

ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM NO PLATÔ DE IRECÊ

Iorrana Figueiredo Sacramento¹, Nathália Ribeiro Santos², Roberto Ferreira Machado Michel³ e Arlicélio de Queiroz Paiva⁴

¹Universidade Federal de Viçosa, Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, Viçosa – MG e iorrana.figueiredo@ufv.br; ² Universidade Estadual de Santa Cruz, Campus Soane Nazaré de Andrade, Rodovia Jorge Amado, Km 16, Bairro Salobrinho, Ilhéus – BA e nathalia.ribeirosantos@gmail.com; ³ Universidade Estadual de Santa Cruz, Campus Soane Nazaré de Andrade, Rodovia Jorge Amado, Km 16, Bairro Salobrinho, Ilhéus – BA e roberto@michel.com; e ⁴ Universidade Estadual de Santa Cruz, Campus Soane Nazaré de Andrade, Rodovia Jorge Amado, Km 16, Bairro Salobrinho, Ilhéus – BA e arli@uesc.br.

RESUMO

A supressão da vegetação de Caatinga pela expansão de áreas agrícolas e intensificação do uso do solo do Platô de Irecê, têm provocado, dentre outros aspectos de degradação ambiental, a fragmentação da paisagem. Esta pesquisa objetivou realizar uma análise da fragmentação da vegetação nativa remanescente no Platô de Irecê, a partir de métricas da paisagem. O mapeamento da vegetação foi realizado por classificação orientada a objeto de imagens Landsat 8. O índice Kappa total e por classe resultou em excelente (0,89) e o índice EVI foi considerado o melhor na distinção das classes. Os resultados mostraram que, se por um lado, um maior número de fragmentos possuiu menor área, encontrando-se mais vulneráveis ao efeito de borda e da matriz, por outro lado, eles podem servir como “trampolins” entre os fragmentos maiores, tornando a conectividade da paisagem possível.

Palavras-chave — fragmentação, métricas da paisagem, ecologia da paisagem, classificação de imagem, geoprocessamento

ABSTRACT

The Caatinga vegetation suppression by agricultural lands and intense soil use at the Irecê Plateau has caused, among others aspects of environmental degradation, the landscape fragmentation. This research aimed to analyse the fragmentation of the remaining native vegetation at the Irecê Plateau using landscape metrics. The vegetation mapping was generated by object-oriented image classification of Landsat 8 images. The total and per class Kappa Index were classified as excellent (0,89) and the EVI index was considered the best in class distinction. The results showed that, if on one hand the major number of fragments has smaller areas, presenting more vulnerable to the edge and matrix effects, on the other hand, they can serve as “trampolines” between the bigger fragments, turning the landscape connectivity possible.

Key words — fragmentation, landscape metrics, image classification, geoprocessing.

1. INTRODUÇÃO

O Território de Irecê compreende uma área de 26.730 km², o equivalente a 4,6% do estado da Bahia, dividindo-se em três subsistemas: o Platô de Irecê, que ocupa aproximadamente 60% da região; os vales dos rios Verde e Jacaré, que contornam o platô, e a Chapada Diamantina, que possui altitudes mais elevadas [1].

Apesar do clima semiárido, com chuvas irregulares e temperaturas elevadas durante todo o ano, o Platô de Irecê apresenta solos naturalmente férteis, que propiciaram a produção agrícola na região e, conseqüentemente, a redução de grande parte da vegetação de Caatinga [1][2][3]. No município de Lapão, por exemplo, verificou-se que, após a década de 1980, a supressão da Caatinga se intensificou devido ao avanço da agricultura [4].

A fragmentação da paisagem dessa região é evidenciada pela formação de um mosaico regional com elementos cada vez mais antropizados que naturais. A formação de fragmentos leva à fragmentação de habitats, reduzindo-os e provocando alterações nas relações ecológicas existentes [5].

A Ecologia da Paisagem busca compreender padrões espaciais por meio de estudos da estrutura e das interações funcionais entre os elementos espaciais, viabilizados pela aplicação de métricas da paisagem, que se relacionam com processos ecológicos e indicam mudanças na estrutura [5][6].

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tornaram-se ferramentas importantíssimas para análise, planejamento e gestão da paisagem, por permitirem manusear grandes conjuntos de dados, visualizar e explicar relações, gerar informações e apresentá-las na forma de mapas [5].

Assim, esta pesquisa se propôs a analisar a fragmentação da vegetação nativa remanescente do Platô de Irecê, bem como quantificar e caracterizar a paisagem, por meio de métricas da paisagem.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O Platô de Irecê compreende uma área de 9.545,95 km², composta por 16 municípios do Centro-Norte da Bahia, mais especificamente da microrregião de Irecê (Figura 1).

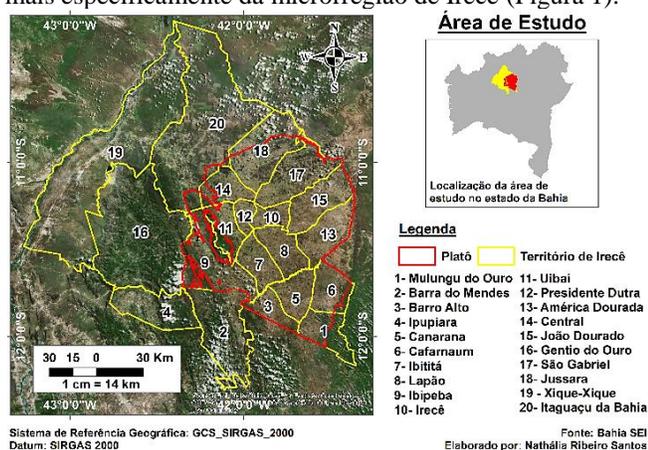


Figura 1. Mapa de localização do Território e Platô de Irecê.

Toda a região possui um histórico semelhante com áreas de mineração, de pecuária extensiva, agricultura familiar de subsistência e, mais recentemente, de desenvolvimento da agricultura comercial, capitalizada e com tecnologias [1].

A paisagem do Platô de Irecê está inserida em um clima quente e semiárido: com temperatura média acima de 28 °C e precipitação anual irregular de 200 a 1000 mm, concentradas em períodos de 3 a 4 meses [1].

O Platô de Irecê corresponde a uma bacia de depósitos calcários – a Bacia Calcária de Irecê – que se insere na Formação Salitre, do Grupo Una e do Supergrupo São Francisco, cujo relevo é caracterizado por um extenso platô aplainado sob condições climáticas secas durante o Cenozóico [3]. O material calcário e o clima seco favoreceram à formação de solos férteis, com destaque para os Cambissolos Háplicos Ta Eutróficos e Vertissolos Háplicos Órticos [7]. A vegetação nativa de Caatinga hiperxerófila [3] caracteriza-se por apresentar espécies mais adaptadas ao déficit hídrico.

2.2. Material

A base cartográfica utilizada foram os limites político-administrativos e as cartas topográficas 1:100.000 distribuídas pela Superintendência de Estudo Econômicos e Sociais da Bahia (SEI). O Modelo Digital de Elevação (MDE) do sensor PALSAR, satélite ALOS-1 (Advanced Land Observing Satellite), com 12,5 metros de resolução espacial, foi utilizado para delimitar o limite Platô de Irecê. As imagens de satélite do sensor OLI (Operational Land Imager), do satélite LANDSAT 8, com 30 metros de resolução espacial e 8 bandas espectrais com valores de reflectância na superfície, foram utilizadas para mapear o

uso do solo e corresponderam às imagens 217/68 e 218/68 dos períodos de 16 de outubro de 2017 e 23 de outubro de 2017, respectivamente. Além das bandas espectrais, os índices espectrais NDVI, EVI, SAVI e NDMI também foram considerados na classificação [9].

2.3. Procedimentos metodológicos

2.3.1. Pré-tratamento e classificação de imagens

Considerando que o Platô de Irecê compreende um terreno relativamente plano e com altitudes que variam entre 600 e 900 metros [10], ele foi delimitado com base na hipsometria e declividade geradas a partir do MDE e utilizando-se a ferramenta de edição do software ArcMAP 10.2.2. As imagens Landsat 8 já foram obtidas com correção radiométrica e geométrica, tendo sido apenas reprojetaadas e recortada a área de estudo.

Para realizar a classificação orientada a objeto, utilizou-se o algoritmo de segmentação *multiresolution*, do software eCognition 9.1, que considera, além da informação espectral, o contexto no qual o pixel está inserido e o algoritmo de classificação *Nearest Neighbor*, que considera a proximidade dos objetos às amostras de classe, bem como a cor, a textura e o contexto [11]. Foram definidas três classes de mapeamento (vegetação nativa, cultivo e outros) e coletadas um total de 105 amostras para a classificação e 50 amostras para a validação. Esta foi feita usando a ferramenta *Accuracy Assessment* para calcular o Índice Kappa, cuja avaliação se baseia em valores que variam de 0 a 1, sendo: 0 – 0,2 = ruim; 0,2 – 0,4 = razoável; 0,4 – 0,6 = boa; 0,6 – 0,8 = muito boa; e 0,8 – 1,0 = excelente [12].

2.3.2. Cálculo das métricas da estrutura da paisagem

A distribuição dos tamanhos dos fragmentos (manchas) por classes de tamanho (ha) resultou em: classe 1 – 3,06 a 5,00; classe 2 – 5,10 a 10,00; classe 3 – 10,10 – 20,00, classe 4 – 20,10 a 40,00; classe 5 – 40,10 a 100,00; classe 6 – 100,10 a 500,00; classe 7 – 500,10 a 1000,00; classe 8 – 1000,10 a 16.000,00; e classe 9 – 16.000,10 a 76.110,00. Devido ao tamanho da área e escala de análise, foram considerados apenas os fragmentos acima de 3 ha.

As métricas foram categorizadas de acordo com a semântica e o conteúdo do ponto de vista ecológico de estrutura da paisagem. Para cada categoria, foram selecionadas as seguintes métricas: Heterogeneidade – Número de manchas (NM); Área – Área total da classe (ATC), Tamanho médio das manchas (TMM), Desvio padrão do tamanho das manchas (DPM), Coeficiente de variação do tamanho da mancha (CV); Borda – Comprimento total de bordas (CTB) e Densidade as bordas (DB); Área-núcleo – Área-núcleo total remanescente (ANT); Análise de forma – Índice de circularidade (IC); Proximidade – Distância ao vizinho mais próximo (DVP);

Vulnerabilidade – Vulnerabilidade Ecológica Relativa (VER) [5][13].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise da classificação da vegetação nativa

Da área total mapeada (978.218,22 ha), a classe nativa correspondeu a 30,65% (299.825,16 ha), cultivo a 2,31% (22.654,49 ha) e outros a 67,03% (655.738,67). O índice Kappa geral para a classificação foi 0,89; por classe foi: 0,96 para vegetação nativa; 0,85 para cultivo; e 0,85 para outros. Estes valores foram considerados como excelentes, o que significa dizer que houve acima de 81% de concordância entre as amostras coletadas para a validação e as coletadas para a classificação.

Analisando a matriz de distância, as bandas verde (G) e infravermelho próximo (NIR) e os índices EVI e NDMI apresentaram maior distância de separação das classes (2,72), porém, ao considerar apenas uma dimensão, o EVI apresentou-se como o melhor na distinção. Com duas dimensões (EVI e NIR), a distância de separação foi 1,62 e com três dimensões (EVI, NIR e NDMI), 2,1. A partir da quarta dimensão, observou-se que os valores tenderam a diminuir, evidenciando que o acréscimo de mais bandas ou índices para a classificação não melhorou a separação das classes, mas a tornou mais confusa (Figura 2).

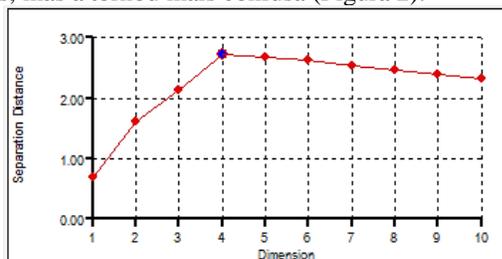


Figura 2. Matriz de distância entre as classes utilizando as bandas do Landsat 8 e as imagens dos índices espectrais.

Sabe-se que a reflectância da vegetação é maior na região do NIR, devido ao espalhamento da radiação no interior da estrutura celular, e a sua absorção é maior infravermelho médio (SWIR 1) devido ao conteúdo de água no interior das plantas [14]. Comparando o valor médio de reflectância no NIR (2198,38) com o valor médio de reflectância no SWIR1 (3150,05), entende-se que este foi maior devido a menor presença de umidade na vegetação nativa mapeada, uma vez que a imagem correspondeu ao período de estiagem da região. Isso também se refletiu no resultado do NDMI, que apresentou valor médio negativo, devido ao alto valor de SWIR 1.

Apesar dos índices EVI, NDVI e SAVI utilizarem as mesmas bandas (NIR e RED) em seus cálculos, pelo fato do EVI e SAVI incluírem fatores de correção para o efeito do solo e da atmosfera, eles apresentaram valores médios mais significativos (0,44 e 0,62, respectivamente) que o NDVI (0,31). Além disso, apesar do EVI ter apresentado menor

valor médio para a vegetação nativa, sua maior contribuição para a distinção dessa classe se deu pelo menor valor de desvio padrão (0,11), menor grau de dispersão de seus valores em relação à média, se comparado ao SAVI (0,99).

3.2. Análise das métricas de fragmentação florestal

3.2.1. Tamanho e distribuição dos fragmentos

Foram contabilizados 4.523 fragmentos florestais remanescentes acima de 3 ha, totalizando 272.191,69 ha: 28,5% da área do Platô de Irecê. A classe 2 apresentou o maior NM (1.352), representando 29,9% do total de fragmentos, e a classe 9 o menor NM (3), apenas 0,06%. A classe 9 apresentou o maior ATC (109.933,72 ha), seguida pela classe 6, contabilizando juntas mais de 50% da ATC mapeada, e a menor ATC foi da classe 1, menos de 2%.

O tamanho médio de mancha (TMM) apresentou variação diretamente proporcional à classe de tamanho. Em relação ao desvio padrão, quanto maior a classe, maior a variabilidade entre os tamanhos das manchas dessa classe. O CV mostrou que a classe 8 apresentou variação de 61,21%.

Um grande número de manchas representa riqueza estrutural ou retalhamento da paisagem [6]. No Platô de Irecê a elevada quantidade de fragmentos associados a menor área indica um retalhamento da paisagem, que se concentra na porção sul da área de estudo (Figura 3). Os fragmentos de maior área estão distribuídos nas margens da área de estudo, que correspondem às áreas mais declivosas. Enquanto a declividade média do platô é de aproximadamente 5% - classe de relevo suave-ondulado -, a classe 9 apresenta declividade média de 12% - classe de relevo ondulado, indicando maior conservação dos fragmentos florestais em áreas mais movimentadas devido a maior dificuldade de implantação de cultivos agrícolas.

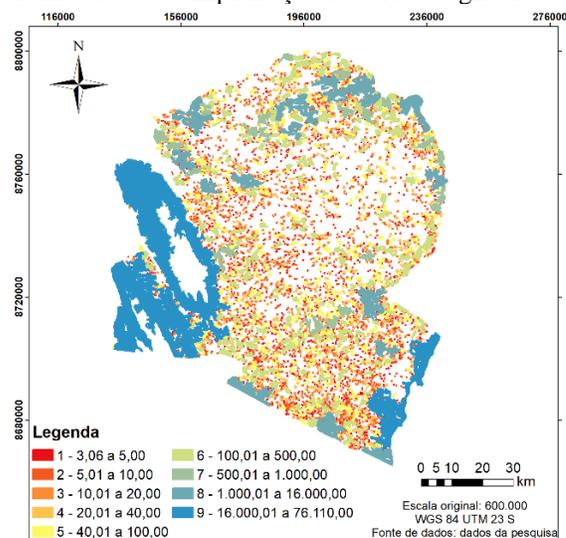


Figura 3. Classes de tamanho dos fragmentos.

3.2.2. Borda e área-núcleo

A classe 6 apresentou o maior CTB (3.959.716,1 m) e a classe 7 o menor (1.145.549,82 m). A classe 9 apresentou o maior CMB (1.091.961,19 m) e a classe 1 o menor (1.161,58 m), indicando que quanto maior a classe de tamanho dos fragmentos, maior o CMB. Como a DB corresponde à relação entre o CTB e o total da área de estudo (954.505,54 ha), a classe 6 possuiu a maior DB (4,15) e a classe 7 a menor (1,20). Observa-se que quanto menor o CTB, menor a relação borda por área, isto é, menor a DB, e vice-versa. Isso significa dizer que as classes de menor CTB e que possuem, consequentemente, menor DB, estão mais sujeitas ao efeito de borda.

Analisando a área-núcleo, observou-se que quanto maior a classe de tamanho, maior a área-núcleo dos fragmentos na mesma classe: a classe 9 apresentou 100.656,88 ha de área-núcleo enquanto que a classe 1 apresentou apenas 1.342,68 ha. Os fragmentos de maior área-núcleo, por sua vez, têm maior espaço interior, o que implica em menor vulnerabilidade e risco às espécies sensíveis às bordas [5].

3.2.3. Forma e proximidade

A forma dos fragmentos foi analisada por meio do índice de circularidade (IC): quanto mais próximo de 1, mais arredondado; quanto mais próximo de 0, mais alongado. Nenhuma classe apresentou fragmentos com valores próximos de 1: o maior valor foi para a classe 1 (0,12). As classes 7, 8 e 9 apresentaram IC igual a 0, evidenciando a complexidade da forma desses fragmentos. Assim, compreendeu-se que quanto menor ou mais alongado o fragmento (menor seu IC), mais suscetível ao efeito de borda.

A classe 2 apresentou menor DVP entre seus fragmentos (846,74 m) e a classe 8 a maior distância média (3.810,09 m). Assim, os fragmentos menores apresentam menor grau de isolamento, por estarem mais próximos entre si. Um elevado grau de isolamento implica na redução da variabilidade genética e perda de biodiversidade.

3.2.4. Vulnerabilidade Ecológica Relativa

Quanto maior o valor do resultado da VER, menor o grau de VER. A partir disso, observou-se que as classes de menor tamanho (1 a 5) apresentaram valores menores, portanto, alto grau de VER; as classes intermediárias (6 a 8), médio grau de VER; e a maior classe (9), baixo grau de VER. Isso ocorreu porque a VER corresponde à razão entre área-núcleo e área de borda, assim, fragmentos menores possuem área de borda maior que sua área de núcleo, enquanto que os fragmentos maiores apresentam área-núcleo maior que área de borda, resultando em proporções maiores. Assim, a VER permite indicar se os fragmentos estão mais propensos a desaparecer, devido ao efeito de borda e a pressão da matriz.

5. CONCLUSÕES

O método de classificação mostrou-se eficaz no mapeamento da vegetação, com destaque para o EVI na melhor distinção desse alvo para a área e o período analisados. A análise da fragmentação florestal do Platô de Irecê evidenciou que o retalhamento da vegetação, devido, predominantemente, ao cultivo agrícola favoreceu à formação de fragmentos pequenos em grande quantidade, distribuídos ao longo dos territórios, encontrando-se mais suscetíveis ao efeito de borda e à influência da matriz. Além disso, ao apresentar menor área-núcleo, apresentam-se ecologicamente menos efetivos para as espécies mais sensíveis à borda. Já os fragmentos maiores, encontram-se distribuídos pelas bordas do Platô, por serem áreas mais declivosas que, ao impossibilitar a ação antrópica incisiva, permitiu a conservação da vegetação. A forma dos fragmentos apresentou-se longe do ideal, mais vulneráveis, como mostrado também pela análise da VER. Em relação à distância entre os fragmentos de mesma classe, os de menor área encontram-se mais próximos entre si, podendo servir como “trampolins” entre aqueles de maior área, tornando a conectividade da paisagem mais viável.

6. REFERÊNCIAS SELECIONADAS

- [1] CDSTI. Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável – PTDRS. [S.l.: s.n.], 2010.
- [2] Duarte, A. C. Irecê: uma área agrícola “insulada” no sertão baiano. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, pp. 40-59, out./dez., 1963.
- [3] Paiva, A. Q. Solos carbonático-fosfáticos do Platô de Irecê, Ba: gênese, mineralogia e geoquímica. 2010. 184 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.
- [4] Paiva, A. de Q. et al. Mudança do uso terra e dinâmica de carbono orgânico do solo no Platô de Irecê, Bahia. *Revista Geográfica*, Rio Claro, v. 40, n. 1, pp. 85-99, jan./abr. 2015.
- [5] Lang S, Blaschke T. Análise da Paisagem com SIG, Tradução de Hermann Kux, Oficina de Textos, São Paulo, pp. 424, 2009.
- [6] Silva, A. M. Ecologia da Paisagem: fundamentos e aplicações, Publit Editora, pp. 158 p, 2008.
- [7] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Mapeamento de recursos naturais do Brasil escala 1:250.000, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro, fev. 2018.
- [9] USGS – United States Geological Survey. Landsat 8 Surface Reflectance Code (LASRC) Product Guide, USGS, Reston, VA, USA, pp. 39, 2017.