

## Análise de remanescentes de vegetação utilizando métricas da paisagem no município de São Félix do Xingu - PA

Ian Souza Bandeira Chaves<sup>1</sup>  
Rejane Ennes Cicerelli<sup>1</sup>  
Tati de Almeida<sup>1</sup>  
Henrique Llacer Roig<sup>1</sup>  
Kássia Batista de Castro<sup>1</sup>  
Leonardo Zandonadi Moura<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geociências da Universidade de Brasília - UNB, Brasília (DF),  
ian.engambiental@gmail.com, {rejaneig, tati\_almeida, roig}@unb.br, kassiabcastro@gmail.com;

<sup>2</sup>Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília - UNB, Brasília (DF), lzandonadimoura@gmail.com

**Abstract.** The piece of landscape fragmentation is changing ecosystem's process resulting in a lost of habitat and also offering the isolation of vegetation fragments that play several ecologic functions. Thus this current work has as a goal analyze forest fragment's status on private areas in the city of São Felix do Xingu - PA, north region of Brazil, through metrics forest fragments. We were developed three metrics: index of complexity of form, index of form and index of contiguity. To complete metrics analyses that were calculated, it was used kernel density analyze, with the purpose to show the concentration of the remaining vegetation degradation. The analyzed metrics were satisfactory for the study of forest remaining fragment situation, that in general this landscape has disaggregation fragments mainly in northeast of area. There is a concern with "Triunfo do Xingu Environmental Preserved Area" because this is an important forest cover and it do connection with others protect areas. In the other hand, the kernel density show that landscape has 437,26 km<sup>2</sup> of events related with forest degradation, mainly in settlements area. Besides, is important to say that the kernel's analyze of density and metrics shows itself as relevant tools to help in decision-making about proposal of public policies as well as taking actions to preserve biodiversity.

**Palavras-chave:** landscape metrics, forest fragmentation, geoprocessing, kernel density.

### 1. Introdução

O bioma amazônico representa 49% do território brasileiro e sua grande extensão e a heterogeneidade dos ecossistemas que o compõe implicam em uma rica biodiversidade responsável por abrigar inúmeras espécies endêmicas da fauna e flora. No entanto, nas últimas três décadas a expansão agropecuária e a extração madeireira tem provocado a substituição da floresta nativa por outros tipos de usos da terra provocando a fragmentação do maciço florestal (Laurence e Vasconcelos, 2009).

A definição de instrumentos normativos que coordenam a forma do uso da terra para a compatibilização das atividades antrópicas e da conservação dos recursos naturais é de suma importância disciplinar as alterações e interferências antrópicas negativas para o meio ambiente (Estevam e Pereira, 2015). No Brasil, a legislação do Código Florestal da década de 60 foi revogada recentemente pela Lei Federal nº 12.651 de maio de 2012 que intencionou adequar e compatibilizar o uso e ocupação do solo com os recursos naturais, mantendo limiares de preservação a fim de se conservar remanescentes florestais.

A estruturação da paisagem é essencial para caracterização da forma com que se comporta os fragmentos da vegetação (Lang e Blaschke, 2009). Os estudos e técnicas que quantificam a estrutura da fragmentação da paisagem estão sendo estudados a fim de inferir locais apropriados para conservação e criação de corredores ecológicos (Metzger, 2006). Dessa forma, as técnicas desenvolvidas para estudar a ecologia da paisagem possibilitam a análise e quantificação dos padrões de forma e conectividade (Hargis et al., 1998). O estudo de conectividade é essencial para a manutenção dos habitats e dos ecossistemas, pois mantém o fluxo gênico entre as manchas (Sanchez *et al.*, 2013).

Nesse contexto, o presente trabalho analisou a situação dos fragmentos florestais no norte do município de São Félix do Xingu (Figura 1) em áreas privadas a fim de identificar a necessidade de intervenções para a conservação da biodiversidade da vegetação remanescente. O intuito dessa pesquisa é estabelecer produtos que auxiliem e otimizem a tomada de decisão dos gestores públicos no processo de estabelecimento de práticas sustentáveis e na construção de políticas de conservação e uso sustentável da biodiversidade.

## 2. Metodologia de Trabalho

O município de São Felix do Xingu localiza-se no Sudeste do Estado do Pará e possui uma área de 84.213 km<sup>2</sup>, no qual no ano de 2000 foi recordista em desmatamento na Amazônia legal. O território possui uma população total de 406.000 habitantes, sendo que 154.838 vivem na área rural, o que corresponde a 38% do total. A área objeto deste estudo está localizada na porção norte e possui 27.874,27 km<sup>2</sup> considerando a área de proteção Ambiental Triunfo do Xingu, destacada em vermelho na Figura 1.

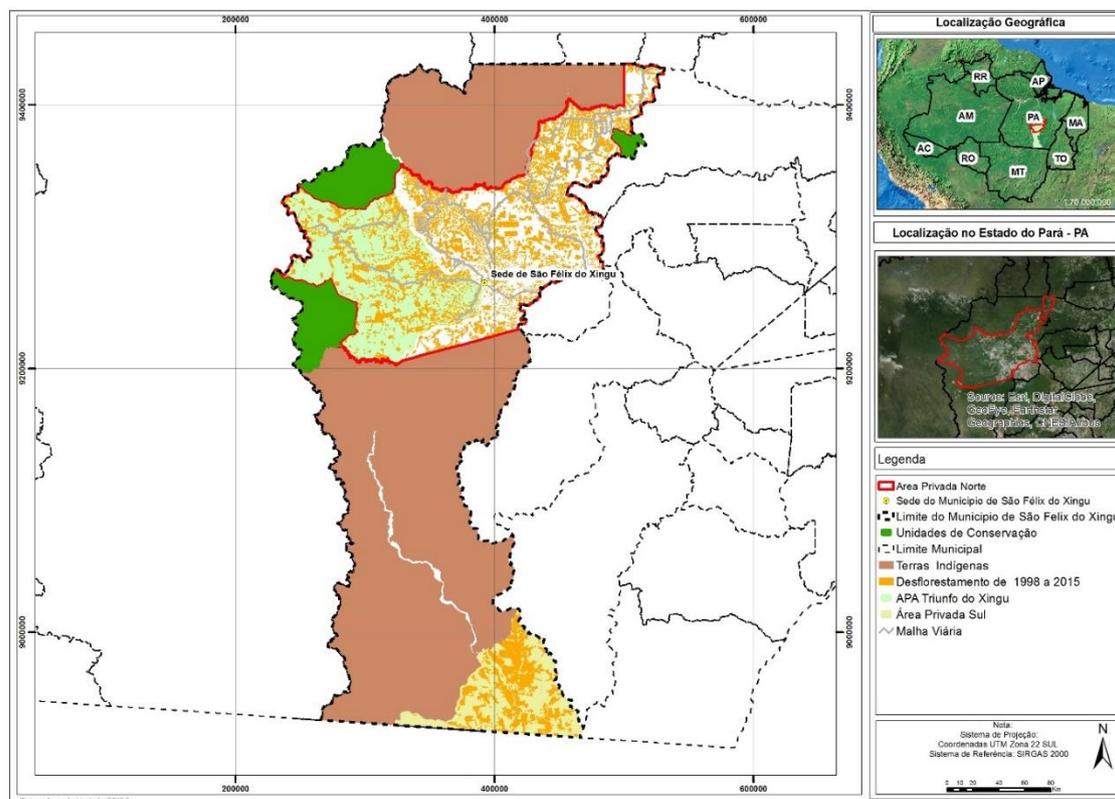


Figura 1. Localização do Município de São Félix do Xingu - PA e da área de estudo, delimitada em vermelho.

Os dados utilizados nesse trabalho foram adquiridos de forma gratuita e foram: (i) Mapa do uso do solo elaborado pelo Projeto TerraClass (INPE/Embrapa) de 2012 na escala 1:100.000 (INPE, 2012) e (ii) *Shapefiles* de Unidades de Conservação, Sedes, Terras indígenas, Áreas privadas, Área de proteção Ambiental Triunfo do Xingu, Malha viária e Assentamentos (MMA, INDE, 2015). Para o processamento das informações das métricas na paisagem foi utilizado o software Arcgis 10.2 e para posterior análise o software Fragstats (versão 4.2, McGarigal e Marks, 2012).

A análise da situação dos fragmentos florestais foi realizada ao nível da mancha, classe e de toda a paisagem. Mancha, segundo Lang e Blaschk (2009) consiste nas características geométricas dos fragmentos individuais observáveis na paisagem de acordo com a escala de

detecção e observação. Segundo os mesmos autores classe consiste no resumo de todas as manchas de uma determinada classe e paisagem se refere ao agrupamento de toda a paisagem onde manchas e classes são agrupadas.

Para obtenção da base de remanescente florestal, dado de entrada do Fragstats, foi utilizada a união de três classes do TerraClass (2012): vegetação secundária, floresta e não floresta (que em muitos casos foram interpretados como afloramentos rochosos).

As métricas foram selecionadas considerando as características da região e tomando como base o trabalho de Rodrigues (2011). Para análise das manchas de remanescentes florestais foram utilizadas as métricas relação perímetro/área; índice de forma e índice de contiguidade.

A relação perímetro/área (PARA, Equação 1), segundo McGarigal (2012), pode ser utilizada como índice de complexidade da forma, relaciona o perímetro com a área, sendo que quanto maior for o perímetro de um fragmento em relação à sua área mais a forma desse fragmento se distancia de uma forma estável, como um círculo.

$$PARA = \frac{P_{ij}}{A_{ij}} \quad (1)$$

no qual  $P_{ij}$  = Perímetro (m) e  $A_{ij}$  = a área do fragmento ( $m^2$ )

O índice de forma (SHAPE, Equação 2) foi introduzido por Forman e Gordron (1986) como medida de feição padronizada na ecologia de paisagens, este índice avalia a complexidade da borda dos fragmentos, comparando a uma forma padrão. Dados em o formato raster possui a forma padrão similar a um quadrado, dessa maneira, quanto mais distante desse padrão, mais irregular é considerada a forma.

$$SHAPE = \frac{25 \times P_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \quad (2)$$

no qual  $P_{ij}$  = Perímetro (m) e  $A_{ij}$  = área do fragmento ( $m^2$ )

O índice Contiguidade (CONTIG, Equação 3) permite verificar a conectividade espacial das células dentro de uma mancha avaliando a configuração entre elas. Este índice varia de 0 (quando a conexão entre os fragmentos é muito baixa) até 1 na medida em que a conexão vai aumentando (McGarigal, 2012).

$$CONTIG = \frac{\left[ \frac{\sum_{r=1}^z c_{ijr}}{a_{ij}^*} \right] - 1}{v - 1} \quad (3)$$

no qual  $C_{ijr}$  = valor de contiguidade do pixel  $r$  na mancha  $ij$ ,  $v$  = soma de todos os valores em uma janela móvel de 3 por 3 células,  $a_{ij}^*$  = A área da mancha em termos de número de células

Ainda, após o cálculo das métricas da paisagem, foi realizada uma análise da situação de conservação dos fragmentos florestais (Equação 4). Assim, utilizaram-se os dados do DEGRAD (Programa para o mapeamento da degradação florestal na Amazônia Legal) entre 2007 a 2013, fornecido pelo INPE como base. Esta base foi insumo para a elaboração de uma densidade de kernel. Na estimativa de densidade cada ponto é substituído pela sua função kernel e as várias funções kernel são reunidas para se obter uma superfície agregada, um campo contínuo de densidades, onde toda função kernel possui uma medida de distância associada (Longely et al, 2013). O produto proporcionou identificar áreas com maiores taxas de degradação florestal, ou seja, fragmentos florestais alterados por atividades antrópicas.

$$fh(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k \left( \frac{x-x_i}{h} \right) \quad (4)$$

no qual, k = função de kernel; h = raio de busca; x = posição do centro de cada célula do raster de saída; xi = posição do ponto i proveniente do centroide de cada polígono; e n = número total de ocorrências de degradação (centroides).

### 3. Resultados e Discussão

Os quantitativos de remanescente florestais de São Felix do Xingu realizados com base nos dados do TerraClass (2012) indicam 81% de área do município. As concentrações de fragmentos isolados estão próximas à sede do município na direção leste e ocorrem, também, na porção Sul.

A análise das métricas utilizadas no trabalho foram espacializadas de modo a melhorar o entendimento da dinâmica da situação da fragmentação na paisagem. A figura 2 mostra a relação do perímetro/área da área estudada na paisagem como um índice de complexidade de forma. Podemos observar que os fragmentos que possuem tamanho de 0 a 24 hectares possuem alta relação de área com perímetro, e estão em grande parte na porção centro-nordeste da área de estudo.

As áreas privadas segundo Hentz (2015) possuem uma tendência de sofrer o efeito de borda por hectare de floresta remanescente prejudicando a conectividade ambiental entre os fragmentos, tanto em reservas legais quanto nas áreas de preservação permanente, com isso, é recomendável adotar estratégias de preservação e implantação de cinturões verdes para minimizar fatores externos. De acordo com Sanders et al (1991), os remanescentes de vegetação considerados médios e baixos (Figura 2) possuem fragilidades e padrões de sustentabilidade inadequados com o passar do tempo, alterando os processos ecossistêmicos. A classe dos fragmentos maiores que 24 ha se concentram dentro da APA Triunfo do Xingu (zona oeste).

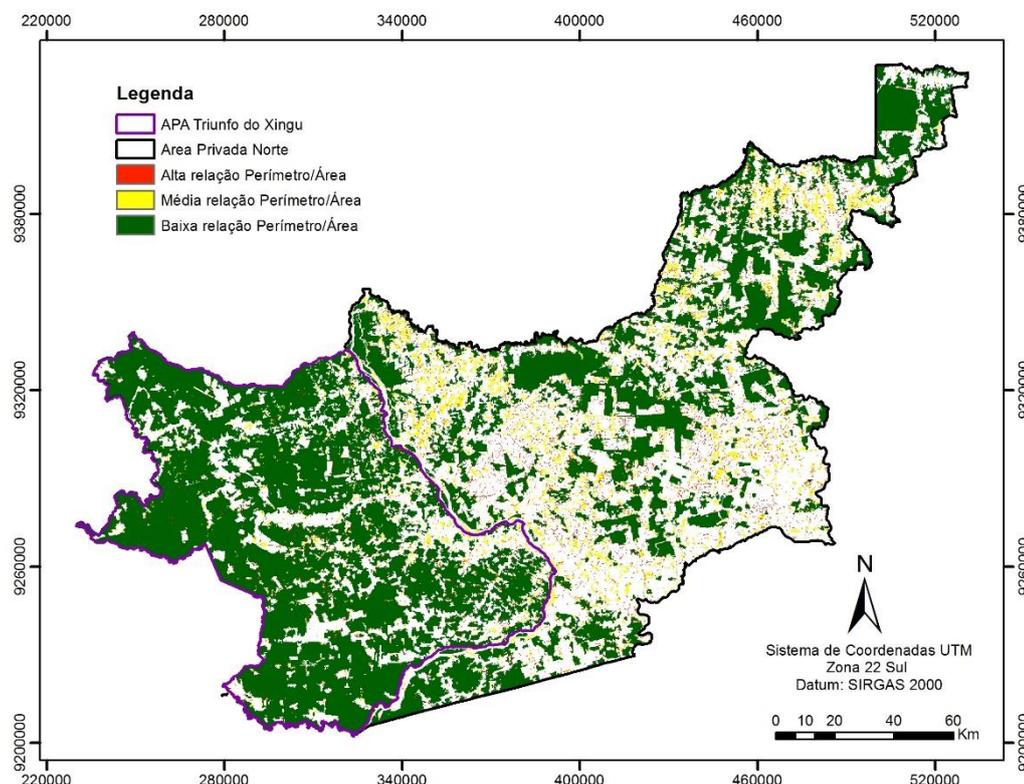


Figura 2. Relação de Perímetro e Área da vegetação remanescente.

O índice de forma na paisagem mostra a variação de baixa, média e alta, sendo o comportamento espacial bastante similar ao encontrado no índice de relação perímetro/ área (Figura 3). Os fragmentos que possuem valores de índice de forma altos estão em sua maioria na APA Triunfo do Xingu (porção oeste). Os fragmentos da área oeste (APA) possuem forma alongada e estão conectados, dessa forma, esses elementos desviam-se do padrão quadrado para mais complexo quando comparado com as áreas centro e leste de padrão semicircular. As estradas que cortam a paisagem têm bastante influência para a forma do fragmento visto que fragmentos de forma circular possuem uma maior representatividade na área central e leste (média a baixa).

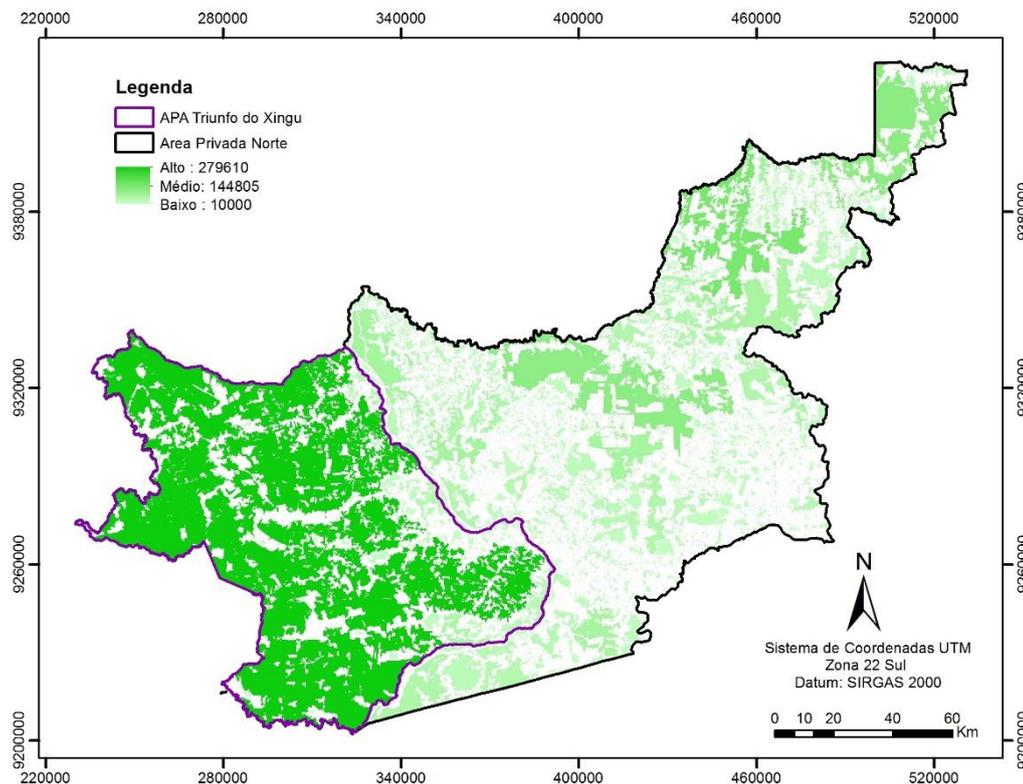


Figura 3. Índice de Forma da vegetação remanescente.

A Figura 4 mostra os resultados do índice de contiguidade, onde são observados os maiores fragmentos conectados e inseridos a oeste da área de estudo (APA). As classes de média contiguidade possuem uma representatividade maior nas áreas centro nordeste indicando uma conectividade menor dentro dos fragmentos. Resultados similares foram encontrados no trabalho de Camarinha (2011) onde os valores encontrados foram de 0,94 apresentando também uma grande conectividade entre os fragmentos.

As paisagens que abrange as propriedades privadas corroboram com o estudo de Metzger et al. (2009), no qual possuem características com manchas extremamente heterogêneas com fragmentos de vegetação pequenos e descontínuos.

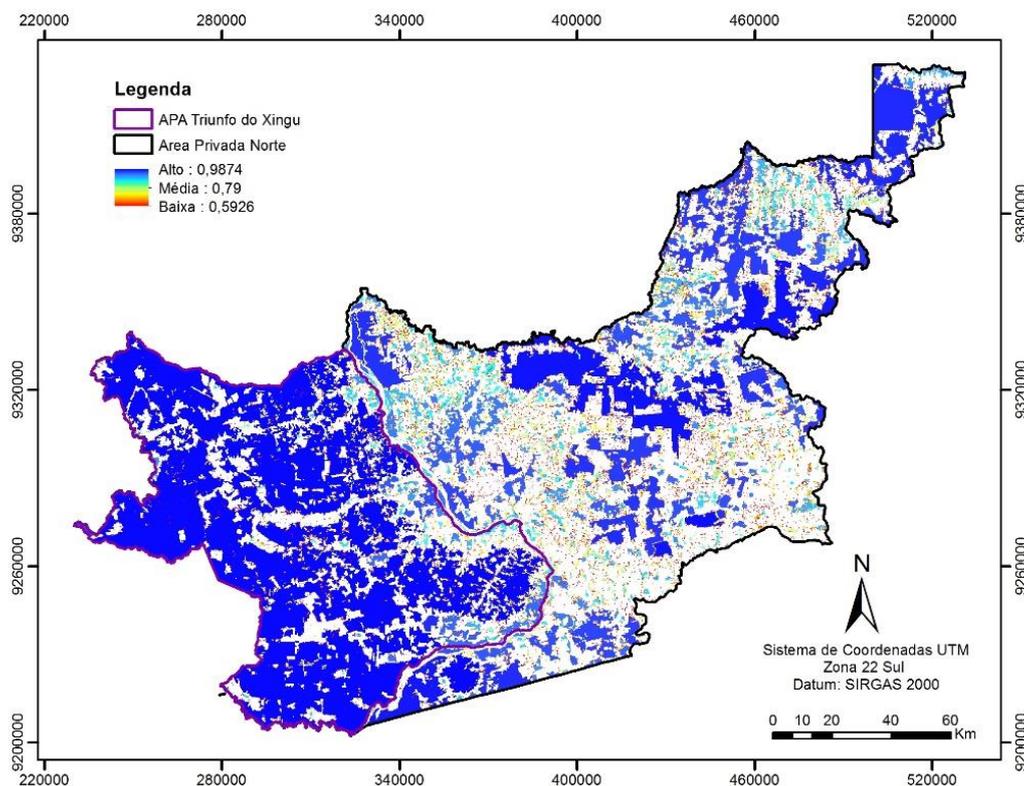


Figura 4. Índice de Contiguidade da vegetação remanescente – CONTI

A análise dos remanescentes de vegetação mostrou-se adequada para o entendimento da dinâmica de fragmentação da vegetação remanescente no município São Félix do Xingu. Os resultados mostraram fragmentos menores que 24 hectares possuem um alto grau de fragmentação florestal com base nos índices de forma e contiguidade que quanto mais irregular é a geometria da vegetação maior será a influência para o efeito de borda, fazendo com que fragmento restrinja sua função ecológica.

A Figura 5 mostra a concentração da degradação ambiental até o ano de 2013, mostrando que a área analisada vem sofrendo alterações significativas na fragmentação da paisagem. Destaca-se também a área do assentamento Pombal, indicada por uma seta, localizada no interior da APA Triunfo do Xingu, no qual se observa uma região altos índices de degradação florestal. Este resultado mostra que apesar de alguns fragmentos possuírem características favoráveis para a preservação ambiental, ainda são alvos de pressão do desmatamento.

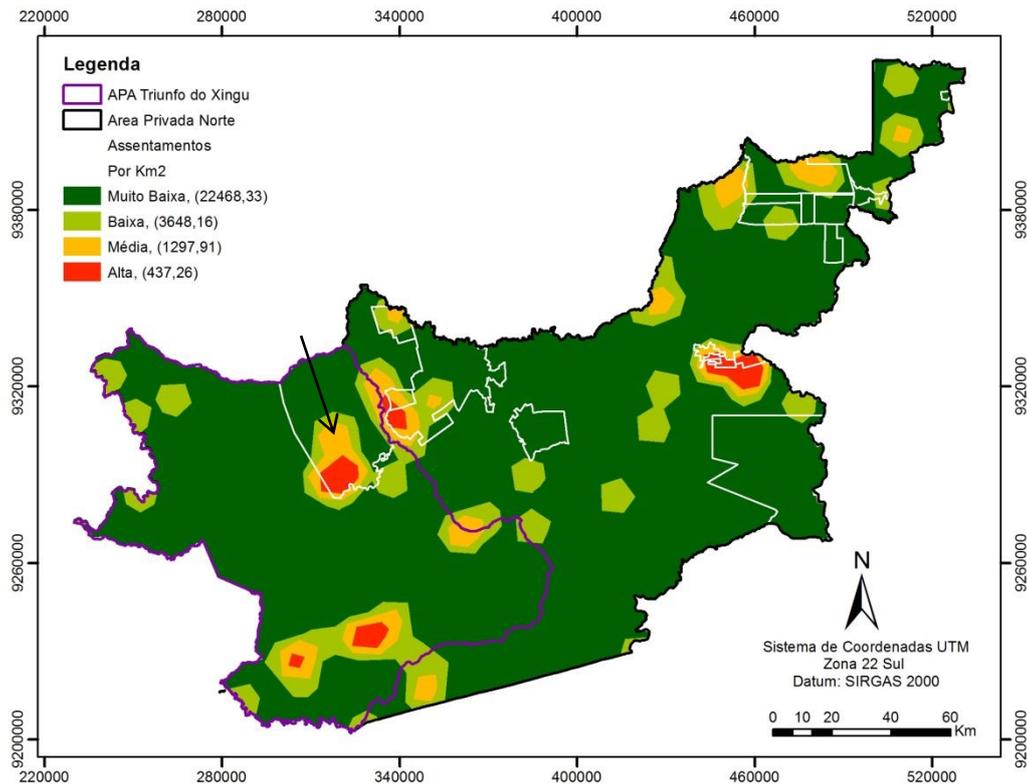


Figura 5. Densidade de eventos de degradação relacionada às áreas de assentamentos.

#### 4. Conclusões

As áreas privadas da região ao norte possuem fragmentos isolados no que corrobora para a descontinuidade dos fragmentos florestais. Sugere-se que seja adotada uma malha fundiária para indicação de áreas prioritárias que deverão ser recuperadas para a formação de corredores ecológicos.

A utilização dos softwares Fragstats 4 e do Arcgis 10.2 foi importante como uma ferramenta de análise de métricas da paisagem, sendo recomendável para futuros estudos a complementação deste trabalho, principalmente no que diz respeito a utilização de outras métricas da paisagem que podem contribuir para um melhor detalhamento nos estudos da dinâmica da fragmentação florestal.

Os resultados dos eventos da degradação ambiental por meio da densidade de kernel indicou que a paisagem possui 437,26 km<sup>2</sup> de áreas que sofrem com degradação florestal. Podemos observar também que a APA Triunfo do Xingu possui algumas áreas em processo de fragmentação da vegetação remanescente. A situação de alguns assentamentos como o PA Pombal mostra que existe uma alta concentração de degradação, representando risco para a biodiversidade local.

Por fim, é importante destacar que as informações geradas são fundamentais para o planejamento e gerenciamento dos recursos naturais, como manejo do solo, pois fornecem maior agilidade no processo de tomada de decisões por parte do poder público, onde também, servem de subsídios para o planejamento territorial de maneira sustentável e evitam problemas futuros de ocupação desordenada, garantindo melhor qualidade de vida para a população local.

#### Agradecimentos

A ESRI pela disponibilização do Pacote de ferramentas que compõem a Família ArcGis 10.x por intermédio do contrato nº 2011 MLK 8733 e a IMAGEM pelo apoio e viabilidade da concretização do termo de uso entre o Instituto de Geociências – Unb e a ESRI e pelo suporte aos softwares.

### Referências Bibliográficas

BRASIL. Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)> Acesso em: 23.dez. 2015

Estevam, L. S.; Pereira, S.A.. “As áreas de preservação permanente a luz do novo código florestal.” In: Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remot. (SBSR), 17, 2015, João Pessoa. **Anais...** São Jose dos Campos, 2015. Artigos, p. 2301 – 2308.

Forman, R.T.T., Godron, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley&Sons, 1986. 620 p.

Hentz, A. M. K. Avaliação da fragmentação dos remanescentes florestais da Bacia hidrográfica do rio Iguaçu – PR, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21, p. 2015, 2015

Hargis, C. D., Bissonette, J. A.; David, J. L. The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. **Landscape ecology**, v. 13, n. 3, p. 167-186, 1998.

INDE. 2015. **Visualizador da INDE**. Disponível em: <<http://www.visualizador.inde.gov.br/>>. Acesso em: 15 out. 2015.

INPE. 2012. **Dados TerraClass**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <[http://www.inpe.br/cra/projetos\\_pesquisas/terraClass2012.php](http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraClass2012.php)>. Acesso em :13.Out. 2015

Laurence, F.W.; Vasconcelos, H. Consequências ecológicas da fragmentação Florestal na Amazônia. **Revista Oecologia Brasiliensis**. v. 13, n. 3, p. 434-451. doi:10.4257/oeco.2009.1303.03

Lang, S. & T. Blaschke. 2009. **Análise da Paisagem com SIG**. Oficina de Textos, 424p.

Longely, P. A.; Maguire, D. J.; Goodchild, M. F.; Rhind, D. W. **Sistemas e ciência da informação geográfica**. 3. Ed. Porto Alegre, Bookman, 540p. 2013.

Metzger, J. P.; Martensen, A.C.; Dixo, M.; Bernacci, L. C.; Ribeiro, M. C.; Teixeira, A. M. G. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic Forest region. **Biological Conservation**. v.142, p. 1166-1177, 2009. doi: . <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.033>

Metzger, J.P. Como lidar com regras pouco óbvias para conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas. **Natureza & Conservação**, v. 4, n. 2, p. 11-23, 2006.

McGarigal, K.; S.A. Cushman. **FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst**. 2012 Disponível em:

<<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>>. Acesso em: 16.nov. 2015.

Rodrigues, G. O. 2011. **Análise de métricas da paisagem utilizando o Fragstats 3.3**. Instituto nacional de pesquisas espaciais programa de pós-graduação em ciência do sistema terrestre disciplina – padrões e processos de uso e cobertura da terra. Disponível em: < [http://ess.inpe.br/courses/lib/exe/fetch.php?media=wiki:user:trabalho1\\_metricasdapaisagem\\_grasielarodrigues.pdf](http://ess.inpe.br/courses/lib/exe/fetch.php?media=wiki:user:trabalho1_metricasdapaisagem_grasielarodrigues.pdf)> . Acesso em: 24.mar.2016.

Sanches, M. S. P. ; Marques, U. C. ; Oliveira, G. H. M. ; Barboza, R. S. L. ; Santos, G. G. A. .Conectividade entre fragmentos de matas ciliares no sudoeste da APA do Rio Curiaú-Amapá/AP. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos-SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2013. Artigos.

Sanders, D. A.; Hobbs, R. J.; Margules, C. R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**, v. 5, n.1, p. 18-32.