



Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



**ANÁLISE DA DENSIDADE DE EVENTOS DE DEGRADAÇÃO FLORESTAL E
DESFLORESTAMENTO E SUA RELAÇÃO COM OS POLOS MADEIREIROS
NO ESTADO DO PARÁ**

Évelyn Mária Pôssa

Monografia apresentada para avaliação parcial
na disciplina de Introdução ao
Geoprocessamento (SER – 300) do Programa
de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto
do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

INPE

São José dos Campos

Junho de 2014

ANÁLISE DA DENSIDADE DE EVENTOS DE DEGRADAÇÃO FLORESTAL E DESFLORESTAMENTO E SUA RELAÇÃO COM OS POLOS MADEIREIROS NO ESTADO DO PARÁ

Évelyn Márcia Pôssa¹

¹ Mestranda em Sensoriamento Remoto (Reg.: 130192)
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil.
evelynpossa@yahoo.com

RESUMO

Conjunturas nacionais e internacionais de mercado, a navegabilidade dos rios na região do Pará, ampla disposição de áreas florestadas e os projetos rodoviários são alguns dos fatores que configuram essa região como responsável por mais de 40% da produção de madeira processada da Amazônia Legal. A compreensão e mensuração dos efeitos das atividades antrópicas na Amazônia é uma importante questão frente à necessidade de preservação desse bioma, que por meio de sua dinâmica influi no ciclo hidrológico, bioquímico e de energia, além disso abriga extensa biodiversidade e populações nativas. Diante desse contexto, o estudo objetivou avaliar por meio de um mapa de densidade a relação entre eventos de degradação florestal e desflorestamento e polos madeireiros no Estado do Pará. Para isso aplicou-se o determinador de densidade *Kernel*, método muito útil por viabilizar uma visão holística do padrão de distribuição de primeira ordem dos *eventos*. A análise dos resultados indicou que apenas alguns municípios sustentaram a hipótese de que o desflorestamento e degradação florestal estão relacionadas com a atividade madeireira, como Paragominas, Anapu, Tomé-Açu, Novo Progresso e Tailândia. Três fatores podem ter influenciado no resultado: os diversos tipos de atividades ligadas ao desflorestamento, o tipo de representação dos polos adotado no estudo e as incertezas a cerca da abrangência e a representatividade dos mesmos.

Palavras-chaves: Densidade de Kernel, polos madeireiros, degradação florestal, desflorestamento.

1. INTRODUÇÃO

Cerca de 70% do território do Estado do Pará é coberto por áreas florestais, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013). Somado a essa característica, conjunturas nacionais e internacionais de mercado, a navegabilidade dos rios na região do Pará, ampla disposição de áreas florestadas e os projetos rodoviários são alguns dos fatores que configuram essa região como responsável por mais de 40% da produção de madeira processada da Amazônia Legal. (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB, 2010).

Estudos realizados pelo Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia - IMAZON (VERÍSSIMO et al., 2002) indicam que as empresas madeireiras aglomeraram-

se em centros urbanos criados ao longo das rodovias, em áreas de concentração de serviços, infraestrutura e mão de obra disponível, próximas as áreas onde há cobertura florestal e boa logística de transporte para a madeira em tora e processada. Uma aglomeração de empresas é considerada como um polo madeireiro quando o volume de sua extração e processamento anual em tora é igual ou superior a 100 mil metros cúbicos (VERÍSSIMO et al., 1998).

O desflorestamento de uma área para fim de produção de madeira processada pode ser rápido ou um processo que pode durar anos. De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2008), esse processo tem início com a retirada das madeiras mais nobres, posteriormente extrai-se as madeiras para a construção civil e, por fim, suprimem-se as árvores de madeiras leves para a produção de compensados e placas. Na área degradada permanecem apenas árvores sem valor comercial ou árvores protegidas, remanescentes que dificultam a detecção do desflorestamento. A compreensão e mensuração dos efeitos das atividades antrópicas na Amazônia é uma importante questão frente à necessidade de preservação desse bioma, que por meio de sua dinâmica influi no ciclo hidrológico, bioquímico e de energia, além disso abriga extensa biodiversidade e populações nativas.

Diante desse contexto, o estudo proposto terá como objetivo avaliar por meio de um mapa de densidade a relação entre eventos de degradação florestal e desflorestamento e polos madeireiros no Estado do Pará

2. ÁREA DE ESTUDO, MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho teve como área de estudo o Estado do Pará, Estado que apresenta o maior setor madeireiro do Brasil. Para avaliar a correlação entre a densidade de evento de degradação florestal e desflorestamento e sua correlação com os polos madeireiros foram utilizados os seguintes dados: limites municipais do Pará¹; polos madeireiros² no ano de 2009; rodovias³, degradação florestal (DEGRAD)⁴ para o ano de

1 Disponível no Banco de Dados do IBGE.

2 Disponível no Banco de dados do Ministério do Meio Ambiente.

3 Disponível no Banco de dados do Plano Nacional de logística e transportes.

4 Dados disponíveis no banco de dados da Coordenação Geral de Observação da Terra – OBT - INPE

2009 e desflorestamento (PRODES)⁵ ocorrido no período de agosto de 2008 a julho de 2009, ano PRODES. Os dados dos polos madeireiros, da degradação florestal e do desflorestamento possuem cada qual suas incertezas. Diante disso, julga-se fundamental uma breve descrição desses dados para a compreensão das incertezas associadas a cada um deles.

2.1. Dados dos Polos pelo Imazon

Os dados dos polos madeireiros do estado do Pará foram adquiridos pelo Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – IMAZON, uma associação sem fins lucrativos, qualificada pelo Ministério da Justiça do Brasil como Organização da Sociedade Civil de Interesse Público. A unidade amostral do levantamento foram estabelecimentos que realizam o primeiro processamento da madeira nativa após sua extração, classificados em micro serrarias, serrarias, beneficiadoras, laminadoras e fábricas de painéis (IMAZON, 2010) (figura 1).



Figura 1: (A) Estabelecimento processador compensado; (B) Serrarias; (C) Beneficiadoras; (D) Laminadoras e (E) Microserrarias.
Fonte: Serviço Florestal Brasileiro (2010)

A aquisição desses dados pelo Imazon foi feita sob a seguinte metodologia:

⁵ Dados disponíveis no Banco de dados Multitemporal do Projeto monitoramento da Floresta Amazônica brasileira por satélite - PRODES.

- ❖ Identificação dos polos por meio de levantamento realizado na região em 2009;
- ❖ Mapeamento dos polos em campo com Global Position System - GPS;
- ❖ Classificação do tipo e o porte de todas as empresas madeireiras em funcionamento;
- ❖ Consultas aos representantes de sindicatos, associações de madeireiras e informantes-chave, para validar o censo;
- ❖ Amostragem das empresas, por categoria de processamento, por meio de aplicação de questionário⁶, aplicados somente para os proprietários (empresário) ou gerentes do estabelecimento;
- ❖ Digitalização, processamento e armazenamento em banco de dados.

O *shapefile* dos polos compõe o banco de dados do Ministério do Meio Ambiente e representa um aglomerado de empresas madeireiras, localizadas em sua maioria em centros urbanos. Esse fato explica os pontos dos polos estarem plotados nas sedes municipais. O dado possui associado a ele os seguintes atributos: número total de empresas que compõe o polo; consumo de toras em milhares de metros cúbicos; produção processada em milhares de metros cúbicos e número de empregos gerados (direto ou indireto). Considera-se madeira processada produto da transformação da madeira nativa em toras para produtos semi-industrializados como tábuas, pranchas, ripas etc. e industrializados (pisos, assoalhos, madeira compensada, entre outros) (VERÍSSIMO, et al., 1995).

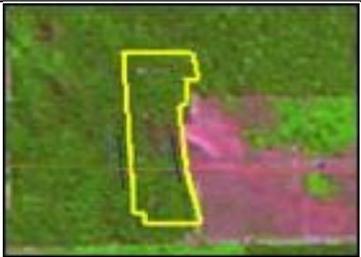
2.2. Dados DEGRAD

Os dados do sistema DEGRAD, desenvolvido em 2008 pelo INPE, foram utilizados nesse trabalho por possibilitar a identificação de áreas em processo de desmatamento, etapa que pode preceder o corte raso. O sistema DEGRAD detecta algumas intensidades de degradação (classificadas como leve, moderada e alta) por meio de aplicação de realces de contraste em imagens de modo a destacar as evidências. A tabela 1 apresenta os padrões de degradação, a cobertura da Terra associada e a aparência que esta cobertura imprime nas imagens.

⁶ Questionário semi-estruturado, abordando questões sobre a empresa e o empresário, caracterização da extração e transporte florestal, situação fundiária, consumo de madeira em tora, produção processada, destinação dos resíduos, empregos direto e indiretos gerados, custos para aquisição e transporte de matéria prima, dentre outras (IMAZON, 2010).

Tabela 1: Padrões de degradação, cobertura da Terra associado e a aparência que esta cobertura imprime nas imagens.

Fonte: Adaptado de INPE (2008)

Padrões de degradação	Cobertura da Terra	Exemplo de aparência apresentada nas Imagens
Intensidade Leve	Áreas que apresentam clareiras pequenas que podem estar relacionadas à extração de madeira de grande porte.	
Intensidade Moderada	Estágio intermediário em que ainda encontra-se árvores de grande porte e sub-bosque conservado. Identifica-se a presença de trilhas de arrasto e pátios de estoque de madeira, tornando evidente a ocorrência de extração de madeira	
Intensidade Alta	Supressão de boa parte das árvores de grande porte, com perda de sub-bosque. Processo que pode ser acompanhado de queimada. Contudo, muitas árvores mortas permanecem em pé. Padrão de fácil detecção na imagem MODIS.	

Algumas das incertezas associadas a este dado estão no fato de que a resolução das imagens LANDSAT utilizadas por esse sistema não permite distinguir desmatamentos menores que 6,5 hectares, limitando enormemente a precisão sobre a participação relativa dos menores agentes na dinâmica do processo de desmatamento (MARGULIS, 2003). Além disso, a resolução espacial das imagens também dificulta indicar a existência de degradação antes que o corte seja da ordem de 50% do dossel (INPE, 2008).

2.3. Dados PRODES

O PRODES estima a extensão desflorestada por município que fazem parte da Amazônia Legal, por meio do cálculo do desflorestamento acumulado e observado até o ano selecionado (INPE, 2013). Considera-se importante apresentar algumas das incertezas associadas ao dado. A classe “áreas não observadas” refere-se a área cobertas por nebulosidade que podem conter repartições de desflorestamento e essas não serem

computadas, além disso, o número de imagens utilizadas em cada levantamento anual varia em função da disponibilidade de cenas sem cobertura de nuvens, fato que pode afetar a resultante.

2.4. Metodologia

Para avaliar a distribuição espacial do desflorestamento e das áreas de degradação florestal, observando se os *eventos* possuem relação com polos madeireiros e seu consumo de toras por metro cúbico (m³), primeiramente os polígonos foram convertidos em pontos (conversão que tem como referência o centro geométrico do polígono) mantendo a informação de área (m²) associada a eles. Essa conversão foi feita por meio da ferramenta *Feature To Point management*, disponível no software ArcMap 10.1.

Em seguida, juntou-se os vetores dos pontos do desflorestamento e da degradação florestal por meio da ferramenta *Merge*, mantendo seus atributos. Para analisar a relação entre ocorrências de supressão da floresta e polos madeireiros utilizou-se os dois dados (PRODES e DEGRAD), tendo em vista que um trata de corte raso e o outro a fase de transição para o primeiro caso.

Posteriormente, foi aplicado o determinador de densidade (função *Kernel Density* do ArcMap), definido pela fórmula (1). O método Kernel é muito útil por viabilizar uma visão holística do padrão de distribuição de primeira ordem dos *eventos* (CÂMARA; et al., 2002).

$$\widehat{f}_h(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-X_i}{h}\right) \quad (1)$$

onde K = função de kernel; h = raio de busca; x = posição do centro de cada célula do raster de saída; X_i = posição do ponto i proveniente do centroide de cada polígono; e n = número total de ocorrências de desmatamento (centroides).

No software ArcGis 10.1, aplicando o método Kernel define-se uma vizinhança circular em torno de cada ponto da amostra (vizinhança ajustável pelo usuário) (figura 2), a partir disso esse GIS automaticamente aplica uma função k normal que atribui pesos de 1 no local do ponto a 0 no limite da vizinhança (figura 2).

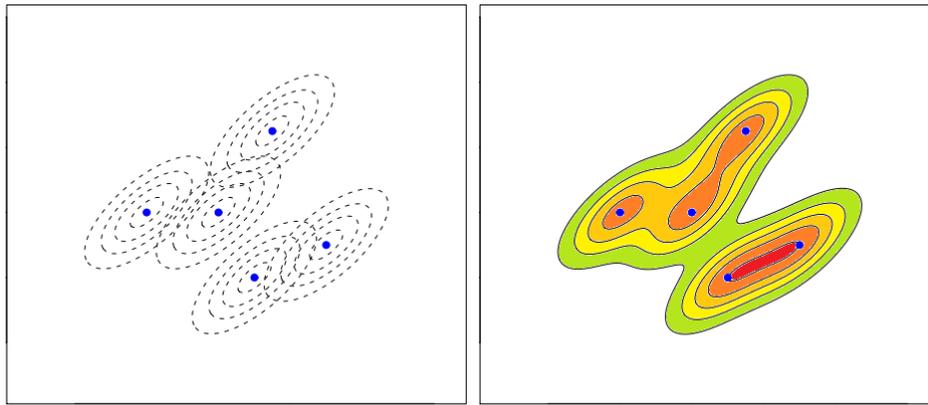


Figura 2: Estimador de densidade Kernel, função k Normal (ou gaussiana)
 Fonte: Adaptado de Ferreira (2009)

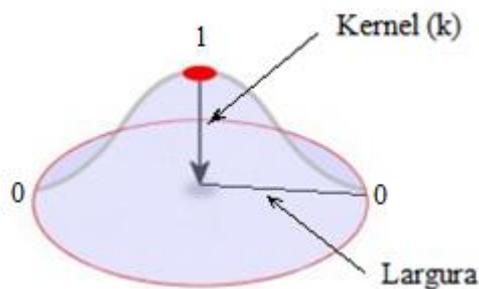


Figura 3: Estimador de densidade de distribuição de pontos (distribuição normal), onde são atribuídos valores mais alto no ponto central do raio de busca e zero para além do raio de busca
 Fonte: Adaptado de Ferreira e Sano (2013).

O estimador Kernel depende de dois parâmetros: da largura (o raio de influência τ) que define a vizinhança e da função k de estimação. Existem várias funções de interpolação k que diferem no modo de atribuir pesos para os pontos dentro do raio τ (CÂMARA; CARVALHO, 2002). As principais são a normal, utilizada nesse trabalho, a quártica, a triangular, a exponencial negativa e a uniforme.

- ❖ A função normal (pesos variando de 0 a 1) atribui maior peso aos pontos dentro do raio τ que apresentam maior proximidade entre si e os pontos mais afastados apresentam menor peso (aproximando-se do 0 dentro do limite de vizinhança e 0 fora da vizinhança) (como ilustrado na figura 2);
- ❖ A função uniforme pesa todos os pontos dentro do raio τ igualmente;
- ❖ A função quártica pesa pontos próximos mais do que pontos distantes e apresenta decréscimo progressivo;
- ❖ A função triangular pesa pontos próximos mais do que pontos distantes dentro do círculo, contudo o decréscimo da intensidade é mais rápido;
- ❖ A função exponencial negativa pesa pontos próximos muito mais intensamente do que pontos distantes.

Para o presente trabalho, fixou-se 4,5 km o tamanho dos lados do *raster* de a obter-se um equilíbrio entre uma boa resolução capaz de expressar visualmente a concentração de desmatamento em cinco classes e menor tamanho em bytes para otimizar o processamento. O raio do círculo de busca (τ), foi fixado com base no raio de ação de uma operação de fiscalização que gira em torno de aproximadamente 80km, de acordo com o trabalho de Ferreira (et al., 2013).

Em seguida, a fim de viabilizar a identificação das regiões de concentração de desmatamento, o *raster* resultante foi reclassificado em cinco classes de concentração, denominadas agora como: muito baixa (branco), baixa (verde), média (amarelo), alta (laranja) e muito alta (vermelho). Nessa reclassificação, utilizou-se o método de classificação *Natural Breaks* (ou método de Jenks) definido por Jenks (1967 apud FERREIRA; SANO, 2002). Esse método se baseia na natureza dos dados, identificando os pontos que maximizam as diferenças e os adotando como os limites das classes (ZUCHERATO, et al., 2011). Dessa forma o método possibilita a classificação dos dados de modo a minimizar a variância no interior das classes e aumentá-la entre as classes (FERREIRA; SANO, 2002), isto é, forma classes homogêneas internamente e assegura sua heterogeneidade entre as demais.

O *raster* já reclassificado foi transformado em uma camada vetorial utilizando para isso a função (*Raster To Polygon* do ArcGis). Em seguida, a fim de obter a área de cada classe de concentração Kernel usou-se a função *Dissolve* do ArcGis. Para cada classe foi calculada sua respectiva área em km² e em porcentagem considerando a área total do Estado do Pará.

Após essas etapas sobrepõe-se o *shapefile* dos polos. Mais uma vez utilizou-se o método de Jenks para a definição de classes do atributo “Consumo de Toras em m³”. Foram definidas cinco classes que posteriormente foram representadas por uma simbologia adequada para a representação de classes quantitativas graduais.

3. RESULTADOS

As figuras 4, 5, 6 e 7 apresentam respectivamente os mapas de densidade de eventos de desflorestamento e degradação florestal por km², mapa dos seis municípios cujo

setor madeireiro mais consome toras (m³), cruzamento do mapa de Kernel com o dados de consumo em toras (m³) por polo e o mapa de Kernel com a representação de rodovias.

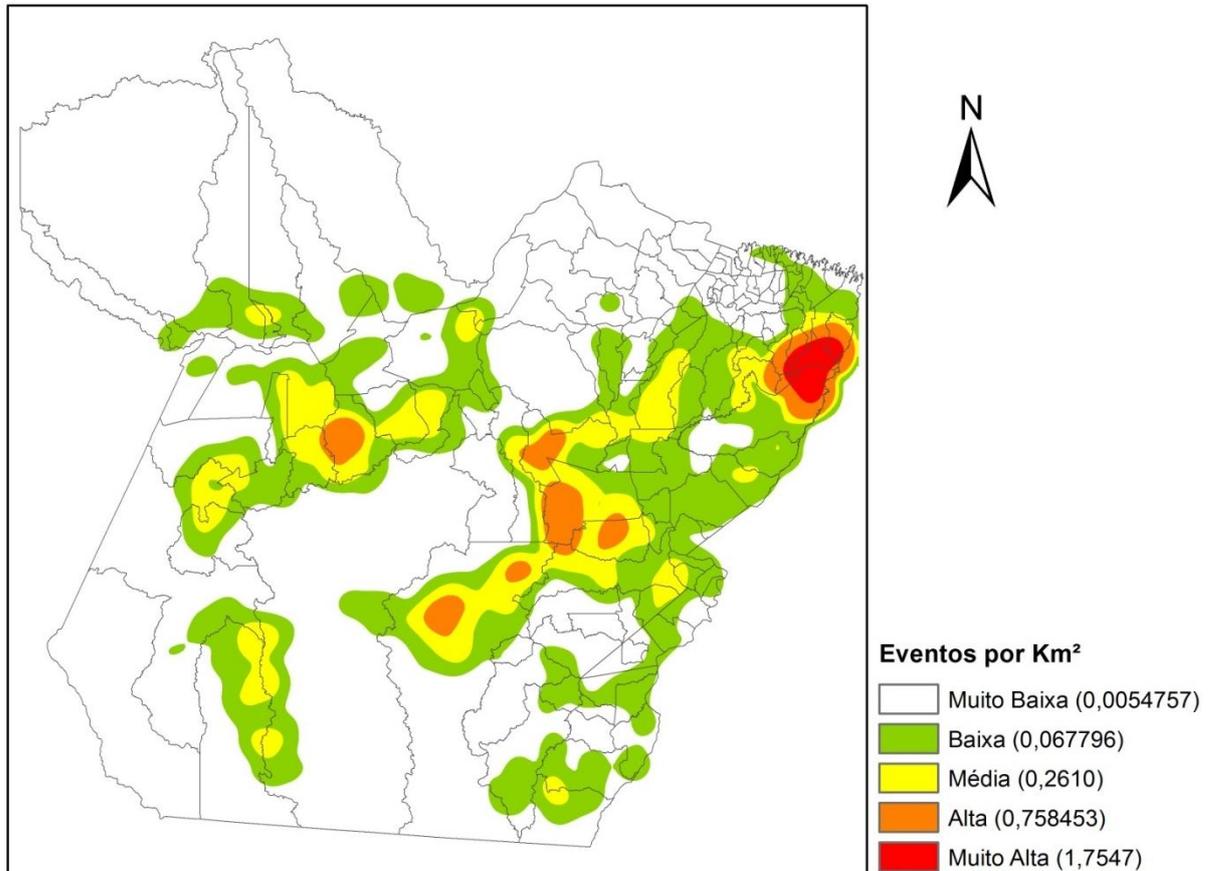


Figura 4: Mapa de densidade de eventos pelo método Kernel de desflorestamento e degradação florestal

A área para cada classe cresce gradativamente até a região de baixa concentração. Diferente das demais classes, esta última classe foi obtida por meio do cálculo da diferença entre a área total do Estado do Pará e a soma das áreas das demais classes, devido ao vetor resultante do processo de conversão *raster to polygon* ser um retângulo envolvente que não obedece os limites do Estado do Pará.

A tabela 2 mostra o número de eventos por região estimada pelo método Kernel. Nota-se mediante análise da tabela que a área de “muito baixa” concentração abarca 5.558 e representa 67,33% do área, enquanto a classe de menor área (2,28%), área quente, apresenta 5.769 eventos, isto é, maior número de eventos que região majoritária.

Tabela 2: Eventos por regiões Kernel

Classe	Eventos	Área (%)	Ocorrências por regiões Kernel (Km²)
Muito Baixa	5.558	67,33%	0,0054757
Baixa	14.155	16,73%	0,067796
Média	4.247	8,30%	0,2610
Alta	3.481	4,36%	0,758453
Muito Alta	5.769	2,28%	1,7547
TOTAL	33.210	100%	--

Por meio dos resultados identificou-se apenas uma única área de alta intensidade, localizada no arco do desmatamento, a leste do Pará, região que segundo Fearnside (2006) é dominada por grandes fazendas de pecuária. Parte dessa região de altíssima concentração encontra-se no município de Paragominas (figura 5e 6) que possui maior o setor madeireiro consumidor de toras de madeira (aprox. 755.000 m³) do Estado. Entretanto, Breves, município com o segundo maior polo consumidor (aprox. 444.000 m³), encontra-se em uma região de baixíssima concentração de eventos (0,0054 eventos por Km²) (figura 5 e 6)

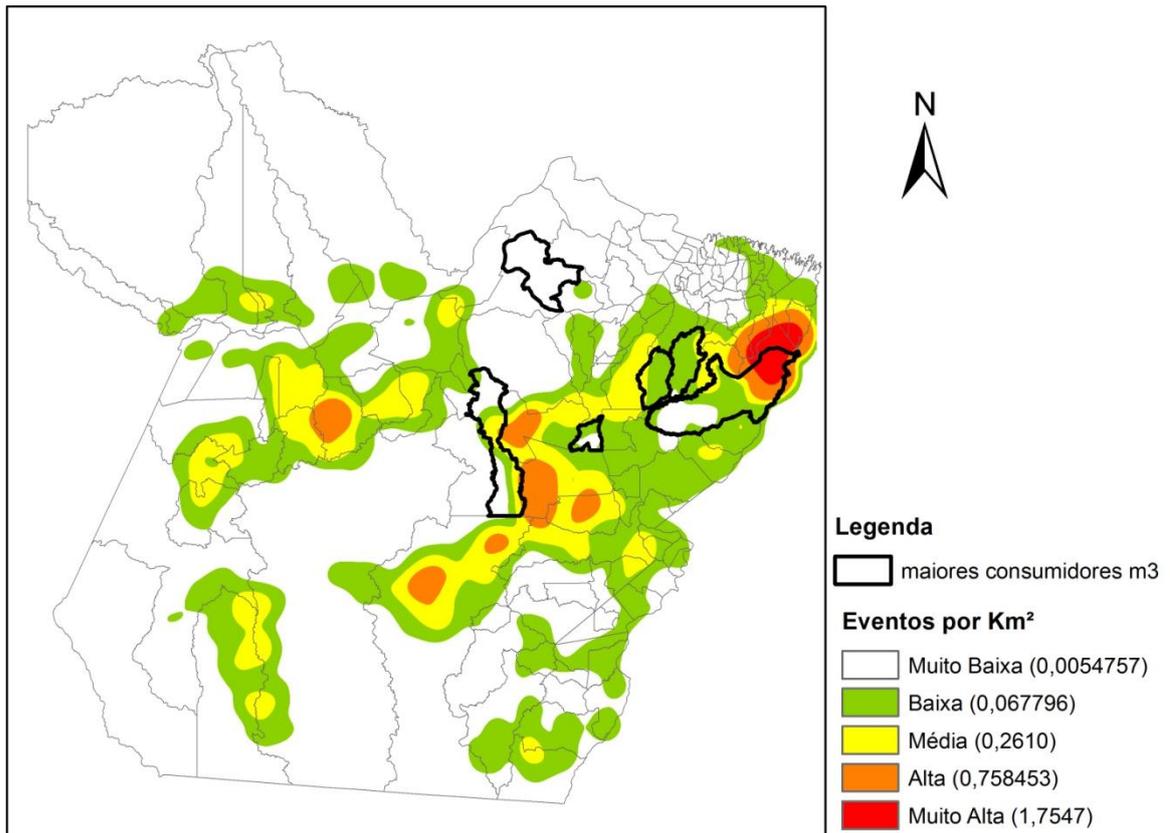


Figura 5: Municípios que mais consomem toras (m³) no setor madeireiro

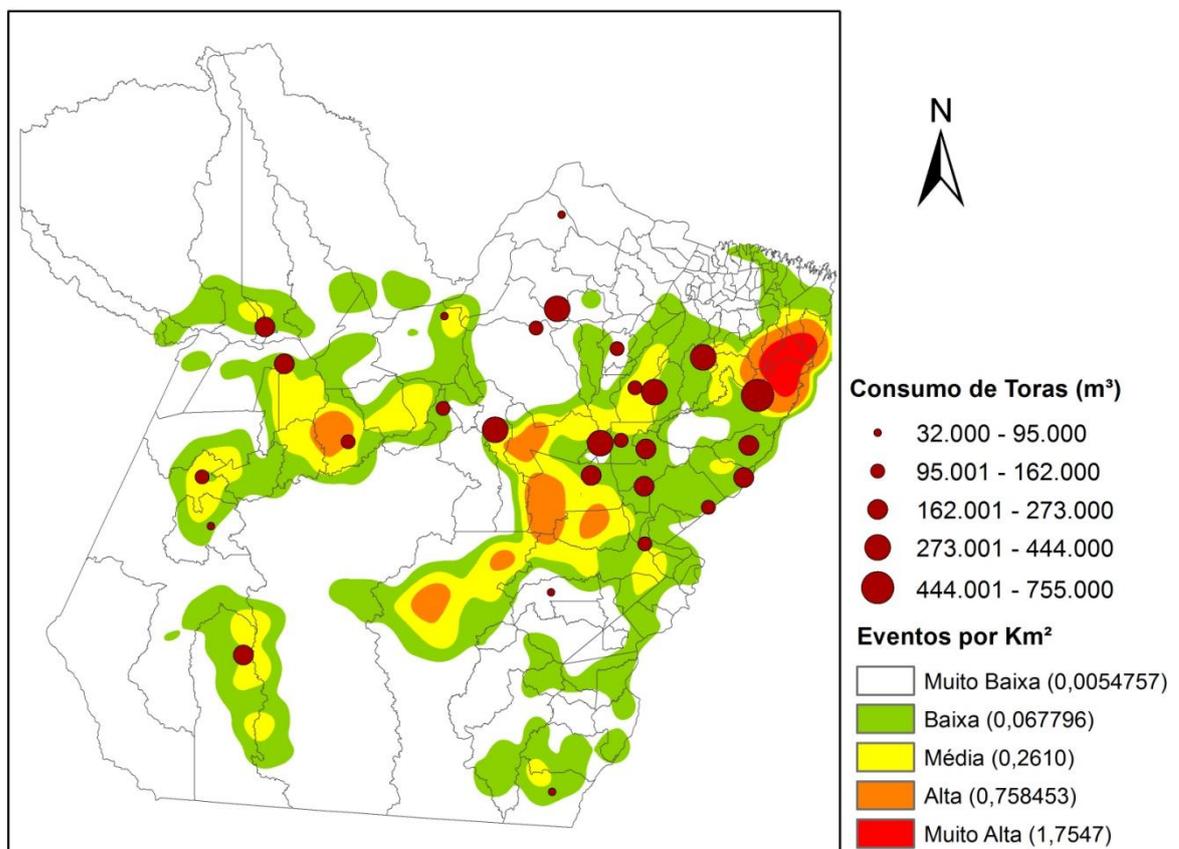


Figura 6: Consumo de Toras (m³) por polo

A sobreposição das rodovias ao mapa *Kernel* de eventos de desflorestamento e degradação florestal indicou uma correlação entre a distribuição espacial dos eventos, dos polos e das rodovias, sendo estas fundamentais para o escoamento das toras para os polos e dos polos para o mercado consumidor. O estudo de Ferreira et al. (2005) aponta que a proporção do desmatamento como função da distância das estradas na Amazônia legal apresenta padrões exponenciais (figura 8). De acordo com Fearnside (2006) ao longo da rodovia Transamazônica no Pará os pequenos agricultores são agentes importantes no desmatamento, contudo é claro que o domínio das médias e grandes propriedades.

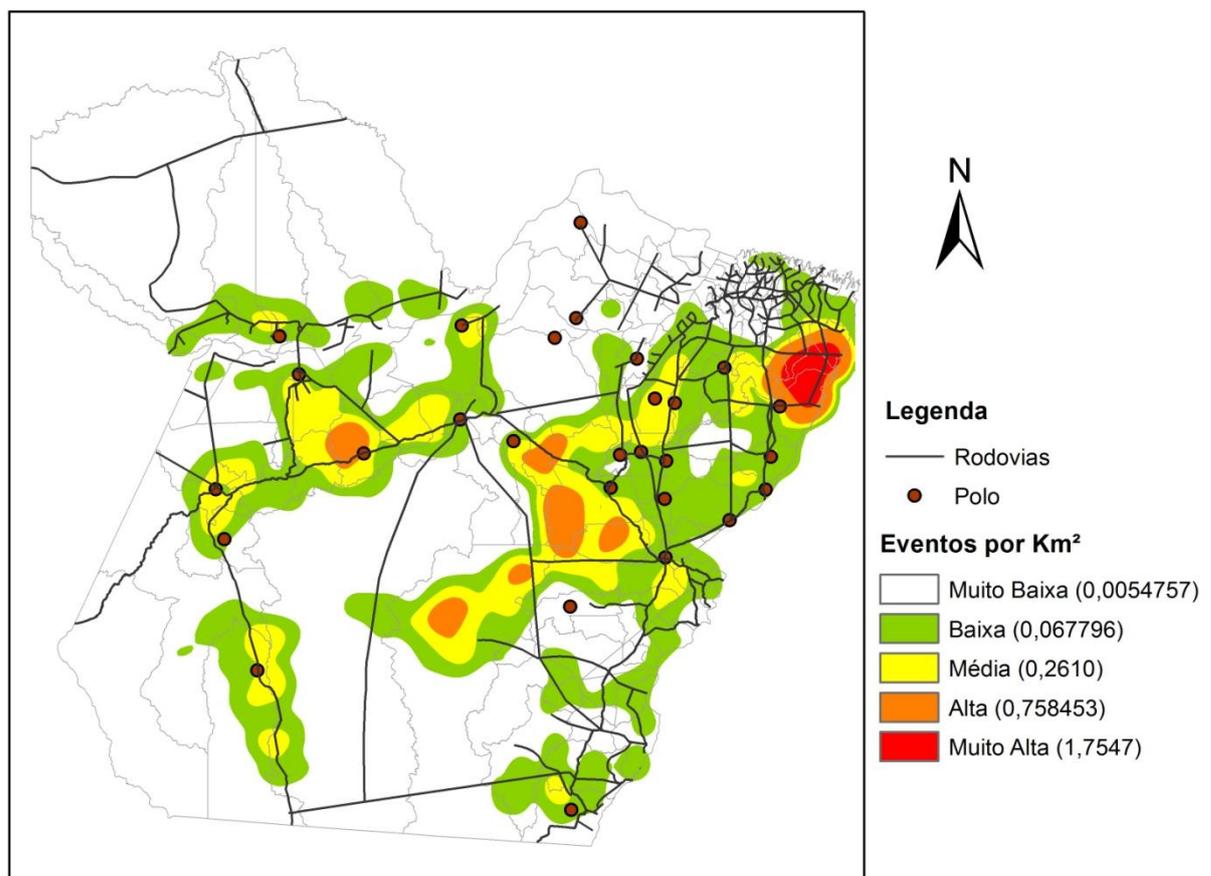


Figura 7: Mapa kernel, polos e rodovias

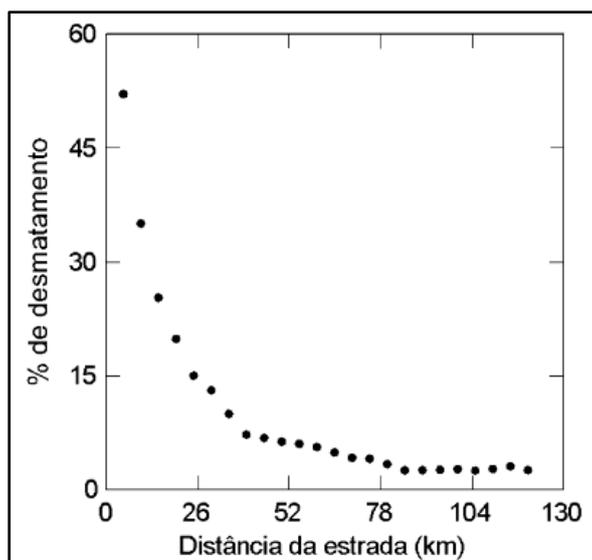


Figura 8: Desmatamento em função da distância da estrada.
 Fonte: Ferreira et al. (2005)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os municípios que melhor sustentaram a hipótese de que o desflorestamento e degradação florestal estão relacionadas com a atividade madeireira foram Paragominas, Anapu, Tomé-Açu, Novo Progresso e Tailândia. Contudo, o município de Breves apesar de deter o segundo maior polo consumidor de madeira em tora está localizado em uma área de baixíssima concentração. Da mesma forma o polo madeireiro de Uruará localizado em uma zona de alta densidade de eventos apresenta baixo consumo.

Três fatores podem ter influenciado no resultado: os diversos tipos de atividades ligadas ao desflorestamento, o tipo de representação dos polos adotado no estudo e as incertezas a cerca da abrangência e a representatividade dos mesmo.

REFERÊNCIAS:

CÂMARA, G.; CARVALHO, M.S. **Análise espacial de eventos**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. 2002. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap2-eventos.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2014.

FERREIRA, M. R. P. **Método Kernel: Estimação de Densidades e Classificação de Padrões**. Recife: UFPE, 2009. Disponível em: <http://www.cin.ufpe.br/~fatc/AM/kernel>. Acesso em: 12 jun. 2014.

FERREIRA, G. P.; SANO, E. E. Mapa de densidade de Kernel como indicador de desmatamento futuro na Amazônia Legal. **Anais...** XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013. São José dos Campos: INPE, 2013. Disponível em: <www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0933.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Projeto de levantamento e Classificação do Uso da Terra. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Uso da Terra do Estado do Pará - Relatório Técnico**. Rio de Janeiro, 2013. 149 p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal**. 2013. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia_TaxaProdes.pdf>. Acesso em: 15 maio de 2014.

_____. **Monitoramento Da Cobertura Florestal Da Amazônia Por Satélites Sistemas Prodes, Deter, Degrad e Queimadas 2007-2008**. São José dos Campos: INPE, 2008. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/Relatorio_Prodes2008.pdf>. Acesso em: 15 maio de 2014.

MARGULIS, S. **Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira**. 1ª Ed. Brasília: Banco Mundial, 2003.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados**. Belém - PA: Serviço Florestal Brasileiro (SFB), 2010.

VERÍSSIMO, A.; LIMA, E.; LENTINI, M. **Polos madeireiros do Estado do Pará**. Belém: Imazon, 2002.

VERÍSSIMO, A.; SOUZA JR., C.; STONE, S.; UHL, C. Zoning of timber extraction in the Brazilian Amazon: A test case using Pará State. 12 (1):1-10. [s.l.]: [s.n.]. **Conservation Biology**. 1998.

ZUCHERATO, B.; FREITAS, M. I. C. A determinação de um método de classificação para a elaboração de um atlas escolar “Atlas Ambiental do Estado de São Paulo”. In: Colóquio de Cartografia para Crianças e Escolares, 7, 2011. Vitória. **Anais...** Vitória, 2011. p. 66-83.