precisão, as configurações espaciais decorrentes já indicavam no início do período as concentrações de grandes desflorestamento cercados por grandes conversões florestais dirigidas ao sul e sudeste do município o que estaria associado ao deslocamento de grandes projetos naquelas localidades. As pequenas conversões ficaram concentradas ao extremo norte do município coincidindo com as áreas de colonização antiga, o que indica que os pequenos agricultores ainda continuam promovendo pequenas conversões naquelas áreas, em geral atribuídas aos roçados de cultura temporária.

A análise da dinâmica espacial do desflorestamento ajudou a entender para onde se desloca o grande desflorestamento e onde permanece e se estabelece as pequenas conversões, entre as escalas analisadas estão os seus agentes envolvidos e o potencial de alteração sobre as condições de vida rural. Nesse sentido, o desflorestamento recente em Moju não produziu efeitos significativos sobre a condição de vida rural, em termos gerais o melhor desempenho apresentado em toda a zona rural a partir de modelos preditivos foi uma condição de ICV médio, muito aquém de um ambiente favorável para impactar consideravelmente as condições de bens estar, sendo preciso considerar que os efeitos

relacionados as condições de infraestrutura e acesso a serviços públicos contabilizaram decididamente na percepção de mudança pelas comunidades rurais.

Os aspectos amplos da condição de vida ponderaram quatro dimensões ampliadas que buscaram explicar a variabilidade comum dos dados, e ajustar a partir da percepção das comunidades como se comportaram as mudanças historicamente comparadas. Pode-se concluir que as localidades onde os índices apresentaram os melhores resultados, são próximos das sedes de municípios e que geograficamente tem maior acessibilidade para a demanda de serviços públicos, a percepção de melhoria estaria associada então aos benefícios diretos percebidos pela prestação de serviços públicos e a associação direta deste índice com as conversões florestais esclarece o questionamento central desta pesquisa.

Portanto, a evolução das conversões florestais e mais precisamente as taxas de desflorestamento observadas não se constitui numa condição suficiente para a melhoria da condição de vida rural, o que esclarece que outros fatores também exercem tal influência nas condições de bem estar social, sendo que a renda não é a única determinante. As áreas geográficas que apresentaram correlação positiva entre as conversões e a condição de vida são minoria na avaliação do modelo de regressão geográfico, e estes resultados estariam muito mais ligados as condições de infraestrutura observado nas comunidades do que as elevadas taxas de desflorestamento.