

Composição do índice de exposição antrópica de fragmentos florestais da bacia hidrográfica do Rio Una, Ibiúna/São Paulo

Jomil Costa Abreu Sales¹
Elfany Reis do Nascimento Lopes¹
José Carlos de Souza¹
Jocy Ana Paixão de Sousa¹
Naia Godoy Padovanni¹
Maria Cintia Matias de Morais¹
Darllan Collins da Cunha e Silva¹
Roberto Wagner Lourenço¹

¹Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/LABGEO
Av. Três de Março, 511 - Aparecidinha, Sorocaba - SP,
Caixa Postal - 18087-180
jomilc@gmail.com
elfanyl@hotmail.com
jcsouza1974@gmail.com
jocy_belem@hotmail.com
naiagp@gmail.com
cintia.bac@hotmail.com
darllanamb@yahoo.com.br
robertow@sorocaba.unesp.br

Abstract. Habitat fragmentation and populational isolation is one of the most serious biodiversity's threats. Therefore, this study developed a methodology, using geoprocessing techniques to promote the preservation of forest remnants on the Una River watershed, located in Ibiúna/SP, to identify areas under anthropic pressure.. Furthermore, along with the land use and vegetation cover study, it was created the Anthropic Exposure Indicator (IEA), across two variables, the Circularity Index (IC), and the Edge Effect Index (IEB). The results showed that the fragments have mostly very elongated shape and moderate anthropic pressure, agreeing IEB results. According to IEA the fragments 2 and 3, of Low Una, were classified as Medium exposure and the number 1 and 4 were classified as High exposure. Regarding the Middle Una fragments, the number 8 and 11 were classified as Medium exposure and the fragments 5, 6, 7, 9 and 10 as High exposure. The 12 and 15 fragments in Upper Una were classified as Medium exposure and 13 and 14 as High exposure. Therefore, the IEA can be interpreted as a potential tool for identification of forest areas with segmentation risk . Thus, after the identification of areas under anthropic pressure in expansion, it is essential to mitigate future impacts and define new politics to conservation vegetal areas. Finally, this study sought to demonstrate the possibility to use the geoprocessing and the remote sensing as management and planning tool of public policies for the environment.

Palavra-chave: geoprocessing, remote sensing, environmental index, geoprocessamento; sensoriamento remoto; indicadores ambientais

1. Introdução

Embora a fragmentação dos remanescentes florestais seja um fenômeno recorrente em todo o mundo, as florestas tropicais têm sofrido demasiadamente, levando grande parte da vasta biodiversidade das florestas a se tornarem ameaçadas de extinção (CANALE *et al.*, 2012).

Uma das consequências da fragmentação é um fenômeno também conhecido como efeito de borda. Resultado da redução de habitats e perda de espécies locais em função da expansão antrópica e consequente aumento do isolamento dos remanescentes florestais (CORRÊA, 2011).

O efeito de borda em longo prazo antecipa a extinção local em decorrência da fragmentação e isolamento dos remanescentes florestais. Afeta as populações locais das

espécies da fauna e flora, acarretando em mudanças nos processos ecológicos, como a polinização, predação, comportamento territorial e hábitos alimentares. Causando alterações nos padrões de atividade e intensidade de frutificação (SALES et al., 2016).

Segundo Watrin e Venturieri (2005) as muitas medidas quantitativas de composição da paisagem, conhecidas como métricas ou indicadores de paisagem ganham cada vez mais atenção, à medida que ajudam a compreender a estrutura complexas e a forma como esta influencia determinadas relações ecológicas.

Diversas métricas têm sido desenvolvidas para descrever padrões espaciais, a partir de produtos temáticos, obtidos através do uso integrado das ferramentas de geoprocessamento, assim como os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Tais ferramentas são importantes como subsídio para tomada de decisões no tocante ao ambiente natural e a políticas públicas (CARDOSO; FARIA, 2010).

O geoprocessamento é a área do conhecimento que possui a finalidade de tratar as diversas informações geográficas por meio de técnicas matemáticas e computacionais. A distribuição espacial e estrutural dos ecossistemas, parâmetros bióticos e abióticos podem ser analisados, permitindo uma análise ambiental mais rica, aumentando a compreensão do ambiente e incorporando informações antes não incorporáveis (SILVA et al., 2016).

Desta forma, o presente trabalho utiliza técnicas do geoprocessamento e sensoriamento remoto para desenvolver um indicador de exposição antrópica, baseada nos índices de circularidade e nos índices de efeito de borda em fragmentos da bacia hidrográfica do Rio Una, localizada no município de Ibiúna/SP.

2. Metodologia

2.1. Área de Estudo

Para a aplicação da metodologia, foi selecionada a bacia hidrográfica do Rio Uma. A área está inserida na décima Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio Sorocaba e Médio Tietê (UGHRI 10). Localizada no interior do Estado de São Paulo aproximadamente a 75 km da capital do Estado, entre os Municípios de Ibiúna e Piedade.

A bacia possui significativa importância e contribuição para os municípios da região. Juntamente com os rios Sorocabuçu e Sorocamirim, o Rio Una desemboca na Represa de Ituparanga. O reservatório é o principal manancial de captação de água para o município de Sorocaba e região, além de formar o Rio Sorocaba, principal afluente da margem esquerda do rio Tietê (CAVANI; ALBUQUERQUE-FILHO, 2008; SILVA, et al. 2016).

2.2. Aquisição dos Dados

A seleção das unidades amostrais foi definida após a elaboração da base cartográfica digital e posterior mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal.

Para isso, foi inicialmente realizada a análise das imagens de satélite multiespectrais ortorretificadas do sensor SPOT 5 (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*) com resolução espacial de 2,5 metros do ano de 2010 em composição cor verdadeira, cedidas pela Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA) da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Foi utilizado o SIG ArcMap 10.0 para o tratamento e análise das imagens de satélite.

O mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal foi realizado utilizando-se o método de classificação supervisionada multivariada de Máxima Verossimilhança sobre as imagens SPOT 5. As classes foram divididas em Solo exposto, Pastagem, Matas, Ecossistemas Aquáticos, Edificações Urbanas, Edificações Rurais, Campos Sujos, Agriculturas de longo período e Agricultura de curto período. Foram realizados campanhas de campo com vistas à retificação e confirmação de reconhecimento dos usos segundo o método utilizado (Sales, et al, 2016).

Em seguida os fragmentos florestais foram selecionados de acordo com a disposição geográfica, tamanho e composição vegetal. Para isso foi utilizado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para identificar os fragmentos com características florestais mais homogêneas.

Para gerar o *NDVI* foi aplicada uma álgebra de mapas entre as bandas do satélite do infravermelho próximo e a banda do vermelho no comprimento do visível segundo a equação (1):

$$NDVI = \frac{(NIR-VIS)}{(NIR+VIS)} \quad (1)$$

onde:

NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

NIR = Banda do infravermelho próximo;

VIS = Banda do vermelho no comprimento do visível.

Por meio do critério de homogeneidade da composição florestal, distribuição dos níveis altimétricos e declividades, de acordo como o perfil topográfico longitudinal, foram selecionados apenas fragmentos com área a partir de 10 hectares, resultando na seleção de 15 unidades amostrais para levantamento aplicação do IEA.

2.3. Índice de Circularidade (IC)

Segundo Viana e Pinheiro (1998) o IC é utilizado para demonstrar o potencial de interferência de seu entorno pela característica da forma circular ou alongada do fragmento. Nesse índice não é considerado a importância ecológica do fragmento, apenas classifica-o quanto a sua geometria.

Os valores de IC são calculados em um intervalo entre 0 e 1, sendo os valores próximos de 1 indicam fragmentos com tendência a forma circular, e a medida que este valor torna-se menor, o fragmento apresenta uma forma mais alongada (equação 2):

$$IC = \frac{2\sqrt{\pi A}}{P} \quad (2)$$

onde:

IC = Índice de Circularidade,

A = Área do fragmento,

P = Perímetro do fragmento.

2.4. Índice de Efeito de Borda (IEB)

Para avaliar o efeito causado pelo tipo de atividade antrópica presente no entorno dos fragmentos, foi gerado o Índice de Efeito de Borda (IEB).

O índice foi criado com base na medida da superfície de contato imediato dos diferentes tipos de uso do solo com o perímetro dos fragmentos florestais, atribuindo-se pesos de acordo com seu grau de importância e de prejuízo, para as 9 classes de uso do solo.

Os pesos variam de acordo com o número de classes de uso do solo e cobertura vegetal, ou seja, de 0 a 9, e a definição de importância e prejuízo adaptada de Lourenço et. al. (2014).

Tabela 1 - Valores atribuídos as classes de uso do solo

| Uso do Solo | Valores |
|-----------------------|---------|
| Matas | 0 |
| Ecosistemas Aquáticos | 0 |

| | |
|------------------------------|------|
| Campos Sujos | 0,15 |
| Agricultura de longo período | 0,35 |
| Pastagem | 0,45 |
| Agricultura de curto período | 0,60 |
| Solo exposto | 0,75 |
| Edificações Rurais | 0,75 |
| Edificações Urbanas | 1 |

2.5. Indicador de Exposição Antrópica (IEA)

O IEA foi criado a partir do IC e do IEB. A esses índices, foram estipulados pesos referentes à importância de cada um no fator de sustentabilidade dos fragmentos frente à exposição às atividades antrópicas desenvolvidas no seu entorno.

O IC recebeu peso 1, enquanto que o IEB recebeu peso 2. Como o valor de IEB varia de 0 a 1 sendo 0 a condição de maior proteção, será subtraído 1 do valor do IEB. Assim o IEA terá variação de 0 a 1, sendo 0 o cenário de maior exposição aos efeitos das atividades antrópicas sobre o fragmento e 1 o cenário de menor pressão das atividades antrópicas, adaptado de Lourenço et al., (2014). Portanto, o IEA é a média ponderada dos valores do IC e IEB como mostrado a seguir (Equação 3).

$$IEA = \frac{IC + 2(1 - IEB)}{3} \quad (3)$$

Onde,

IC = Índice de Circularidade

IEB = Índice de Efeito de Borda

IEA = Indicador de Exposição Antrópica

3. Resultados

3.1. Base cartográfica digital e compartimentação morfométrica

Como resultado da criação de uma base de dados cartográfica da bacia hidrográfica do Rio Una foi obtido informações referentes à altimetria e densidade de drenagem, que permitiram realizar a compartimentação morfométrica da bacia hidrográfica em Baixo, Médio e Alto Una, com o objetivo de avaliar a interferência da altitude nas variáveis observadas, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Densidade de drenagem em função da variação altimétrica, comprimento e área dos cursos d'água.

| Divisão da Bacia hidrográfica do Una | Variação altimétrica (h) em metros | Comprimento total dos cursos de água (Lt) em km | Área total (A) em km ² | Densidade de Drenagem (Dd) |
|--------------------------------------|------------------------------------|---|-----------------------------------|----------------------------|
| Baixo Una | 836 - 850 | 54,38 | 22,07 | 2,5 |
| Médio Una | 850 - 940 | 150,17 | 53,84 | 2,8 |
| Alto Una | 940 - 1175 | 72,79 | 20,51 | 3,5 |

É possível observar de acordo com os dados morfométricos da bacia que a subdivisão do Médio Una representa 55.84% da área de estudo, com maior comprimento de curso d'água. No entanto, o Alto Una possui a maior densidade de drenagem. Isso se deve ao fato do Alto Una estar sob influência da declividade e do relevo da bacia.

Após a segmentação da bacia, foi realizar o mapa de uso do solo e cobertura vegetal. É possível observar na Tabela 3 a distribuição dos diferentes tipos de usos do solo e cobertura vegetal, sendo possível observar a importante presença de atividades antrópicas nos três setores da bacia, o que influencia negativamente a biodiversidade local.

Tabela 3 - Classes de uso do solo distribuídas ao longo da Bacia do Rio Una.

| Classes de uso do solo | Área por classes (ha) | Baixo | | Médio | | Alto | |
|------------------------------|-----------------------|---------------|--------|---------------|---------|---------------|---------|
| | | Área (ha) | Total | Área (ha) | % Total | Área (ha) | % Total |
| Agricultura de curto período | 2204,0 | 338,4 | 15,40% | 1605,7 | 72,80% | 260,0 | 11,80% |
| Agricultura de longo período | 229,3 | 21,4 | 9,30% | 144,9 | 63,20% | 62,9 | 27,50% |
| Campos Sujos | 1009,6 | 289,0 | 28,60% | 594,5 | 58,90% | 126,2 | 12,50% |
| Edificações Rurais | 773,9 | 253,8 | 32,80% | 466,4 | 60,30% | 53,7 | 6,90% |
| Edificações Urbanas | 272,6 | 272,6 | 100% | - | - | - | - |
| Eossistemas aquáticos | 63,0 | 14,0 | 22,30% | 35,2 | 55,90% | 13,9 | 21,80% |
| Matas | 3945,0 | 877,8 | 22,20% | 2084,7 | 52,80% | 982,6 | 25,00% |
| Solo exposto | 15,51 | 9,1 | 58,72% | 6,1 | 39,84% | 0,2 | 1,44% |
| Pastagem | 1120,89 | 127,7 | 11,38% | 448,5 | 39,68% | 551,2 | 48,94% |
| Área Total (ha) | 9633,8 | 2203,7 | | 5386,0 | | 2050,7 | |

É possível observar o predomínio da classe de Matas em todas as subdivisões da bacia, de acordo com a área ocupada. É importante salientar, que parte da área urbana do município de Ibiúna está inserida na porção Noroeste do Baixo Una. Trata-se de uma área de grande impacto e interferência para os fragmentos, pois nessa área há a presença também de agricultura de curto período e campos sujos.

A área do Médio Una apresenta 30% de sua extensão coberta por áreas de agricultura de curto período, além de edificações rurais e campos sujos. Por fim, o Alto Una, é predominado por áreas de pastagens, agricultura de longo e curto período.

Após a classificação do uso do solo a vegetação foi avaliada de acordo com o NDVI, e 15 fragmentos florestais foram selecionadas como unidades amostrais para avaliar o IC e IEB.

3.2. Índice de Exposição Antrópica

De acordo com os valores do IC e IEB obteve-se o produto final chamado IEA. De acordo com Lourenço et al. (2014), IEA variará de 0 a 1, sendo que 1 representa o pior cenário de exposição aos efeitos das atividades antrópicas sobre o fragmento e 0 o cenário de menor pressão das atividades antrópicas. A tabela 4 mostra os resultados referente aos fragmentos avaliados.

Tabela 4 – Valores de IEA em função de IC e IEB

| Rio Una | Fragmentos | IC | IEB | IEA |
|---------|------------|------|-----|------|
| Baixo | 1 | 0.54 | 0.4 | 0.74 |
| | 2 | 0.56 | 0.4 | 0.69 |
| | 3 | 0.57 | 0.3 | 0.62 |
| | 4 | 0.49 | 0.4 | 0.8 |
| Médio | 5 | 0.45 | 0.5 | 0.90 |
| | 6 | 0.54 | 0.4 | 0.70 |

| | | | | |
|-------------|----|------|-----|------|
| | 7 | 0.53 | 0.6 | 0.86 |
| | 8 | 0.72 | 0.3 | 0.49 |
| | 9 | 0.52 | 0.5 | 0.78 |
| | 10 | 0.44 | 0.2 | 0.73 |
| | 11 | 0.65 | 0.4 | 0.64 |
| Alto | 12 | 0.5 | 0.2 | 0.66 |
| | 13 | 0.54 | 0.5 | 0.77 |
| | 14 | 0.5 | 0.3 | 0.73 |
| | 15 | 0.6 | 0.4 | 0.65 |

De acordo com os resultados de IEA foi possível classificar os fragmentos com valores entre 0 e 0,4 como fragmentos de Baixa exposição antrópica, valores de 0,4 a 0,7 sendo de média exposição antrópica e valores acima de 0,7 Alta exposição. Entretanto não houve presença de fragmentos com baixa exposição, sendo 40% dos fragmentos classificados como Média Exposição e 60% de Alta Exposição Antrópica.

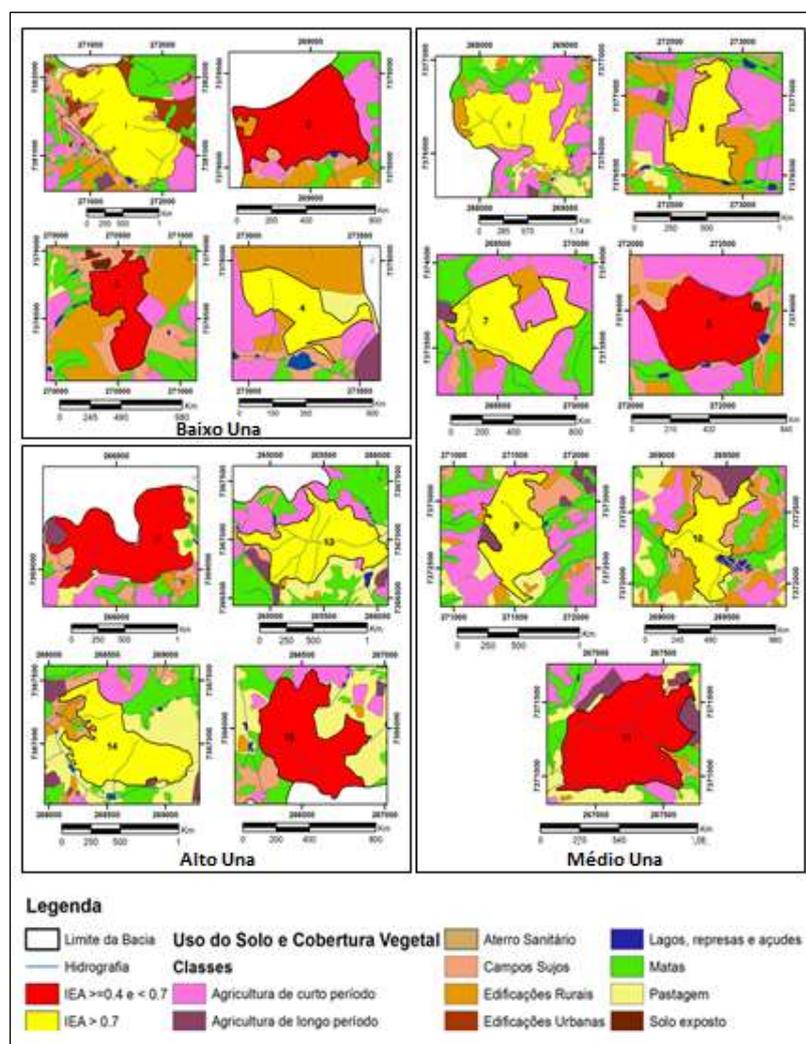


Figura 1 – Fragmentos do Baixo, Médio e Alto Una classificados de acordo com IEA e respectivo uso do solo em seu entorno.

A Figura 1 mostra os fragmentos florestais e seus respectivos usos do solo no entorno limítrofe classificados de acordo com as classes de interferência antrópica em toda a bacia

hidrográfica. Portanto, os fragmentos 2 e 3 do Baixo Una, de acordo com o IEA, foram classificados como de Média Exposição e os fragmentos 1 e 4 de Alta exposição.

Com relação aos fragmentos do Médio Una pode-se observar o predomínio de fragmentos com alta pressão antrópica devido a grande porcentagem de uso agrícola, sendo os fragmentos 8 e 11 classificados como fragmentos de Média Exposição antrópica e os fragmentos 5, 6, 7, 9 e 10 como fragmentos de Alta Exposição.

Os fragmentos do Alto Una com Média Exposição foram o 12 e 15, já os fragmentos 13 e 14 foram classificados como de Alta Exposição antrópica.

Considerando a variação de IEA entre 0 e 1, sendo 0 o cenário de maior exposição, a tabela 5 mostra os fragmentos de acordo com o grau de exposição antrópica de acordo com os valores do índice.

4. Conclusão

Visto que à medida que, ao longo da bacia hidrográfica, há alterações nos padrões de exposição antrópica de acordo com os diferentes tipos de uso do solo. A elaboração do Indicador de Exposição Antrópica pode ser interpretada como uma potencial ferramenta de identificação de áreas florestais com riscos de fragmentação.

Trata-se de uma metodologia de fácil compreensão e que pode ser replicado para diferentes áreas e fisionomias florestais, a fim de mitigar e grandes impactos ambientais e sua consequente perda da biodiversidade.

Sendo assim, os resultados obtidos apontam para a importância de elaboração de novas políticas públicas para a preservação dos ambientes na bacia hidrográfica do Rio Una.

Assim, após a identificação das áreas sob pressão da expansão antrópica, é imprescindível para a mitigação de impactos futuros, a definição de novas áreas de conservação da vegetação.

Por fim, este trabalho procurou demonstrar entre outras as possibilidades de aplicação das técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento em estudos focados no auxílio da gestão e planejamento de políticas públicas voltadas para o meio ambiente.

Espera-se que este trabalho possa contribuir efetivamente junto a setores de gestão e planejamento no âmbito municipal e regional na discussão de políticas públicas para a importância da manutenção e recuperação de fragmentos florestais na bacia hidrográfica do Rio Una, uma vez que existe uma forte relação entre a biodiversidade e os níveis de pressão antrópica nas áreas florestais.

Agradecimentos

À Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (FIPT) pelo apoio financeiro na execução da pesquisa. Ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) pela participação no Programa Novos Talentos.

Referências Bibliográficas

- Canale, C. A. et al. Pervasive defaunation of forest remnants in a tropical biodiversity hotspot. **PLoS ONE**, 7 (8), 2012.
- Corrêa, B. S. et al. Avaliação do efeito borda na distribuição da avifauna em fragmentos florestais de Cerrado. **Revista Agroambiental**. v.4, n.1. 2011.
- Sales, J. C. A. Et al. 2016. Avaliação do Impacto Ambiental causado pelas alterações espaço temporal do uso do solo e da cobertura vegetal utilizando o modelo das cadeias de Markov. **Ciência e Natura**, v. 38, p. 115-124. DOI:10.5902/2179-460X18641.

Watrin, O. S.; Venturieri, A. I. **Métricas de paisagem na avaliação da dinâmica do uso da terra em projetos de assentamentos no Sudeste Paraense**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiania: INPE. 2005. p. 4333-3440.

Cardoso, C. A. L.; Faria, F. S. R. O Uso do Geoprocessamento na Análise Ambiental como Subsídio para a Indicação de Áreas Favoráveis a Criação de Unidades de Conservação para o Uso Sustentável do Minhocoçu *Rhinodrilus alatus*. **E-Scientia**, v. 3, n. 1, 2010.

Silva, D. C. C. et al. 2016. Características morfométricas e suas implicações no acúmulo de sedimentos em reservatórios: o caso da Represa Hedberg, Iperó/SP. **RA'E GA: o Espaço Geográfico em Análise**, v. 36, p. 225-245.

Cavani, A. C. M.; Albuquerque-Filho, J. L. **Plano de Bacias, Mapa Diagnóstico**. Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio Sorocaba e Médio Tiete - CBH-SMT e Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2008.

Viana V. M.; Pinheiro L. A. V. (1998). Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo. Piracicaba. **SÉRIE TÉCNICA IPEF** v. 12, n. 32, p. 25-42.

Lourenço, R. W. et al. Geoprocessamento como ferramenta de gestão e planejamento ambiental: O caso da cobertura vegetal em áreas urbanas. In: SMITH, W. S.; MOTA JÚNIOR, V.; LIMA, J. C. **Biodiversidade do Município de Sorocaba**. 1. ed. Secretaria Municipal do Meio Ambiente: Sorocaba. Cap. 4, p.65-78. 2014.