

## Utilização de dados estáticos e dinâmicos no monitoramento das Áreas Especiais do Estado do Pará

Nicola Saverio Holanda Tancredi<sup>1</sup>; Jamer Andrade da Costa<sup>2</sup>; Jakeline da Silva Viana<sup>2</sup>; Gustavo Freitas Cardoso<sup>2</sup>; Lilianne Esther Mergulhão Pirker<sup>2</sup>; Isa Alencar<sup>2</sup>; Áderson de Araújo Avelar<sup>2</sup>; Sérgio Alberto Queiroz Costa<sup>2</sup>; Luis Henrique Moreira Lopes<sup>2</sup>; Manoel Cacella Alves Neto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Sistema de Proteção da Amazônia / Centro Regional de Belém (SIPAM/CR-BE)  
Av. Júlio César s/n – 66820-000 – Belém – PA - Brasil  
{nicola.tancredi, jamer.costa, jakeline.viana, gustavo.cardoso, lilianne.pirker, isa.alencar, aderson.avelar, sergio.costa, luis.lopes, manoel.alves@sipam.gov.br}

**Abstract.** The rural economy dynamics in the Amazon has been mainly observed through the deforestation view, and primarily evaluated by environmental risks associated with it, reducing the social and environmental reality and SAMPro is an example. The Special Area Monitoring Program (SAMPro) from Amazonian Protection System/Belém Regional Center (SIPAM/CR-Belém) is a continuous monitoring program initialized in 2007 with an annual execution schedule, where landuse changes that occurred after the imaging date, considering the same year of analysis, are published in the next year. In the state of Para, SAMPro monitors 108 Special Areas (Indigenous Lands and State and Federal Protected Areas), which are 68,449,750 hectares, that representing around 55% of Para state. Using the software ArcGIS 9.3® joined the mesorregion of Pará state geographic database (anthropism, hotspots and roads), called static variables. Dynamic variables used to increase the synergism of static data from remote sensing were based on Francisco de Assis Costa's surveys, who detected the evolution of six trajectories in the Amazon. It is important to use references that potentialize not only damage measurement, but also understanding the logic that guides the environmental and agrarian system. The anthropism data presented by SAMPro, grouped by mesorregion confirm the technological trajectories concept and they influence even the conservation units and indigenous lands, considering the mesorregion that they are placed.

**Palavras-chave:** remote sensing, technological trajetory, ProAE, SIPAM, sensoriamento remoto, trajetória tecnológica.

## 1. Introdução

O Programa de Monitoramento de Áreas Especiais (ProAE) do Sistema de Proteção da Amazônia/Centro Regional de Belém (SIPAM/CR-BE) busca identificar, através de sensoriamento remoto, áreas antropizadas, passíveis de observação nas imagens ópticas e de radar disponíveis. O ProAE/CR-BE é um programa de monitoramento contínuo iniciado em 2007 com cronograma de execução anual, onde as alterações na cobertura vegetal ocorridas após os meses subsequentes à data de imageamento são divulgadas no ano seguinte. No estado do Pará, o ProAE monitora 108 Áreas Especiais, que possuem 68.449.750 hectares, representando em torno de 55% do território paraense.

A dinâmica da economia rural na Amazônia tem sido observada principalmente por meio do fenômeno do desmatamento, e avaliada basicamente pelos riscos ambientais a ela associadas, simplificando a realidade sócio-ambiental e o ProAE constitui um exemplo dessa prática. A economia rural da região Amazônica tem dinâmica e amplitude próprias, nem sempre consideradas nas discussões sobre os fenômenos deletérios em evidência. Neste sentido, o conceito de trajetórias tecnológicas aplicado ao entendimento das regiões de estudo são fundamentais para correção das distorções no desenvolvimento econômico dos municípios amazônicos.

As Unidades de Conservação e Terras Indígenas, conceituadas neste trabalho como Áreas Especiais, são áreas públicas que possuem restrições quanto à utilização do uso do solo e são monitoradas pelo SIPAM/CR-BE através do ProAE.

O estado do Pará é dividido em 6 mesorregiões, (Figura 1), onde cada uma possui suas características históricas e econômicas singulares, apresentando, portanto, perfil socioeconômico e pressão antrópica distintos.

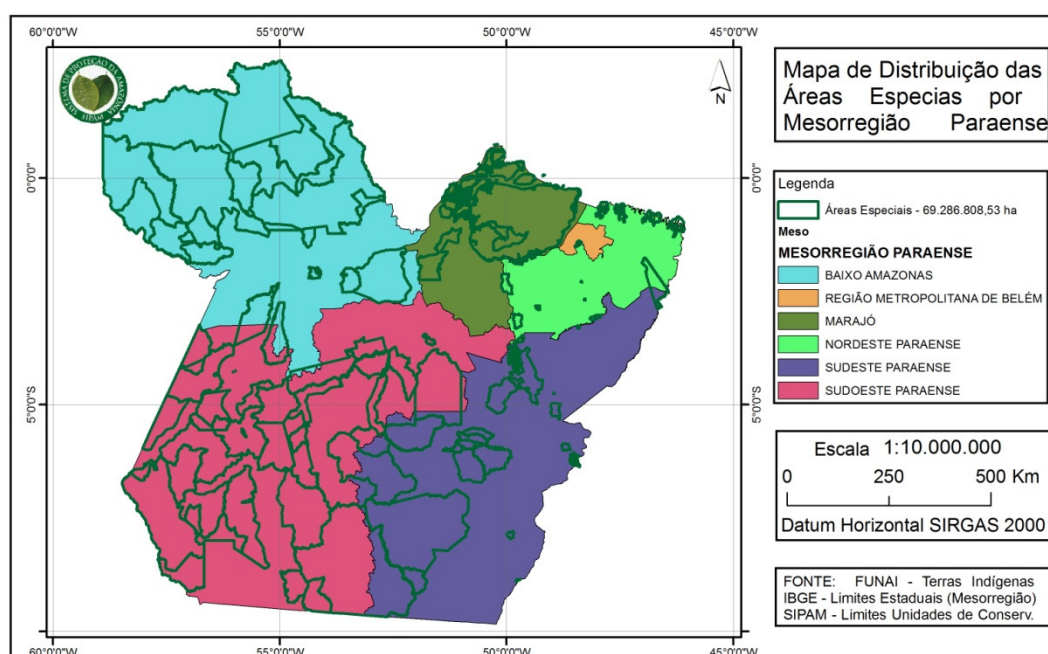


Figura 1 – Mapa de localização das Áreas Especiais por Mesorregião

Em estudos de Sensoriamento Remoto, dados provenientes de outras áreas se tornam indispensáveis de maneira que auxiliam às análises, corroboram e definem os resultados encontrados.

Este trabalho objetiva apresentar os dados de antropismo do ProAE associado aos dados das ocorrências de focos de calor e base cartográfica de estradas das 108 Áreas Especiais do

estado do Pará, discutindo com os conceitos de trajetórias tecnológicas detectados por Francisco de Assis Costa (2010), utilizando o recorte espacial por mesorregião como elemento de ligação.

## 2. Metodologia de Trabalho

Estudos desempenhados por Costa (2009; 2010) sobre as mesorregiões da região Norte detectaram seis trajetórias tecnológicas em evolução.

O conceito de mesorregiões utilizado pelo IBGE busca identificar áreas individualizadas em cada uma das Unidades Federativas, definindo as mesorregiões com base no processo social como determinante, o quadro natural como condicionante e a rede de comunicação e de lugares como elemento da articulação espacial (IBGE, 2010). Este trabalho utilizou o conceito de mesorregião, desenvolvido pelo IBGE como objeto de análise.

O ProAE utiliza imagens ópticas e de radar para monitoramento do antropismo nas Áreas Especiais. Para as imagens ópticas foi realizada a união das bandas espectrais disponíveis em um único arquivo a fim de melhorar o processo de classificação automática e permitir variadas composições coloridas para auxiliar a diferenciação de feições no processo de edição. As cenas foram registradas usando como referência o mosaico ortorretificado ETM+/Landsat-7 do ano de 2000 (Geocover), através da coleta manual de pontos de controle distribuídos uniformemente nas imagens realçadas. O processamento utilizou o método polinomial de 1ª ordem e interpolação pelo método do vizinho mais próximo, considerando Erro Médio Quadrático (RMS) inferior a 1 pixel. Nas imagens SAR/R-99 foi realizada união das bandas L e X, e suas respectivas polarizações. Em seguida procedeu-se a correção do padrão de antena para uniformizar a distribuição dos níveis de cinza nos segmentos. Não foram realizados registros nas cenas, pois as imagens SAR/R-99 têm um nível de georreferenciamento compatível com a escala de trabalho do programa, baseado nos pontos de GPS coletados pela aeronave (SIPAM, 2007).

Ainda segundo SIPAM (2007), na classificação automática das imagens óticas, utilizou-se a técnica MAXVER (Máxima Verossimilhança) que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos, onde cada pixel tem a máxima probabilidade de ser classificado na sua classe correspondente. Nas imagens de radar utilizou-se a interpretação visual, a partir de composições coloridas. Definiram-se basicamente duas classes de uso, sendo área antropizada (sem cobertura vegetal) e áreas não antropizadas (com cobertura florestal, afloramentos rochosos, rios e lagos).

A partir do ProAE/SIPAM/CR-BE gerou-se os dados de antropismo acumulado até 2009 das 108 AE do estado do Pará, somando-se os valores do ano-base (2007) e incrementos referentes aos anos 2008 e 2009.

Efetou-se seleção dos focos de calor no estado do Pará para o ano de 2009, considerando todos os satélites da série NOAA, GOES, AQUA, TERRA, METEOSAT-2, AQUA UMO, TERRA UMO, AQUA MX e TERRA MX, disponíveis no INPE (2010).

A partir da base de estradas SIPAM/IBGE (2004) na escala 1:250.000 efetuou-se o recorte por mesorregião, quantificando as existentes no interior das Áreas Especiais.

Utilizando o *software* ArcGIS 9.3® reuniu-se a base de dados das mesorregiões do estado do Pará, efetuando-se o recorte da área de estudo. A utilização desses três elementos (antropismo, focos de calor e estradas) são as variáveis estáticas analisadas a partir da utilização das ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

As variáveis dinâmicas utilizadas para melhorar o sinergismo de leitura dos dados estáticos provenientes do geoprocessamento e sensoriamento remoto foram baseadas nos estudos de Francisco de Assis Costa (2010), que detectou seis trajetórias em evolução na Amazônia, sendo três camponesas e três patronais. Costa utilizou dados secundários da

Produção Agropecuária Municipal (PAM), Produção Extrativa Municipal (PEM) e Produção Pecuária Municipal (PPM), no período de 1990 a 2007 para tal estudo.

Dosi (2006) *apud* Costa (2010) define trajetória tecnológica como um padrão usual de atividades que resolvem, com base em um paradigma tecnológico, os problemas produtivos e reprodutivos que confrontam os processos decisórios (racionalidades) que, por uma parte, emergem de relações sociais próprias, por outra, conformam relações técnicas particulares, profundamente marcadas pela diversidade de fundamentos naturais e institucionais que, por seu turno, formam o piso e o entorno de suas existências. Agentes camponeses e patronais têm modelos próprios de avaliação da consistência intertemporal e interespaçial de suas decisões, que os diferenciam intrinsecamente em seus modos de produzir, ao par das capacidades respectivas de acesso a instituições e ao conhecimento. As principais características das trajetórias encontradas por Costa e utilizadas neste trabalho são:

‘Trajetória Camponês.T1’ reúne o conjunto de sistemas camponeses que convergem para sistemas com dominância de culturas permanentes e produção de leite. Marcada por uso intensivo do solo, com sistemas diversificados (baixo impacto na biodiversidade) e baixa formação de dejetos/impacto poluidor.

‘Trajetória Patronal.T4’ reúne o conjunto de sistemas de produção em operação em estabelecimentos patronais que convergem para pecuária de corte. Marcada por uso extensivo do solo, homogeneização da paisagem (alto impacto na biodiversidade) e formação intensa de dejetos.

‘Trajetória Camponês.T2’ reúne o conjunto de sistemas camponeses que convergem para sistemas agroflorestais com dominância ou forte presença de extração de produtos não madeireiros. Observa-se que esta seria uma trajetória expressão de um ‘paradigma agroflorestal’ – no qual os processos produtivos pressupõem, em algum nível, a preservação da natureza originária.

‘Trajetória Camponês.T3’ reúne o conjunto de sistemas camponeses que convergem para sistemas com dominância de pecuária de corte.

‘Trajetória Patronal.T5’ reúne o conjunto de sistemas patronais que convergem para plantações de culturas permanentes em forma de plantation. Marcada por uso intensivo do solo, com homogeneização da paisagem (alto impacto na biodiversidade) e baixa formação de dejetos/impacto poluidor.

‘Trajetória Patronal.T6’ reúne o conjunto de sistemas patronais de silvicultura. Marcada por uso extensivo do solo, com homogeneização da paisagem (alto impacto na biodiversidade) e baixa formação de dejetos/impacto poluidor.

### 3. Resultados e Discussão

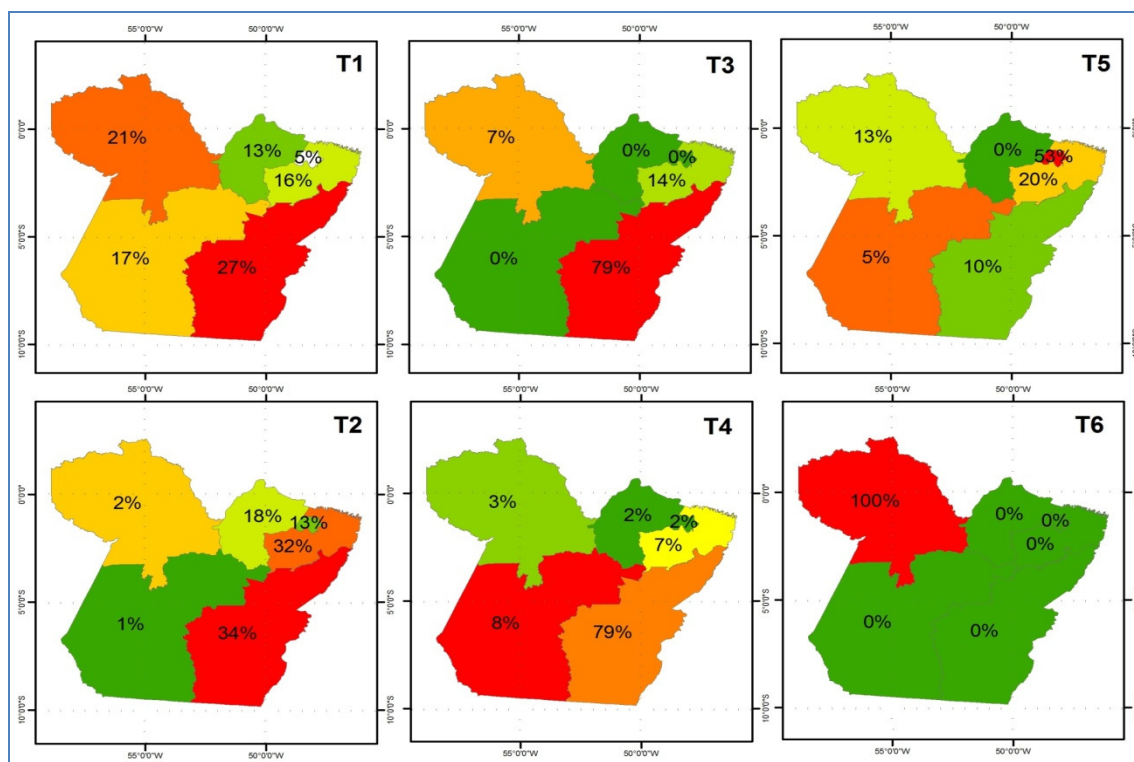
A espacialização das informações de trajetórias tecnológicas permite representar por mesorregião sua participação em termos de Valor Bruto da Produção Rural<sup>1</sup>. A Trajetória Camponesa.T1 explica 10% da área degradada. A economia em torno dessa trajetória cresce em termos absolutos a 5% a.a. A Trajetória Camponesa.T2 explica 3,5% da área degradada. A economia em torno dessa trajetória cresce em termos absolutos a 12% a.a. A Trajetória Camponesa.T3 explica 14% da área degradada. A economia em torno dessa trajetória cresce em termos absolutos a 7% a.a. A Trajetória Patronal.T4 explica 70% da área degradada. A economia em torno dessa trajetória cresce em termos absolutos a 5,1% a.a. A Trajetória Patronal.T5 explica 2% da área degradada. A economia da trajetória cresce em termos

---

1 O Valor Bruto da Produção Rural (VBPR) é o somatório da multiplicação da Quantidade Produzida (Qi) de cada produto (i) pelo seu Preço Pago ao Produtor (Pi). De modo que o VBPR se compõe de uma parcela correspondente aos Custos de Produção (CP) e outra de Rendimento Líquido do Produtor (RLP) na produção de Qi.

absolutos a 2,5% a.a. A Trajetória Patronal.T6 explica 0% da área degradada. A economia em torno dessa trajetória decresce em termos absolutos a -2,9% a.a. A Fig. 2 mostra as informações de VBPR por Mesorregião, segundo as Trajetórias Tecnológicas encontradas.

Figura 2 – Trajetórias Tecnológicas das Mesorregiões do Pará em Valor Bruto da Produção Rural (VBPR)



Fonte: Becker, Costa et al., 2009 (adaptado pelo autor)

A média geral de antropismo nas 108 Áreas Especiais do estado do Pará até 2009 apresentam valor em torno de 2,61% (SIPAM, 2009). A Tabela 1 apresenta os valores encontrados para as variáveis: Número de Áreas Especiais (N.º AE), Área das Áreas Especiais (Área\_AE\_ha), Focos de Calor nas Áreas Especiais entre 01.01.2009 até 31.12.2009 (Focos de Calor\_AE) e Estradas nas Áreas Especiais (Estradas\_AE). Todas essas informações estáticas foram agrupadas por mesorregião paraense.

Tabela 1 – Distribuição de variáveis por mesorregião

MESORREGIÃO	N.º AE <sup>2</sup>	Área_AE (ha)	Antropismo_AE - ha (2009)	Focos de Calor_AE (2009)	Estradas_AE (km)
Baixo Amazonas	20	24.219.163	253.122	1.533	32,3
Marajó	7	5.338.954	145.048	829	326,2
Nordeste Paraense	17	535.496	97.881	519	204,7
RMB (Belém)	3	8.450	3.045	0	7,0
Sudeste Paraense	25	10.188.581	680.853	1.845	1600,4
Sudoeste Paraense	36	28.159.106	605.045	3.102	1625,5
TOTAL	108	68.449.750	1.784.994	7.828	3796,2

<sup>2</sup> Nas Áreas Especiais que abrangem mais de uma mesorregião, utilizou-se o critério da maior porção geográfica que a AE ocupa para convencionar sua mesorregião, apenas para fins de contagem dos números apresentados nesta coluna.

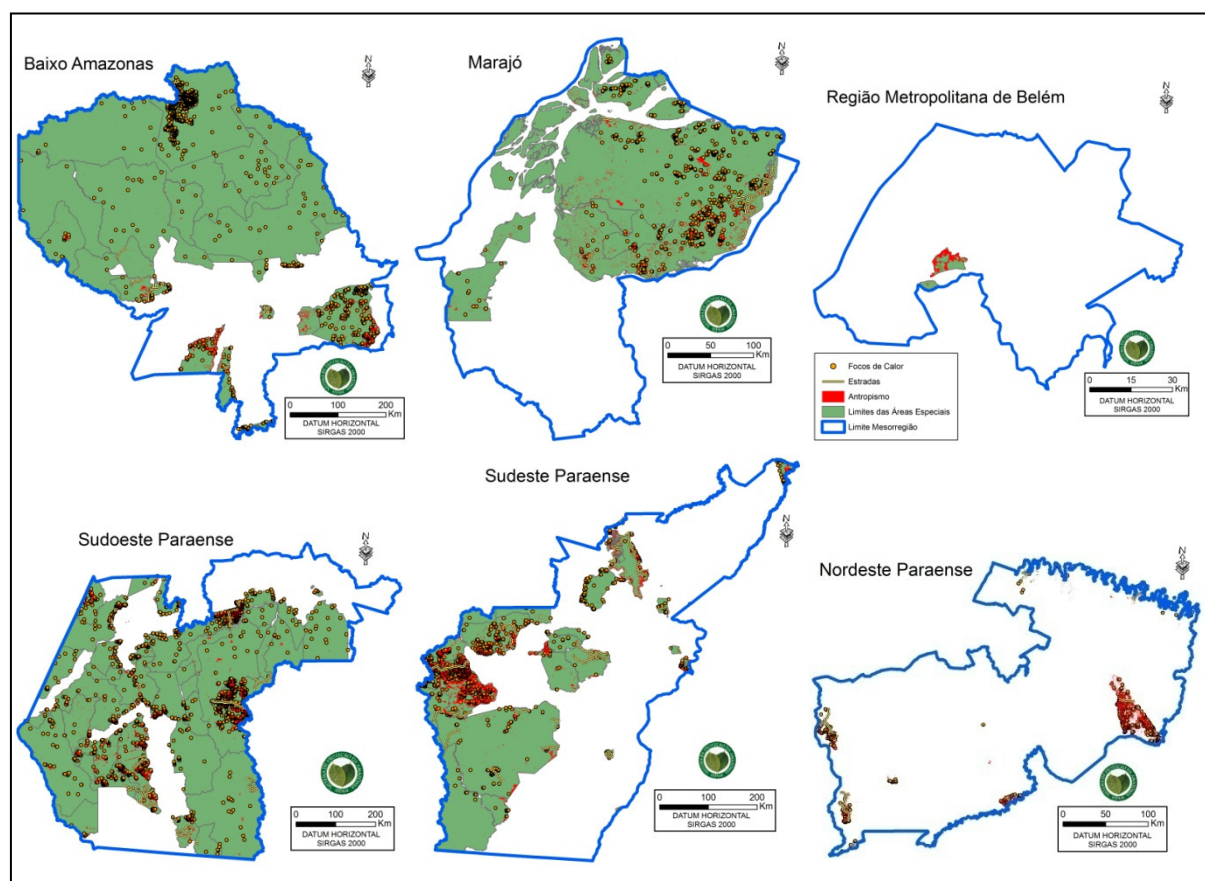
Apesar da baixa porcentagem de área antropizada das áreas especiais em relação à sua área total, as mesorregiões do Sudeste e do Sudoeste Paraense, que representam 56% das áreas especiais do estado do Pará, possuem mais de 72% do antropismo, 63% da ocorrência dos focos de calor e cerca de 85% da ocorrência de estradas. Nestas duas mesorregiões, a leitura dinâmica a partir do conceito de trajetórias tecnológicas mostra 44% de participação em relação à Trajetória Camponesa.T1, que representa 10% da área degradada, 79% de participação da Trajetória.T3 (14% da degradação) e também 87% da Trajetória.T4, que representa 70% da área degradada. Tanto na Trajetória.T1 quanto na T3 e T4, a atividade de pecuária apresenta destaque.

A mesorregião do Baixo Amazonas possui mais de 70% de seu território recoberto por Áreas Especiais, apresentando baixa ocorrência de estradas. É também a mesorregião com menor índice de antropismo calculado nas suas 20 Áreas Especiais, apresentando valor médio de 1,05%.O conceito de trajetórias tecnológicas para essa Mesorregião possui 100% da ocorrência da Trajetória Patronal.T6, que não gera áreas degradadas.

A mesorregião do Marajó também possui elevada parcela de seu território ocupado por Áreas Especiais, com mais de 51%. O antropismo médio calculado nas AE foi 2,72%. Os dados dinâmicos de Trajetória Tecnológica representam 13% Valor Bruto da Produção Rural para a Trajetória.T1 e 18% para a T.2, destacando na região a presença camponesa, com atividade de pecuária para produção de leite e sistemas agroflorestais (baixo impacto).

As mesorregiões da Região Metropolitana de Belém (RMB) e do Nordeste Paraense são as que possuem a menor ocorrência de AE em sua unidade territorial, representando menos de 1% em relação as AE do estado do Pará. Possuem elevado nível de antropismo em suas áreas especiais, com mais de 18,5%. Em termos de Trajetória Tecnológica, tem-se 73% do VBPR referente a Trajetória Patronal.T5 (monocultura, com alto impacto na biodiversidade), 45% da Trajetória Camponesa.T2 e 21% da Trajetória.T1. A Figura 3 ilustra esses resultados.

Figura 3 – Resultados de dados estáticos por Mesorregião Paraense (antropismo, estradas, focos de calor)



#### 4. Conclusões

As informações apresentadas neste trabalho podem subsidiar os gestores e tomadores de decisão, em especial os que trabalham em Unidades de Conservação e Terras Indígenas para entender melhor a realidade sócio-ambiental, considerando que existem peculiaridades por mesorregião paraense, que são representadas utilizando tanto os dados de sensoriamento remoto quanto os dados de trajetórias tecnológicas.

O conceito de trajetórias tecnológicas permite o entendimento do desenvolvimento econômico das mesorregiões, e estes dados apresentados podem complementar os resultados apresentados para o antropismo de acordo com os dados do ProAE.

Apesar da diferença temporal de dois anos entre os dados apresentados pelas análises de sensoriamento remoto (até 2009) e os dados apresentados pelas análises dos dados secundários dinâmicos (até 2007), baseadas em trajetórias tecnológicas nas mesorregiões da Amazônia, a interação de diferentes tipos de dados eleva em muito as possibilidades de entender o objeto em questão.

A mesorregião na qual cada Área Especial está localizada influencia no grau de antropismo que esta pode sofrer, fato que foi confirmado pela análise dos dados de sensoriamento remoto e pelos dados estatísticos de Valor Bruto da Produção Rural.

É importante utilizar referências que potencializem não só a mensuração dos danos, mas também o entendimento da lógica que movimenta o funcionamento do sistema agrário e ambiental. Os dados de antropismo apresentados pelo ProAE, agrupados por mesorregiões, confirmam o conceito de trajetórias tecnológicas e estes influenciam até as Unidades de Conservação e Terras Indígenas, considerando a mesorregião que estas estão localizadas.

#### Referências Bibliográficas

Becker, B. K.; Costa, F. A.; Costa; W. M. (2009). Um projeto para a Amazônia do século 21: desafios e contribuições. Brasília - DF, cgee.

Costa, F. A. (2010). Mercado e produção de terras na Amazônia: avaliação referida a trajetórias tecnológicas. Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi. Cienc.Hum. M. P. E. Goeldi. Belém - PA. **5**: 16.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2010. <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default\\_div\\_int.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default_div_int.shtm)>. Acesso em: 15 de Nov. 2010.

Instituto Nacional de Pesquisas Especiais (INPE). 2010. <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas>>. Acesso em: 10 de Nov. 2010.

Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2004. Base Cartográfica de Estradas na escala 1:250.000.

Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM). 2009. Centro Regional de Belém/PA. Programa de Monitoramento de Áreas Especiais.