

FRAGMENTOS VEGETAIS DA CAATINGA E MÉTRICAS DA PAISAGEM: UMA ABORDAGEM NO CONTEXTO DO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO

Vegetable fragments of caatinga and landscape metrics: an approach in the context of the desertification process

Fragmentos vegetales de la caatinga y métricas del paisaje: un abordaje en el contexto del proceso de desertificación

Israel de Oliveira Junior
Secretaria de Educação do Estado da Bahia
iojjunior@gmail.com

Resumo

No contexto geográfico, a Ecologia da Paisagem possibilita identificar fatores e implicações decorrentes da apropriação ambiental. As formas e os processos são mensurados através da descrição quantitativa e investigação sobre a estrutura da paisagem por uma variedade de índices. Por este estudo, objetivou-se analisar as métricas da paisagem para discutir sobre as alterações e impactos ambientais na estrutura da paisagem em uma escala temporal de cinco décadas, no intuito de acompanhar a evolução paisagística e discorrer sobre a deterioração ambiental no município de Canudos-BA. Esse localiza-se na Área Susceptível à Desertificação (ASD), no estado da Bahia, onde domina a aridez climática. A aplicação das métricas decorreu pela manipulação de cinco mapas de uso e cobertura da terra em ambiente de sistema de informação geográfica (SIG), a partir da definição de duas classes preponderantes, fragmento vegetal e polígono antrópico. Identificou-se a vegetação como a matriz da paisagem; no entanto, na depressão, onde o uso agropecuário é intenso, há um retalhamento vegetal e muitos fragmentos da caatinga arbórea e arbustiva diminuíram, desapareceram e encontraram-se mais espaçados entre os anos de 1977 e 2017. Em Canudos-BA, os polígonos antrópicos cresceram em uma média de 28,89% ao longo das décadas; em relação aos anos de 1977 e 2017, houve um aumento significativo de 503,82km², equivalente a uma taxa de acréscimo de quase 100% da totalidade dos polígonos antrópicos. São áreas em que exigem práticas conservacionistas, para evitar a extinção das feições vegetais, exposição dos solos às intempéries e ampliação dos fatores de vulnerabilidade ambiental à desertificação.

Palavras-chave: Índice de paisagem; Uso e cobertura da terra; Sistema de Informação Geográfica; Canudos-BA.

Abstract

In the geographical context, Landscape Ecology makes it possible to identify factors and implications applicable to environmental appropriation. Shapes and processes are measured through quantitative description and research on the structure of the landscape using various of indexes. In this study, we aimed to analyze how metrics of the landscape

to discuss environmental changes and impacts on the landscape over a five-decade time scale, to monitor the landscape evolution and environmental deterioration in the municipality of Canudos-BA. This location is in the Susceptible to Desertification Area (ASD), in the state of Bahia, where climatic aridity dominates. The application of the metrics took place by the manipulation of five maps of use and coverage of the environment of geographic information system (GIS), from the definition of two preponderant classes, plant fragment and anthropic polygon. A vegetation was identified as a landscape matrix; however, in the depression area, where the agricultural use is intense, there is a vegetable shredding and many fragments of caatinga arboreal and shrubbery has decreased, disappeared and/or were dispersed between the years 1977 and 2017. In Canudos-BA, the anthropic polygons increase in one average of 28.89% over the decades; regarding the years 1977 and 2017, there was a significant increase of 503.82km², equivalent to an increase rate of almost 100% in the number of anthropic polygons. These areas demand conservation practices to avoid extinction of plant fractions, exposure of soils to the weather, and expansion of factors of environmental vulnerability to desertification.

Keywords: Landscape index; Land use and coverage; Geographic Information System; Canudos-BA.

Resumen

En el contexto geográfico, la Ecología de Paisajes posibilita identificar factores e implicaciones resultantes de la apropiación ambiental. Las formas y los procesos son medidos a través de descripciones cuantitativas e investigaciones relacionadas a la estructura del paisaje y de acuerdo a una variedad de índices. El objetivo de este estudio, fue analizar las métricas del paisaje para discutir los cambios e impactos ambientales en la estructura del paisaje en un intervalo de tiempo de cinco décadas, con el intuito de monitorear la evolución del paisaje y discutir el deterioro ambiental en el municipio de Canudos-BA. Este municipio se localiza en el Área Susceptible a la Desertificación (ASD) donde predomina la aridez climática. Las métricas fueron aplicadas mediante la manipulación de cinco mapas de uso y cobertura de la tierra y con auxilio de sistemas de información geográfica (SIG), basándose en la definición de dos clases predominantes, fragmentos de vegetación y polígonos antrópicos. La vegetación fue identificada como la matriz del paisaje; sin embargo, en las depresiones del terreno donde el uso agrícola es intenso, hay una división acentuada de los fragmentos de vegetación y muchos fragmentos originalmente de caatinga arbórea y arbustiva disminuyeron, desaparecieron y se encuentran más separados en el período analizado. En Canudos-BA, los polígonos antrópicos crecieron en una media de 28.89% a lo largo de las décadas; en comparación con 1977 y 2017, hubo un incremento de 503.82 km², representando una tasa de aumento de casi 100% de la totalidad de los polígonos antrópicos. Estas áreas demandan prácticas conservacionistas para evitar la extinción de la vegetación nativa, la exposición del suelo a la acción de la interperie y la ampliación de los factores de vulnerabilidad ambiental a la desertificación.

Palabras clave: Índice de paisaje; Uso y cobertura de la tierra; Sistema de Información Geográfica; Canudos-BA.

Introdução

Nos princípios conceituais da Ecologia de Paisagem, busca-se uma ciência aplicada para entender a heterogeneidade espacial, formada por diversos elementos e aspectos físicos, biológicos e sociais. A paisagem denota a interação biofísica e social, e constitui um objeto concreto materializado no espaço (DELPOUX, 1974). Nas perspectivas teórica, metodológica, científica e ecológica, tenta-se compreender a homogeneidade ambiental, apesar de entender que, ao ampliar o olhar sobre a paisagem, constata-se as heterogeneidades, sejam diante dos aspectos climáticos, geomorfológicos, pedológicos, biológicos, sociais e outros. A exposição dos limites espaciais da paisagem depende do objeto, objetivo, conceitos, unidade espacial e métodos de estudo, ao contrário de outras categorias de análise, a exemplo de ecossistema.

O sentido da escala possui um rigor científico, expresso na definição de ecossistema. Odun (1988) o estabeleceu como uma unidade natural formada por organismos vivos, que funcionam em conjunto e em interação com o meio ambiente, na busca da estabilidade do sistema, na circulação de matéria e energia através de trocas entre eles e na construção de estruturas bióticas bem definidas. Tricart (1982) referiu a um conjunto estruturado pelas interações entre os diferentes grupos de espécies de seres vivos, conjuntamente com o meio natural. Ver-se, com isso, a ênfase atribuída às ligações biológicas dos seres vivos e entre esses e o meio (BERTRAND, 1971), considerado os elementos primordiais para fixar a unidade espacial de análise. Assim, há dificuldade em estabelecer uma escala espacial a partir da categoria ecossistema nas abordagens da ciência geográfica sobre a paisagem, pois está fixada numa relação entre os grupos de seres vivos e as necessidades físicas, químicas e biológicas da vida, objeto de estudo próprio da Biologia.

Como verbete, paisagem é carregado de vários sentidos, por ser utilizado comumente na linguagem do cotidiano social; como objeto de estudo científico, a aplicabilidade é vasta, ao constituir-se de interesse às diferentes disciplinas (Arquitetura, Agronomia, Biologia, Geografia etc.); como categoria de análise geográfica, os aspectos teóricos, conceituais e metodológicos são multifacetados, pois é empregado pelos adeptos das distintas correntes do pensamento.

No contexto da Ecologia de Paisagem, originada nas discussões científicas da década de 1980, a variação decorre em função das abordagens, se geográfica ou ecológica. Entretanto, o intercruzamento delas centra-se nas discussões sobre os padrões e funções

ecossistêmicas da paisagem (METZGER, 2001), isso porque as características ambientais influenciam fortemente nos processos ecológicos (TURNER, 1989). A paisagem é demarcada por uma heterogeneidade espacial, vinculada a uma escala geográfica (espaço e tempo), constituída por inúmeros elementos, e poderá, ou não, ser formada por um ou uma diversidade de ecossistemas. Assim, a paisagem possui uma complexidade de elementos interativos e dinâmicos para a formação, que se atrela para o desencadeamento de processos, a exemplo dos pedogenéticos.

A Ecologia de Paisagem, com isso, envereda-se pelo entendimento quantitativo da estrutura paisagística, no intuito de compreender as interações entre os padrões da paisagem e processos ecológicos (TURNER, 1989). Três elementos são utilizados para a análise estrutural da paisagem, definidos em manchas (*patches*), corredores (*corridors*) e matriz (*matrix*) (Figura 1), pois possibilitam comparação e elaboração de princípios gerais sobre a paisagem (ABDALLA; CRUZ, 2015; CASIMIRO, 2009; FAHRIG, 2017; FORMAN, 1995; LANG; BLASCHKE, 2009; MCGARIGAL, 2015; MITCHELL et al., 2014; RESASCO et al., 2017; RUŽIČKA; MIŠOVIČOVÁ, 2009; SANTOS et al., 2017; SILVA; SOUZA, 2014). Geralmente, esses elementos se distinguem em função do tamanho, números, formas e/ou gênese (RUŽIČKA; MIŠOVIČOVÁ, 2009).

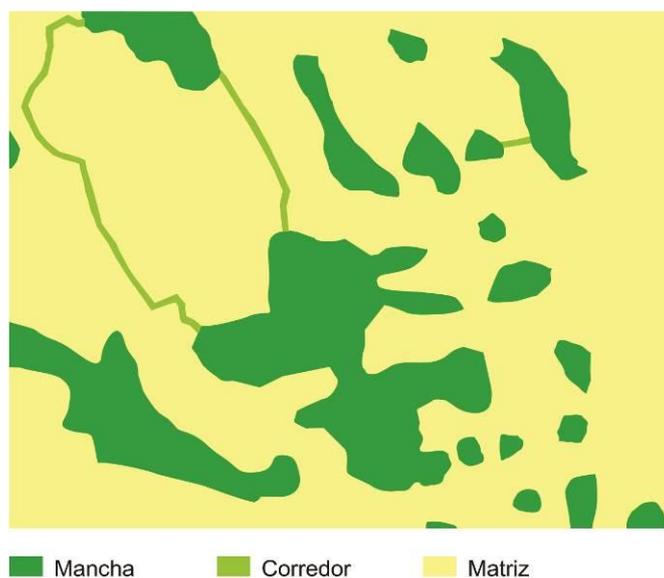


Figura 1 – Modelo mancha-corredor-matriz

Fonte: Lang e Blaschke, 2009 – adaptado. Elaboração: Autor, 2020

As manchas (Figura 1) referem-se aos menores elementos individuais distinguíveis da paisagem, acordadas com a escala de análise (LANG; BLASCHKE, 2009), superfície não linear e distinção aparente das áreas circundantes (CASIMIRO, 2009). Elas podem ser

classificadas em função da origem, dinâmica das espécies, característica fisionômica, como as sintetizadas na figura 2. Alguns elementos são importantes para qualificar as manchas, a exemplo do tamanho, da forma, dos limites e aspectos com a vizinhança (CASIMIRO, 2009; LANG; BLASCHKE, 2009).

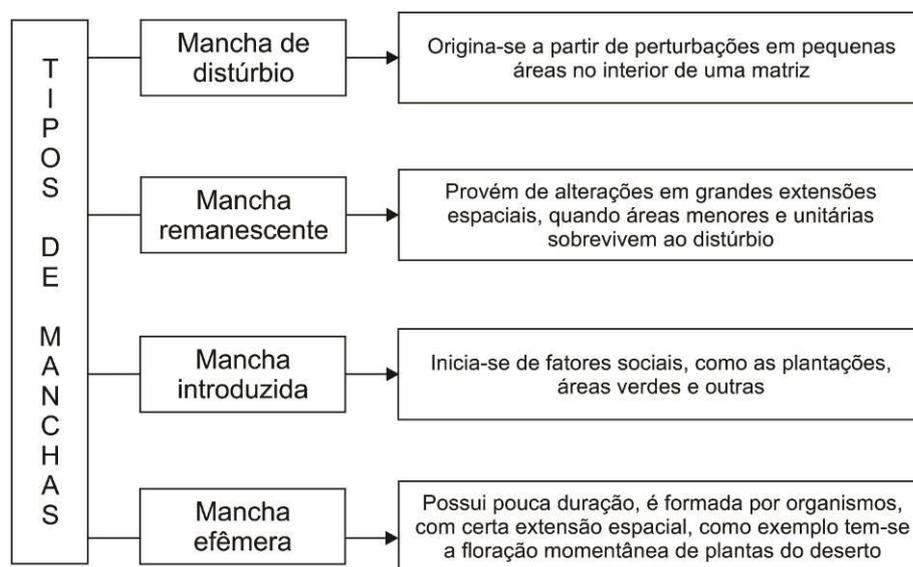


Figura 2 – Tipos de mancha: classificação em concordância com a origem, dinâmica das espécies e aspectos fisionômicos

Fonte: Lang e Blaschke, 2009 – adaptado. Elaboração: Autor, 2020

As formas e os processos paisagísticos são mensurados por meio da descrição quantitativa e da análise da estrutura da paisagem por uma variedade de métricas (HARGIS et al., 1998; LANG; BLASCHKE, 2009; VOLATÃO, 1998). Também denominados de índices de paisagem, as métricas são importantes dados numéricos sobre a composição e os aspectos paisagísticos, a partir da identificação proporcional de cada classe de uso e cobertura da terra (SUBIRÓS et al., 2006), que é a unidade de paisagem ora em questão. Ainda, são informações importantes para comparação espacial e temporal das distintas configurações da paisagem (SUBIRÓS et al., 2006).

A análise das métricas possibilita identificar estados ambientais relacionados à deterioração e preservação ambiental, de importância para discutir sobre as problemáticas das terras secas. Dentre essas, a desertificação é a face mais perversa, por desestruturar a paisagem nas dimensões físicas, biológicas e sociais, com a configuração da degradação ambiental. O processo de desertificação é resultado da insustentabilidade das atividades humanas e da variação climática encontradas em ambientes dominados pelos climas

áridos, semiáridos e subúmidos secos (UNCCD, 1997). Uma trama de fatores está envolvida no desencadeamento dele, como as atividades agropecuárias, que alteram a cobertura vegetal, *habitat*, diversidade biológica; ainda, expõem os solos às intempéries climáticas, retêm a umidade do solo e favorecem processos erosivos diante da fragilidade da relação clima-solo-vegetação.

Com isso, por meio deste estudo, objetivou-se aplicar as métricas da paisagem para analisar os impactos da apropriação e das conseqüentes alterações ambientais na estrutura da paisagem ao longo de cinco décadas, no intuito de indicar fatores que geram a deterioração ambiental no município de Canudos-BA. As principais causas da desertificação encontram-se diretamente ligadas aos impactos sobre as feições vegetais da caatinga, porque há uma desestruturação da ordem ecológica e evidenciam a ruptura do equilíbrio ambiental.

Procedimentos metodológicos

Escala de análise: município de Canudos-BA

O município de Canudos-BA encontra-se localizado no norte do estado da Bahia (Figura 3), em Área Susceptível à Desertificação (ASD), onde os dados climáticos são de severidade. No município, a temperatura média anual é acentuada, em torno de 24,6°C, e os índices pluviométricos são baixos, ao somar 378,9mm no ano (SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA, 1999). Os altos índices térmicos e a baixa pluviosidade conferem uma evapotranspiração potencial de 1328,9mm e contribuem para ocorrer um déficit hídrico em todos os meses. O índice de aridez é de 71,5 e, segundo a classificação de Thornthwaite e Mather (1955), o clima é o tropical árido (SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA, 1999). Em função das características climáticas, os rios possuem regime intermitente ou efêmero, com exceção do médio e baixo curso do rio Vaza-Barris, devido ao represamento das águas e formação do açude de Cocorobó.

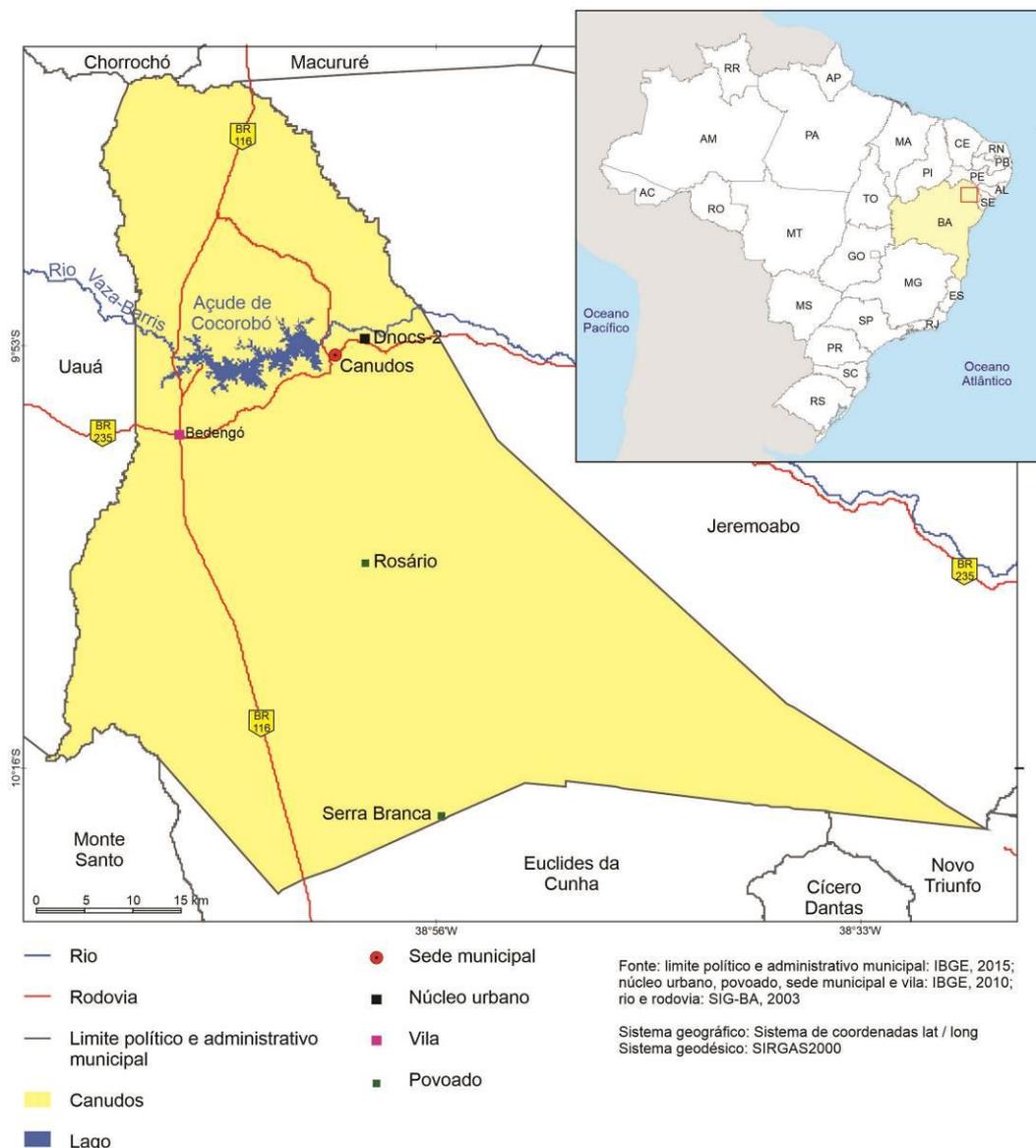


Figura 3 – Estado da Bahia – Município de Canudos
 Fonte: Autor, 2020.

Duas unidades geomorfológicas subdividem a área de estudo, a depressão periférica e interplanáltica e os tabuleiros do rio Vaza-Barris. A depressão periférica e interplanáltica apresenta-se excessivamente arrasada, formada por declividades planas e suave-onduladas, por onde distribuem-se os relevos residuais. Grande parte dela possui contato com os tabuleiros do rio Vaza-Barris, com topos planos e encostas escarpadas, por onde afloram os arenitos vermelhos intensamente erodidos, destituídos de solos e de vegetação.

Na depressão, predominam os Neossolos litólicos e Luvisolos, amplamente desgastados em virtude dos processos de erosão acelerada. Já nos topos planos dos

tabuleiros sobressaem os Neossolos quartzarênicos. Nesses, a caatinga arbórea e arbustiva encontra-se conservada, pois o uso é menos intenso, ao contrário do que ocorre na depressão, onde as atividades agropecuárias têm fragmentado a vegetação e espalhado manchas de solos expostos.

No município, localiza-se a Estação Biológica de Canudos, onde situam-se um dos dois únicos ninhos reprodutivos da espécie endêmica da caatinga arara-azul-de-lear (*Anodorhynchus leari*). Ela é apenas encontrada na ecorregião do Raso da Catarina, onde Canudos-BA se insere, e encontra-se globalmente ameaçada de extinção (PACÍFICO et al., 2014).

Materiais e métodos

Os mapas de uso e cobertura da terra dos anos de 1977, 1987, 1997, 2007 e 2017, com escala de 1/60.000, foram utilizados para análise da mudança paisagística por décadas em ambiente de sistema de informação geográfica (SIG). Para efeito de aplicar o indicador de métricas de paisagem, apoiado nos fundamentos da Ecologia de Paisagem (CASIMIRO, 2009; DELPOUX, 1974; FORMAN, 1995; LANG; BLASCHKE, 2009; METZGER, 2001; ODUN, 1988; TURNER, 1989), manipulou-se os cinco mapas de uso e cobertura da terra em formato vetorial, para generalizar as classes e possibilitar a análise da estrutura da paisagem por meio da relação entre os fragmentos florestais e polígonos antrópicos (Figura 4).

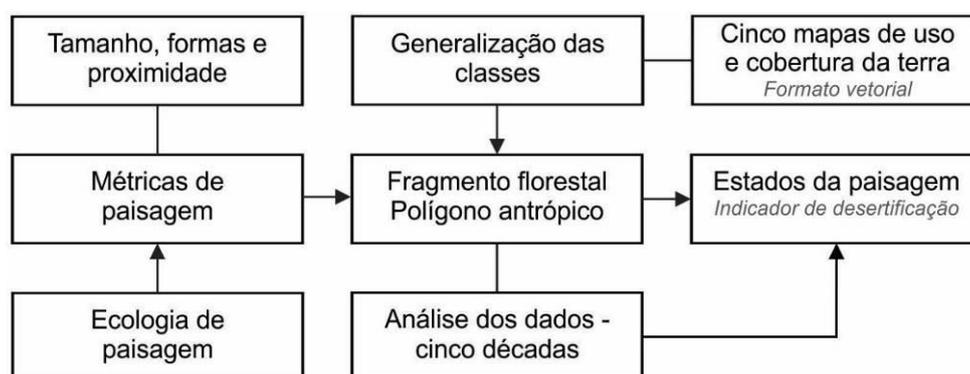


Figura 4 – Procedimentos metodológicos para aplicação das métricas da paisagem no estudo sobre a desertificação

Fonte: Autor, 2020

Os mapas iniciais possuem dez classes de uso e cobertura da terra e passaram a conter duas, agrupadas de acordo com as vertentes definidas, se correspondiam à vegetação (fragmento florestal) ou originaram-se das atividades sociais (polígono antrópico), conforme ilustra a figura 5.

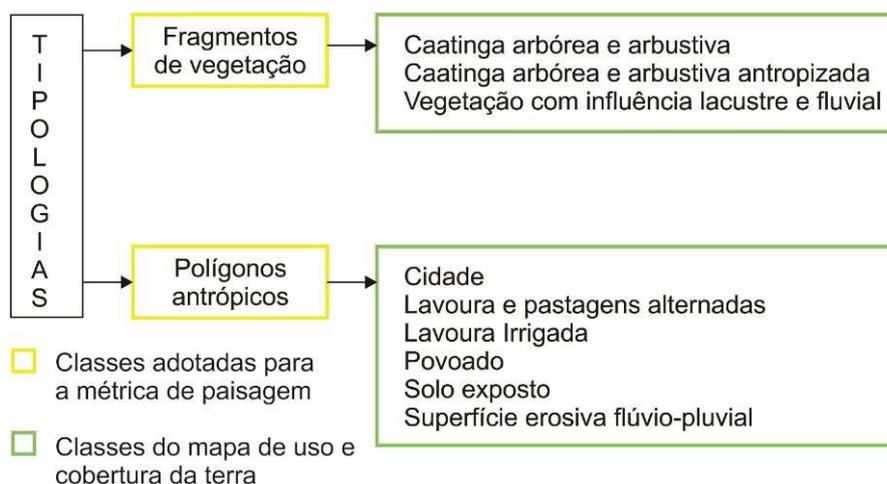


Figura 5 – Uso e cobertura da terra e métricas: tipologias adotadas

Fonte: Autor, 2020

As diversas métricas podem ser classificadas em nove categorias, subdivididas no nível de mancha, de paisagem e de classe, conforme sintetizado no quadro 1. As métricas de área são consideradas algumas das mais importantes, pois a partir delas muitas outras podem ser operacionalizadas (Quadro 1).

Quadro 1 – Métricas da paisagem: descrição categórica no nível de manchas, de paisagem e de classe.

| Nível | Categoria | Descrição |
|--------|-------------------|---|
| Mancha | Métricas de área | Índice mais utilizado e talvez o mais importante, pois muitos outros são construídos a partir dele. A biodiversidade, muitas vezes, está atrelada ao tamanho do fragmento; ou seja, quanto maior a mancha, possivelmente haverá mais riqueza. Com isso, existe relevância em saber o quanto tem de área para cada classe |
| | Métricas de borda | O comprimento ou densidade da borda expressa a configuração geométrica da paisagem e é fundamental para indicar processos ecológicos, pois a quantidade e o padrão de bordas resultam em diferentes intensidades do vento, insolação etc. O comprimento da borda equivale ao perímetro da mancha. Geralmente, as bordas irregulares naturais são vistas como positivas, pois constituem uma riqueza de estruturas; já as produzidas no processo de uso das terras são problemáticas |

| | | |
|----------|--------------------------------------|---|
| | Métricas de forma | As formas dos fragmentos associam-se à função dos <i>habitats</i> , pois poderão influenciar processos migratórios entre as espécies. Geralmente, baseiam-se na combinação entre área e perímetro. As formas irregulares das manchas são mais vulneráveis aos efeitos de borda e a análise delas deve considerar os aspectos da fragmentação associados aos fatores de pressão externa sobre a borda |
| | Métricas de área central | Também denominadas de área-núcleo ou área <i>core</i> , representam os espaços internos das unidades da paisagem, separadas das bordas, por distância pré-definida (<i>buffer</i> negativo). Os setores de bordas são influenciados fortemente pelas áreas exteriores, como pelas atividades agropastoris, com outras condições para a área central. A forma do fragmento pode influenciar na qualidade da área central, uma vez que as alongadas e irregulares contêm uma área-núcleo percentualmente inferior quando comparado com formas compactadas de igual tamanho |
| Paisagem | Métricas de diversidade | Corresponde à composição da paisagem representada pela abundância das manchas individuais. Algumas métricas estão associadas à diversidade, como riqueza, dominância e uniformidade |
| | Métricas de grau de contágio | Quantificam a paisagem no contexto espacial, a partir da descrição dos níveis de agregação entre os fragmentos da mesma classe. A variabilidade dos níveis liga-se ao número, tamanho, contiguidade e dispersão das manchas na paisagem, sempre relacionados aos vizinhos mais próximos |
| | Métricas de retalhamento | O retalhamento da paisagem, à primeira vista, não altera a área absoluta do fragmento. No entanto, verifica-se que a soma entre os quadrados dos fragmentos difere, de forma negativa, do quadrado da área original. Ademais, o retalhamento decorre em perturbações no <i>habitat</i> recortado |
| Classe | Métricas de vizinhança e proximidade | Baseiam-se na distância dos vizinhos mais próximos nos níveis de mancha, paisagem e classe. O vizinho mais próximo corresponde ao mínimo da quantidade de distância de uma mancha para as imediatamente após. São dados importantes para indicar o grau de isolamento dos fragmentos |
| | Métricas de fragmentação | Refere-se à diminuição, redução e isolamento das manchas. Categorizam os fragmentos (número, tamanho médio, densidade etc.) pelo grau de fragmentação e heterogeneidade da mancha |

Fonte: Lang e Blaschke, 2009; Volatão, 1998 – adaptado. Elaboração: Autor, 2020

Este estudo pautou-se na análise da quantidade, da relação entre os tamanhos, dos formatos e dos níveis de proximidades entre os fragmentos florestais, confrontados com os polígonos antrópicos, para obter a matriz e estados de deterioração da paisagem (Figura 4). Os dados vetoriais foram todos processados através da extensão Path Analyst 5.0 no

software ArcGIS 10.3, que possuem as métricas do FRAGSTAT, como as sintetizadas no quadro 2.

Quadro 2 – Métricas de paisagem em nível de mancha e de classe: definição e características

| Categoria | Métrica | | Definição | Observação |
|---------------------|-------------|--|---|--|
| | Abreviatura | Índice | | |
| Área | CA | Área de classe | Soma total de áreas dos fragmentos de vegetação | Considerar a qualidade do fragmento na análise |
| Densidade e tamanho | MPS | Tamanho médio da mancha | Razão entre a soma e número de manchas | |
| | NUMP | Números de manchas | Número do total de manchas referentes a uma classe | Pode indicar diversidade ou retalhamento da vegetação |
| | PSSD | Desvio padrão do tamanho da mancha | Razão da variância do tamanho das manchas | |
| | PSCOV | Coeficiente de variação do tamanho da mancha | Desvio padrão do tamanho da mancha dividido pelo tamanho médio da mancha e multiplicado por 100 | |
| Borda | TE | Total de bordas | Soma do perímetro de todas as manchas | Pode significar diversidade ou fragmentação paisagística |
| Forma | MSI | Índice de forma médio | Valores próximos a 1 indicam padrões circulares. Os dados distanciam sem limites; quanto mais longe do 1, a forma é irregular | Valores elevados podem indicar importância ambiental quando forem necessários <i>habitats</i> com formas irregulares |
| Forma | MPFD | Dimensão fractal da mancha média | Valores próximos a 1, apontam formas de perímetros simples; ao se aproximar de 2, a geometria é complexa | |

| | | | | |
|--------------|-------|--|---|---|
| Área central | TCA | Área central total | Soma das áreas centrais totais das manchas | A distância da área central em relação ao limite externo da borda deve ser indicada |
| | MCA | Área central média | Tamanho médio das áreas centrais dos fragmentos | |
| | NCA | Número de áreas centrais | Núcleo total de área central para cada mancha em relação ao nível de classe | Quando o NCA é menor que o número de manchas, haverá fragmentos sem área central |
| | CASD | Desvio padrão da área central | Raiz da variância da média das áreas centrais | |
| | CACOV | Coefficiente de variação de área central | Variabilidade em tamanho das áreas centrais disjuntas em relação à área central média | |
| | TCAI | Índice de área central total | Quantidade relativa de área central na paisagem | |

Fonte: Pirovani, 2010; Lang e Blaschke, 2009 – adaptado. Elaboração: Autor, 2020

No total, avaliou-se 14 índices de manchas e de classes (Quadro 2), com o intento de indicar, por exemplo, o tamanho médio e o total de bordas dos fragmentos florestais, a quantidade e variação do tamanho médio das manchas de vegetação. Para abordar as questões referentes à área central dos fragmentos, avaliou-se literaturas e realizou-se testes para delimitar o tamanho dela e elaborar cenários, que conduzem interpretar os estados ambientais (ABDALLA; CRUZ, 2015; BEZERRA et al., 2011; LANG; BLASCHKE, 2009; PIROVANI et al., 2014; SANTOS et al., 2016; SILVA; SOUZA, 2014; SILVA; SOUZA, 2014; SUN; ZHOU, 2016; VIDOLIN et al., 2011).

Resultados e discussão

A quantificação dos padrões paisagísticos é realizada por um vasto número de métricas ou índices de paisagens (LANG; BLASCHKE, 2009; MCGARIGAL, 2015), o qual está associado com o processo de fragmentação. A fragmentação corresponde à redução do tamanho da cobertura, ao isolamento do remanescente, sem regularidades, e ao

aumento da exposição da mancha ao efeito de borda (CASIMIRO, 2009; CÔRREA; LOUZADA, 2010). O processo de fragmentação conduz à formação de bordas artificiais, com repercussões nos sistemas ambientais, em função, sobretudo, dos efeitos de borda, resultantes em impactos danosos para o conjunto dos organismos (NASCIMENTO et al., 2006).

O retalhamento da vegetação pode ser desencadeado por fatores naturais e/ou sociais. As variáveis naturais, comumente, correspondem ao clima, química do solo e topografia, que podem ser intensificados pelas atividades sociais no processo de uso e ocupação das terras. O desenvolvimento da agropecuária é uma pressão que está no cerne do processo de fragmentação florestal relatados em diversos trabalhos (BEZERRA et al., 2011; CORRÊA; LOUZADA, 2010; NASCIMENTO et al., 2006; SANTOS et al., 2016).

Ao considerar as classes de uso e cobertura da terra como unidade ambiental, há possibilidades de utilizar as métricas para analisar a estrutura da paisagem, conforme as aplicadas em Canudos-BA e agrupadas na tabela 1. Cabe indicar que os valores, cujas unidades dimensionais referem-se à extensão, foram calculados em km ou km², em vista de padronizar os dados em toda a pesquisa.

Tabela 1 – Métricas de paisagem aplicadas na análise do município de Canudos-BA

| Categoria | Métrica | Unidade | Ano | | | | |
|---------------------|---|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 1977 | 1987 | 1997 | 2007 | 2017 |
| Área | Área de classe (CA) | km ² | 2648,1 | 2490,0 | 2412,8 | 2295,3 | 2146,1 |
| | | | 5 | 3 | 0 | 4 | 7 |
| Densidade e tamanho | Tamanho médio da mancha (MPS) | km ² | 12,80 | 12,51 | 11,77 | 9,18 | 8,76 |
| | Números de manchas (NUMP) | | 207 | 207 | 208 | 254 | 245 |
| | Desvio padrão do tamanho da mancha (PSSD) | km ² | 151,82 | 147,0 | 135,85 | 107,75 | 105,45 |
| | Coefficiente de variação do tamanho da mancha (PSCOV) | % | 1186,7 | 1176,3 | 1154,2 | 1097,6 | 1203,8 |
| Borda | Total de bordas (TE) | km ² | 3046,3 | 3167,5 | 3357,8 | 3888,7 | 3458,9 |
| Forma | Índice de forma médio (MSI) | | 2,04 | 2,05 | 2,07 | 2,08 | 2,03 |
| | Dimensão fractal da mancha média (MPFD) | | 1,40 | 1,40 | 1,40 | 1,39 | 1,38 |

| | | | | | | | |
|--------------|--------------------------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Área central | Área central total (TCA) | km ² | 2392,6 | 2327,8 | 2127,2 | 2005,5 | 1857,6 |
| | Número de áreas centrais (NCA) | | 0 | 0 | 4 | 2 | 4 |
| | Área central média (MCA) | km ² | 313 | 320 | 332 | 421 | 382 |
| | Desvio padrão da área central (CASD) | km ² | 7,64 | 7,27 | 6,41 | 4,76 | 4,86 |
| | Índice de área central total (TCAI) | % | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,13 | 0,12 |
| | | | 91,11 | 91,00 | 89,43 | 88,89 | 88,47 |
| | | | | | | | |

Fonte: Autor, 2020

A relação dos fragmentos de vegetação entre si e com os polígonos antrópicos indica o padrão paisagístico e a função ecológica da terra (Figura 6). Para as terras secas, são dados que inferem sobre diversas questões ambientais, a exemplo dos referentes ao processo de desertificação; pois, soma-se às abordagens referentes à vulnerabilidade ambiental, por meio da análise dos padrões espaciais, que influenciam na ocorrência de processos físicos e biológicos numa perspectiva ecológica. A relação entre a evolução do tamanho, as formas dos fragmentos vegetacionais e os elementos antrópicos especifica as forças motrizes geradoras de problemáticas, já que essas refletem os efeitos da dinâmica do uso da terra.

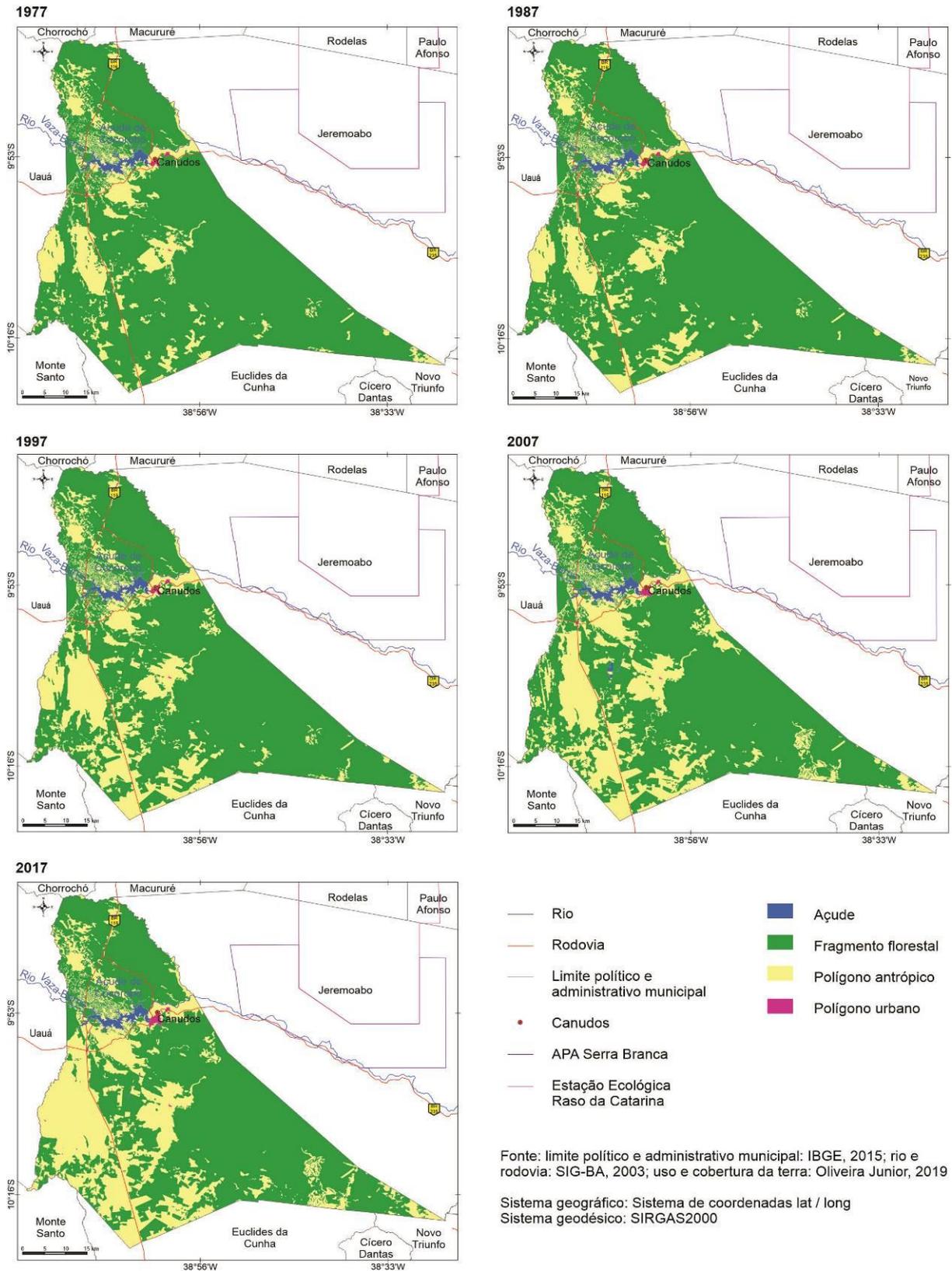


Figura 6 – Fragmentos vegetais e polígonos antrópicos: distribuição em Canudos-BA – 1987 a 2017

Fonte: Autor, 2020.

Nos mapas, verificou-se uma diminuição da ordem de 18,12% da cobertura vegetal entre os anos de 1977 e 2017, que denota, somente nesse tempo, a perda de 413,39km² das superfícies recobertas com caatinga arbórea e arbustiva no município de Canudos-BA.

No ano de 1977, existiam 207 fragmentos florestais da caatinga, sendo que os três maiores correspondiam, em ordem de grandeza, a 2.141,3km², 469,31km², 3,03km² (Figura 7, Tabela 2); eles dispersaram-se, sobremaneira, sobre os tabuleiros, constituídos por Neossolos quartzarênicos. Em função dos tamanhos dos fragmentos, percebeu-se a conexão entre eles, o que começou a diminuir nas décadas vindouras, averiguado na figura 7, nas tabelas 1 e 2, ao observar a diminuição das áreas do primeiro, do segundo maiores fragmentos e o aumento do tamanho do terceiro maior fragmento. O crescimento da terceira maior mancha de vegetação deveu-se ao fracionamento dos dois maiores fragmentos vegetacionais, a partir de manchas introduzidas (Figura 7).

Tabela 2 – Evolução da fragmentação vegetacional no município de Canudos-BA – 1977 a 2017.

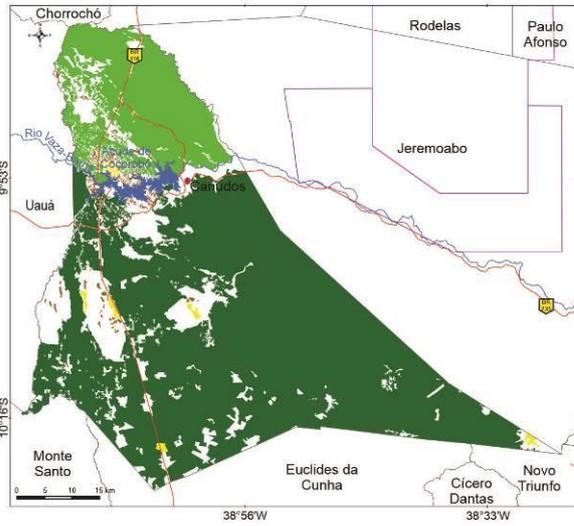
| Ano | Quantidade de fragmentos | Tamanho do fragmento (km ²) | | | |
|------|--------------------------|---|----------|----------|----------|
| | | Total | 1º maior | 2º maior | 3º maior |
| 1977 | 207 | 2.648,15 | 2.141,30 | 469,31 | 3,93 |
| 1987 | 207 | 2.490,03 | 2.074,88 | 459,36 | 17,22 |
| 1997 | 205 | 2.412,80 | 1.897, | 459,38 | 17,19 |
| 2007 | 235 | 2.295,34 | 1.532,04 | 455,93 | 206,61 |
| 2017 | 245 | 2.146,17 | 1.592,38 | 454,93 | 17,19 |

Fonte: Autor, 2020

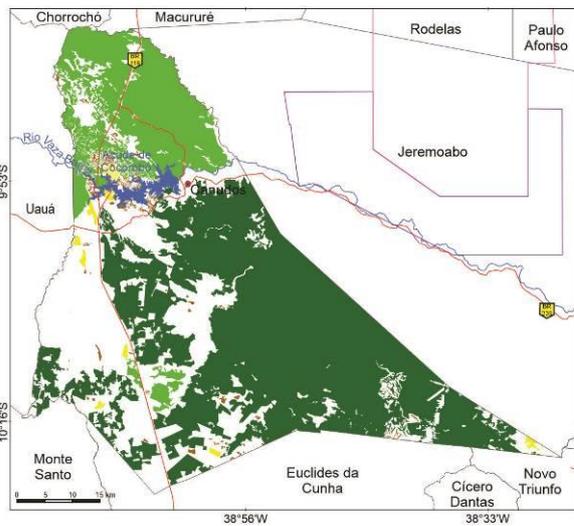
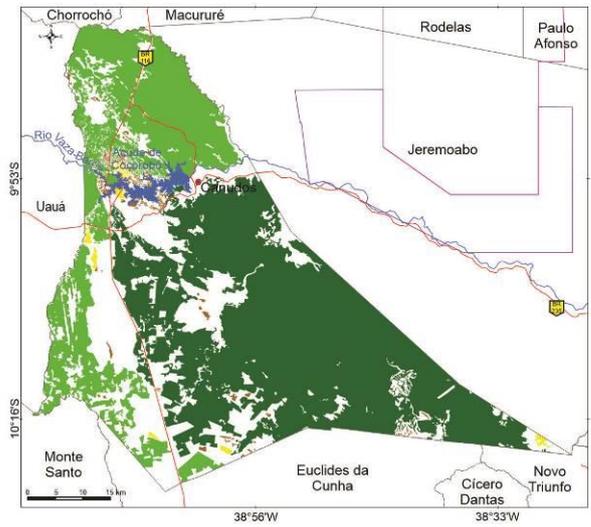
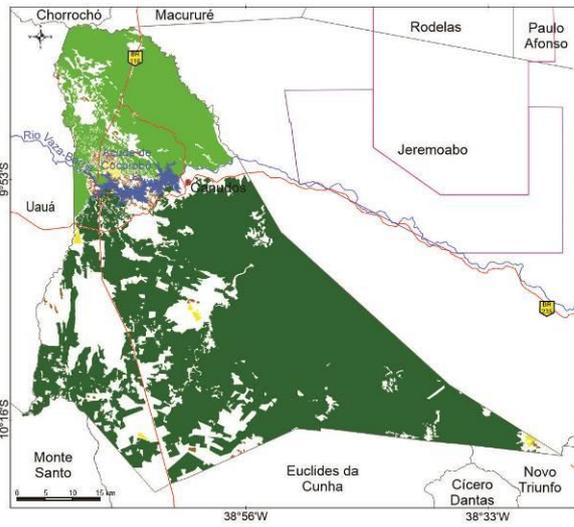
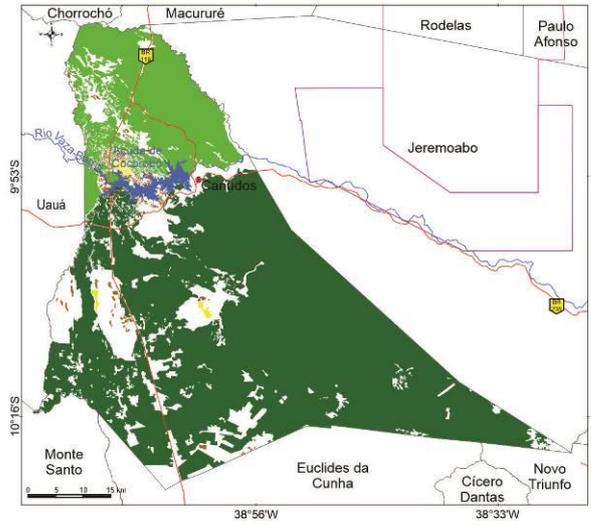
No ano de 2017, passaram a existir 245 manchas de feições vegetais da caatinga decorrentes da fragmentação da paisagem (Figura 7 e Tabela 1). Nesse período, ocorreu um fato peculiar, correspondente ao crescimento do maior fragmento florestal em relação ao ano de 2007 (Figura 7, Tabela 2). Isso intercorreu em razão da interligação entre o primeiro e o terceiro maiores fragmentos vegetacionais identificados em 2007; em contrapartida, houve uma diminuição do tamanho do terceiro maior fragmento (Figura 7).

Os polígonos antrópicos cresceram ao longo das décadas em uma média de 28,89% (Figura 6). Em relação aos anos de 1977 e 2017, houve um aumento significativo de 503,82km², equivalente a uma taxa de acréscimo de quase 100% da totalidade dos polígonos antrópicos no período de análise (Tabela 1). O rio Vaza-Barris e o açude de Cocorobó, circundado, excessivamente, pela lavoura irrigada e lavoura e pastagens alternadas, separaram os maiores fragmentos de feições vegetais da caatinga no município de Canudos-Ba (Figura 6).

1977



1987



Fonte: limite político e administrativo municipal: IBGE, 2015; rio e rodovia: SIG-BA, 2003; uso e cobertura da terra: Oliveira Junior, 2019

Sistema geográfico: Sistema de coordenadas lat / long
Sistema geodésico: SIRGAS2000

Figura 7 – Classes de fragmentos vegetais: Canudos-BA – 1987 a 2017

Fonte: Autor, 2020

A quantidade de fragmentos vegetais praticamente não alterou nas três primeiras décadas, o que contrasta com as duas últimas (Figura 6); se existiam 207 no ano de 1977, em 2017 passou a ter 245 (Tabelas 1 e 2). Grande parte desses números correspondeu às manchas com menos de 100m de extensão e se dispersou, principalmente, pela depressão, no nordeste e sudeste do município, onde o uso das terras é mais intenso (Figura 6). Ao comparar os mapas, percebeu-se que muitos fragmentos foram extintos e novos surgiram a partir do retalhamento dos dois maiores polígonos ao sul do rio Vaza-Barris (Figura 7). Isso é verificável na figura 8, relativa à evolução da fragmentação no extremo sudoeste da primeira maior mancha florestal em Canudos-BA. Nela, observa-se a diminuição e o fracionamento contínuo da mancha, com possibilidades de extinção, caso a pressão ambiental continue a progredir (Figura 8).

Entre os objetos técnicos encontrados no município de Canudos, a rodovia BR-116 favoreceu a ocupação das áreas em torno dela, em função de possibilitar, com rapidez, o transporte humano e o escoamento da produção agropecuária. Houve um avanço expressivo da fragmentação vegetal no período analisado nas proximidades da rodovia, o que contribuiu para diminuir o tamanho e ampliar os números de polígonos antrópicos (Figuras 6 a 8).

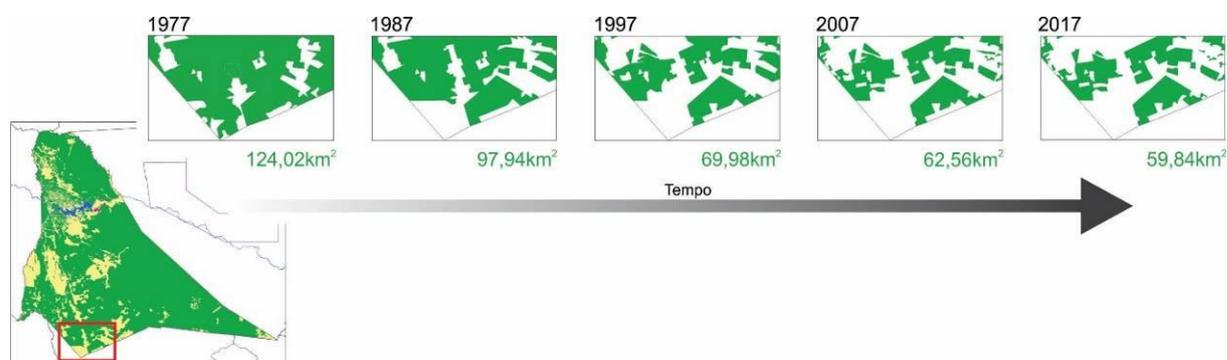


Figura 8 – Fragmentação e diminuição de manchas de vegetação: evolução temporal em Canudos-BA – 1977 a 2017
Fonte: Autor, 2020

Embora os menores fragmentos sejam em maior número, a soma total deles correspondeu, em todos os anos, a menos de 1,3km² (Tabela 1). Esse dado se opõe ao se referir à maior mancha, pois ela é continuamente superior a 65% em todos os mapas ao aludir a totalidade dos fragmentos de vegetação (Figuras 6 e 7, Tabela 1). Forman (1995) indicou a importância dos grandes e pequenos remendos de vegetação natural; os grandes

possuem funções ecológicas, paisagísticas relevantes e denotam estados de preservação e conservação, complementada pelos pequenos fragmentos espalhados, funcionais para a dispersão e recolonização de espécies, heterogeneidade paisagística e a formação *habitats* específicos.

O tamanho médio dos fragmentos (MPS) vegetais em Canudos-BA diminuiu continuamente ao longo do tempo de análise, sendo que os valores foram mais expressivos nos mapas de 2007 e 2017 (Tabela 1). Em 1977, o índice correspondia a 12,8km² e a 8,86km² em 2017, com uma redução de 4,04km², equivalente a 46,12% (Tabela 1). As acentuadas variabilidades da extensão das manchas de vegetação da caatinga ao longo do tempo (Figuras 6 e 7) foram atestadas pelo desvio padrão do tamanho médio dos fragmentos (PSSD), correspondente a 151,82km² em 1977; houve o decréscimo desse valor no ano de 2017, ao passar para 105,45km², evidenciado, também, pelo coeficiente de variação do tamanho das manchas (PSCOV) (Tabela 1). Se os valores do PSSD e PSCOV têm minorado no transcurso do tempo, isso quer dizer que há uma redução do tamanho dos maiores fragmentos de caatinga, conforme análise da figura 7.

Os índices relacionados ao tamanho dos fragmentos revelam valores muito acima e muito abaixo da média da área dos remanescentes de vegetação (Tabela 1). Nesse contexto, há locais problemáticos, a exemplo daqueles dispersos pela depressão, de intensa deterioração ambiental. Nesses, urgem práticas conservacionistas em função de serem propensos à extinção do fragmento (Figura 6), com a ampliação da vulnerabilidade à desertificação, devido às características ambientais, como as referentes à relação clima-solo-vegetação.

As bordas originadas por fatores naturais indicam heterogeneidade da biodiversidade a partir do contato de diferentes feições vegetais. Ao contrário daquelas oriundas de fatores sociais, cujos contatos referem-se às lavouras, às pastagens, aos limites urbanos etc. Em Canudos-BA, elas são induzidas por desmatamento e queimadas, fatores que causam risco de extinção de espécies, como a da arara-azul-de-lear, e o favorecimento de outras mais generalistas (CARYL et al., 2012; KUPFER et al., 2006); ainda, ampliam a rusticidade e, em consequência, geram instabilidade e deterioração ambiental. A figura 9 sintetiza diversas atividades agrícolas que estão no cerne da pressão ambiental no município de Canudos.

Os processos de retalhamento vegetal tendem a tornar irregulares e extensas as bordas dos fragmentos ao longo do tempo. Nos dados de 1977, a soma das extremidades

de bordas das manchas, obtida pela métrica total de bordas (TE), correspondia a 3.046,33km; em 2017, cresceu para 3.458,03km (Tabela 1). Todos esses valores encontram-se acima da extensão do perímetro político e administrativo municipal de Canudos-BA, que equivale a 319,84km, o que indica o retalhamento das feições vegetais e complexidade das formas. Um fato emblemático decorreu no ano de 2007, quando houve uma ampliação do valor TE em relação aos anos anteriores; em 2017, logo expressou redução, devido ao processo de intercalação de fragmentos (Figura 7), como já relatado neste texto.

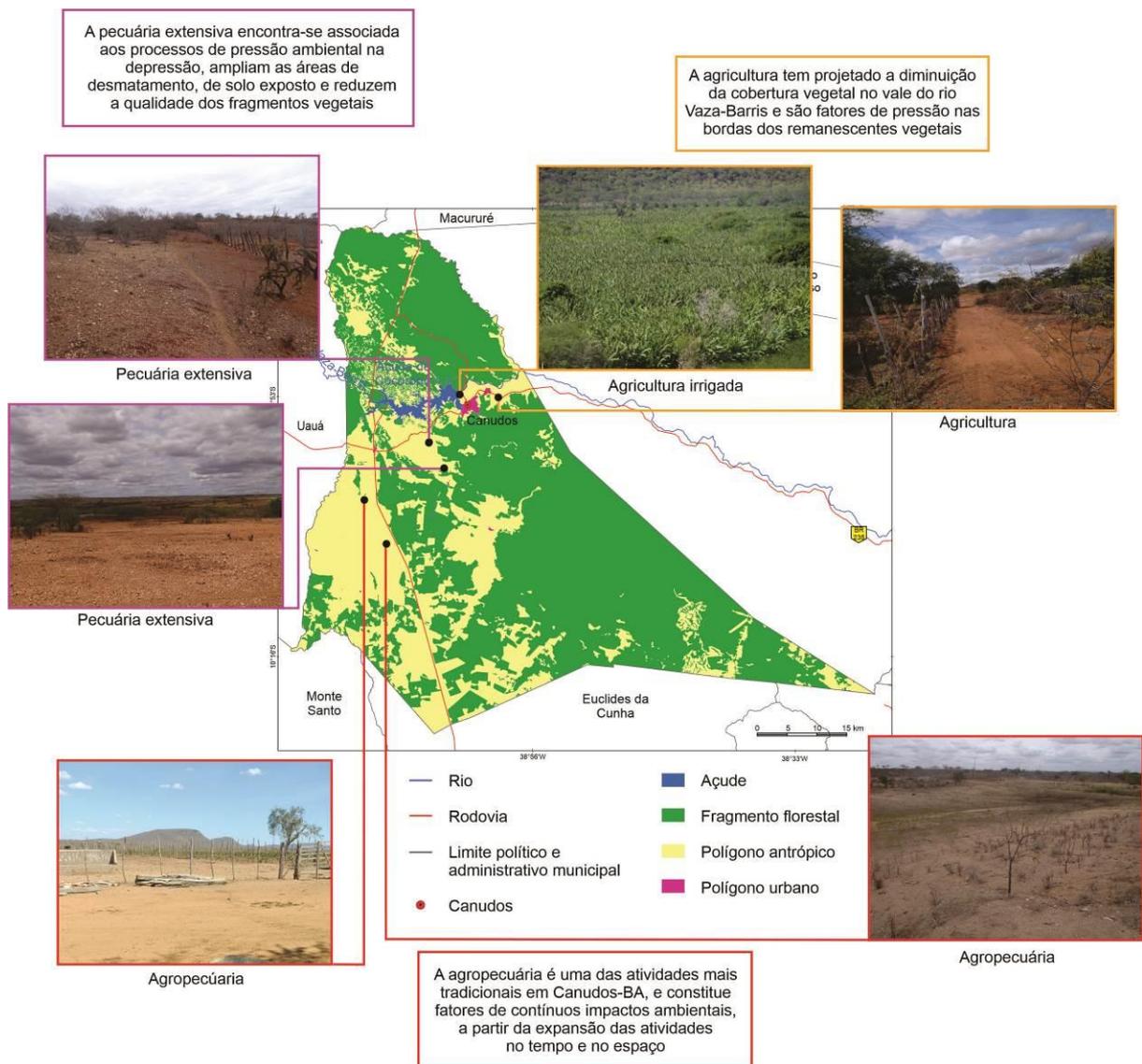


Figura 9 – Fragmentos vegetais e polígonos antrópicos: características dos principais sistemas de uso e vetores de pressão ambiental em Canudos-BA

Fonte: Autor, 2020

As formas das bordas estabelecidas a partir do índice de forma médio (MSI) são fatores importantes para a análise da paisagem em uma perspectiva da degradação ambiental, porque elas ocasionam vulnerabilidades em razão das irregularidades, pois há uma disposição de aumentar a pressão no interior da mancha. Os fragmentos recortados, alongados e irregulares possuem maior proporção de bordas e as áreas centrais, se elas existem, estão mais expostas aos impactos advindos das áreas externas circundantes (ALMEIDA, 2008). Ao contrário das geometrias regulares, que apresentam importância para efetivar mecanismos de conservação e portam amplas condições de terem as áreas centrais protegidas dos impactos oriundos das bordas.

Para efeito de comparar a configuração das bordas dos fragmentos com a utilização de dados vetoriais, aplica-se o padrão circular, que tende a ser considerado o mais simples e de importância do ponto de vista conservacionista (LANG; BLASCHKE, 2009). Os valores próximos ao número um pressupõem formas regulares, como os relacionados aos fragmentos da caatinga no município de Canudos-BA, pois os MSI encontraram-se em torno de dois durante a escala temporal adotada na pesquisa (Tabela 1).

Entretanto, em Canudos-BA, os fragmentos maiores possuem os MSI superiores aos menores, porque neles decorre um processo contínuo de pressão sobre as bordas e retalhamento dos remanescentes, em função da expansão das fronteiras das lavouras e pastagens (Tabela 1), conforme algumas situações visualizadas na figura 9. Por exemplo, em 2017, a métrica aludida concernente à classe de menor extensão (Figura 7) correspondeu a 1,87, enquanto, a de maior, a 12,61 (Tabela 1). Essa realidade foi semelhante à relatada por Pirovani et al. (2014), ao analisarem as métricas de paisagem na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, no estado de Espírito Santo. Ainda, como índice de forma, a dimensão fractal da mancha média (MPFD) indica perímetros menos complexos, pelos índices se aproximarem mais de 1 e se distanciarem de 2. Os valores no município se repetem nos anos estudados, em torno de 1,4 (Tabela 1).

Para efeito de cálculo das métricas concernentes à área central, estabeleceu-se como faixa de borda 100m para aplicar nos mapas de fragmentos florestais e polígonos antrópicos. A definição da profundidade da borda não é consenso científico, porque os efeitos externos no centro são dinâmicos, variam no espaço, no tempo (SCHLAEPFER; GAVIN, 2001), muitos ocorrem e se alastram espacialmente em conformidade com as características ambientais e dos fatores de pressão. A distância é calculada da parte externa

para a interna do fragmento e, geralmente, o limite da faixa de borda é dado segunda a espécie biológica de estudo e/ou do tipo de *habitat* (ALMEIDA, 2008). Como esta pesquisa não é um tratado sobre uma espécie particular, instituiu-se um padrão de 100m, com o propósito de introduzir cenários para a análise.

Os índices de área central possuem relevância, ao indicar os ambientes em que, gradativamente, diminuem os efeitos das atividades circunvizinhas externamente às bordas. Por exemplo, o uso direto de insumos agrícolas agroquímicos pressiona diversos sistemas ambientais, com a possibilidade de gerar poluição e contaminação dos solos e da água, mormente nas áreas mais próximas das bordas. No caso da área central, o tamanho e a forma da mancha são de importância para definir a qualidade do fragmento, e a geometria irregular dela tende a possuir uma área núcleo de tamanho inferior ao ser comparada com os fragmentos de semelhante dimensão espacial.

No município de Canudos-BA, havia 313 áreas centrais (NCA) no ano de 1987, distribuídas em 207 polígonos (Tabela 1). Os valores aumentaram ao longo das décadas e apresentou, apenas, queda no ano de 2017 em relação a 2007, por causa do processo de retalhamento da cobertura vegetal (Tabela 1 e Figuras 6 e 7). Entre 1997 e 2007, houve um salto de 21,14% no aumento de áreas centrais, comportamento semelhante de crescimento no período quando se analisa o número de manchas (NUMP) (Tabela 1).

Porém, é bom ressaltar que o processo de retalhamento das manchas vegetais é suficientemente importante para definir estados de deterioração ambiental, visto que acresce as possibilidades de ocorrer impactos no interior do fragmento. Ou seja, com a diminuição do tamanho da mancha, é passível transcorrer efeitos provenientes da pressão ambiental nas proximidades das bordas em todo o fragmento.

O retalhamento da paisagem também tende a tornar a forma do fragmento vegetal irregular e diminuir as chances de as áreas centrais serem extensas ou existentes. Em contrapartida, expande-se as probabilidades de as áreas centrais apresentarem-se individualizadas, conforme indica a figura 10, que ilustra um fragmento de vegetação da caatinga ao norte do rio Vaza-Barris no ano de 2017. A partir dela, percebe-se o isolamento de áreas centrais e vários setores sem as conter, o que permite indicar que a continuidade da pressão ambiental nas bordas, onde é mais direta, tenderá a diminuir os estados de conservação ambiental dos fragmentos vegetais (Figura 10). Ademais, atestam que os fragmentos menores e alongados são propensos a não possuírem área central.

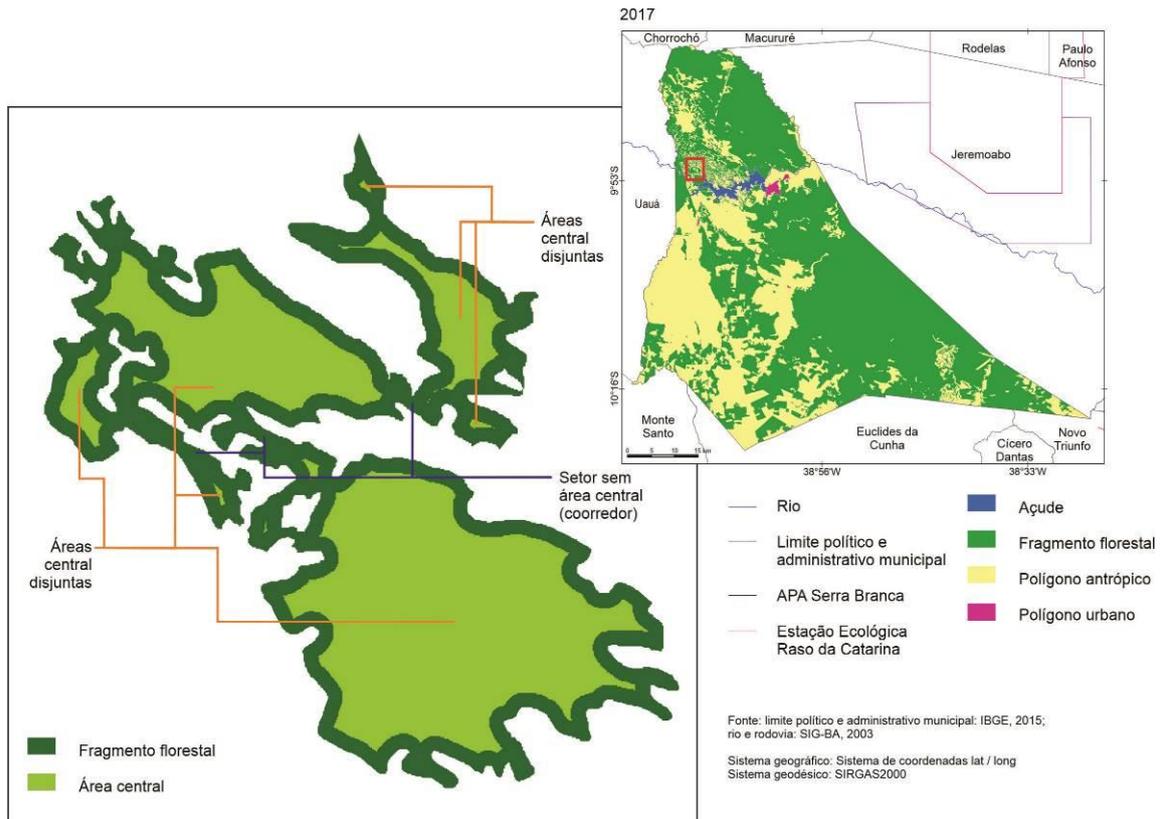


Figura 10 – Áreas centrais disjuntas: fragmento vegetal em Canudos-BA – 2017
Fonte: Autor, 2020

Entre uma das perturbações ambientais procedentes, especialmente, das atividades agropecuárias a partir do ano de 1977, tem-se a diminuição da área central total (TCA), equivalente a uma redução média de 106km^2 por década (1977 a 2017). Ao passo que torna menor a extensão das manchas, subtrai tamanhos da TCA, conforme sintetiza a figura 11. Quando os efeitos da borda causam perturbações ambientais, ocorre a redução da área central e influencia, negativamente, na estrutura paisagística, por isso é considerada um bom índice de conservação do fragmento (SANTOS et al., 2016).



Figura 11 – Evolução da área de classe (CA) e área central total (TCA): Canudos-BA – 1977 a 2007.

Fonte: Autor, 2020

Apesar do processo contínuo de fragmentação da paisagem e de todos os efeitos provenientes, expressos nos valores das métricas, os índices de área central total (TCA) são bons indicadores, porque todos foram acima de 88,47% no período analisado (Tabela 1). No entanto, esse valor não revela o grau de conservação para toda a área de estudo, a exemplo do que se vê na depressão, ao longo do centro e do oeste de Canudos-BA (Figuras 6 e 7). Além disso, a área central média (MCA) denota valores pequenos e indica que muitos polígonos são constituídos por uma área *core* inexpressiva, pois, a exemplo, esse valor correspondeu a 4,86km² em 2017 (Tabela 7).

O que os mapas (Figuras 6 e 7) e os dados de métrica de paisagem (Tabela 1) reafirmam é a fragilidade ambiental da paisagem canundense, cujas pressões repercutem efeitos negativos sobre a vegetação e ampliam a vulnerabilidade ambiental à desertificação. Isso pode ser constatado na permanência de solo exposto, onde a vegetação foi suprimida (Figura 6), bem como no processo de fragmentação contínua da paisagem e na diminuição da área central total (TCA) no município (Tabela 1).

Os fragmentos menores estão envolvidos por manchas introduzidas, por polígonos antrópicos, e, assim, são vulneráveis aos efeitos da pressão na borda, que se prolongam para o interior. Entre as possibilidades de ocorrência, têm-se a redução da área central, o desaparecimento da mancha, a perda de *habitat* e a diminuição da importância ecológica

da paisagem. Em consequência das características ambientais de Canudos-BA, advindas da relação clima-solo-vegetação, as perdas de fragmentos ocasionam fatores de desertificação, pela dificuldade de regeneração das feições vegetais, se o uso da terra persiste e se propaga.

No contexto das terras secas, o tamanho do fragmento pode condicionar processos de degradação. Associados à espacialidade das manchas, encontram-se as formas e os efeitos de borda que, geralmente negativos, tendem a reduzir ainda mais a grandeza do fragmento, a ponto de ampliar os impactos externos gradativamente até o interior da mancha, conforme verificado em Canudos-BA (Figuras 6, 9 e 10). As implicações ambientais podem diminuir a proximidade e ampliar o isolamento de manchas, até mesmo o desaparecimento delas. Destarte, há perdas de remanescentes vegetacionais, de *habitat* e a consequente acentuação dos fatores relacionados à desertificação, como aumento da taxa de evaporação da água e da temperatura dos horizontes superficiais do solo, diminuição da biodiversidade, exposição dos solos às intempéries e intensificação dos processos erosivos.

Considerações finais

A aplicação das métricas de paisagem no contexto de Canudos ilustram a ocorrência da agropecuária em uma matriz formada, essencialmente, por caatinga arbórea e arbustiva. No entanto, houve um aumento da fragmentação das feições vegetais, uma diminuição dos tamanhos das manchas e um acréscimo dos polígonos antrópicos ao longo das décadas analisadas. O maior volume de fragmentos vegetais possuiu extensão inferior a 1km² e se dispersou pela depressão periférica e interplanáltica, onde o uso da terra é evidente.

A supressão de fragmentos e o aparecimento de outros foram comandados pela dinâmica da agropecuária, que constituiu em um fator exponencial de pressão sobre as bordas das manchas de vegetação. São áreas que exigem práticas conservacionistas, para não prosseguir com a extinção das feições vegetais e o alastramento do solo exposto às intempéries climáticas. As provas encontraram-se no monitoramento do tamanho médio dos fragmentos (MPS) da vegetação, porque eles diminuíram progressivamente e apresentaram valores preocupantes entre os anos de 1977 e 2017. No primeiro, equivaleu a 12,8km²; no segundo, o MPS correspondeu a 8,86km².

A análise sobre a área central (NCA) também constatou a pressão sobre os remanescentes de vegetação no município. A fragmentação das feições vegetais ampliou o número de NCA, mas diminuiu a área central total (TCA) de forma importante, pois o valor pairou em torno dos 534,96km² entre os anos de 1977 e 2017. Os dados atestam para a ocorrência de manchas de vegetação sem área central e, muitas vezes, para a ruptura da intercalação delas, o que retira a importância dos remanescentes para configurar *habitats* naturais, visíveis na depressão periférica e interplanáltica.

Os impactos da fragmentação da vegetação, intercalados com áreas de solos expostos no município de Canudos, somam aos fatores de vulnerabilidade ambiental à desertificação. Há perdas da diversidade biológica, aumento da taxa de evaporação das águas dos solos e a ocorrência de processos erosivos acelerados, fenômenos que apontam para o rompimento do equilíbrio clima-solo-vegetação em terras demarcadas pela fragilidade ambiental.

Referências

ABDALLA, L. S.; CRUZ, C. B. M. Análise de fragmentação florestal no município de Silva Jardim, APA do rio São João, RJ. *Revista Brasileira de Cartografia*, Rio de Janeiro, n. 67, v. 1, p. 169-184, 2015.

ALMEIDA, C. G. *Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná*. Orientadora: Rosemeri Segecin Moro. 2008. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: um esboço metodológico. *Cadernos de Ciências da Terra*, São Paulo, n. 13, p. 1-27, 1971.

BEZERRA, C. G.; SANTOS, A. R.; PIROVANI, D. B.; PIMENTEL, L. B.; EUGENIO, F. C. Estudo da fragmentação florestal e ecologia da paisagem na sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre, ES. *Espaço & Geografia*, Brasília (DF), v. 14, n. 2, p. 257-277, 2011.

CARYL, F. M.; QUINE, C. P.; PARK, K. J. Martens in the matrix: the importance of nonforested habitats for forest carnivores in fragmented landscapes. *Journal of Mammalogy*, Oxford, v. 93, n. 2, p. 464-474, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1644/11-MAMM-A-149.1>.

CASIMIRO, P. C. Estrutura, composição e configuração da paisagem: conceitos e princípios para a sua quantificação no âmbito da ecologia da paisagem. *Revista Portuguesa de Estudos Regionais*, Coimbra, n. 20, p. 75-99, 2009.

CORRÊA, B. S.; LOUZADA, J. N. Bioma cerrado, fragmentação florestal e relações ecológicas com a avifauna. *Agrogeoambiental*, Pouso Alegre, v. 2, n. 3, p. 57-72, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v2n32010284>.

DELPOUX, M. Ecossistema e paisagem. *Métodos em questão*, São Paulo, v. 7, p. 1-23, 1974.

FAHRIG, L. Ecological Responses to Habitat Fragmentation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, California, v. 48, p. 1-23, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022612>.

FORMAN, R. T. T. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology*, Amsterdam, v. 10, n. 3, p. 133-142, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00133027>.

HARGIS, C. D.; BISSONETTE, J. A.; DAVID, J. L. The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. *Landscape Ecology*, Dordrecht, v. 13, n. 3, p. 167–186, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1007965018633>.

KUPFER, J. A.; MALANSON, G. P.; FRANKLIN, S. B. Not seeing the ocean for the islands: the mediating influence of matrix-based processes on forest fragmentation effects. *Global Ecology and Biogeography*, v. 15, p. 8-20, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2006.00204.x>.

LANG, S.; BLASCHKE, T. *Análise da paisagem com SIG*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MCGARIGAL, K. Fragstats Help. 2015. *UMASS*. Disponível em: < <https://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats.help.4.2.pdf> >. Acesso em: 15 jan. 2017.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens. *Biota Neotropica*, Campinas, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2001.

MITCHELL, M. G. E.; BENNETT1, E. M.; GONZALEZ, A. Forest fragments modulate the provision of multiple ecosystem services. *Journal of Applied Ecology*, London, v. 51, p. 909-918, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12241>.

NASCIMENTO, M. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. Mapeamento dos fragmentos de vegetação florestal nativa da bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo, a partir de imagens do satélite IKONOS II. *Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 389-398, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622006000300009>.

ODUN, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

PACÍFICO, E. C.; BARBOSA, E. A.; FILADELFO, T.; OLIVEIRA, K. G.; SILVEIRA, L. F.; TELLA, J. L. Breeding to non-breeding population ratio and breeding performance of the globally Endangered Lear's Macaw *Anodorhynchus leari*: conservation and monitoring implications. *Bird Conservation International*, Cambridge, v. 24, p. 1-11, 2014. DOI: 10.1017 / S095927091300049X.

PIROVANI, D. B.; SILVA, A. G.; SANTOS, A. R.; CECÍLIO, R. A.; GLERIANI, J. M.; MARTINS, S. V. Análise espacial de fragmentos florestais na bacia do rio Itapemirim, ES. *Árvore*, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 271-281, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622014000200007>.

RESASCO, J.; BRUNA, E. M.; HADDAD, N. M.; BANKS-LEITE, C.; MARGULES, C. R. The contribution of theory and experiments to conservation in fragmented landscapes. *Ecography*, Lund, v. 40, p. 109-118, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/ecog.02546>.

RUŽIČKA, M.; MIŠOVIČOVÁ, R. The general and special principles in landscape ecology. *Ekológia*, Bratislava, v. 28, n. 1, p. 1-6, 2009. DOI: 10.4149/ekol_2009_01_1.

SANTOS, C. A. P.; SANO, E. E.; SANTOS, P. S. Fronteira agrícola e a análise da estrutura da paisagem na bacia do rio Preto - Oeste da Bahia. *Ra'eGa*, Curitiba, v. 36, p. 179-207, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v36i0.41679>.

SANTOS, J. F. C.; MENDONÇA, B. A. F.; ARAÚJO, E. J. G.; ANDRADE, C. F. Fragmentação florestal na mata atlântica: o caso do município de Paraíba do Sul, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 151-158, 2017.

SCHLAEPFER, M. A.; GAVIN, T. A. Edge effects on lizards and frogs in tropical Forest fragments. *Conservation Biology*, [s.l], n. 15, n. 4, p. 1079-1090, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2001.0150041079.x>.

SILVA, M. S. F.; SOUZA, R. M. Padrões espaciais de fragmentação florestal na Flona do Ibura – Sergipe. *Mercator*, Fortaleza, v. 13, n. 3, p. 121-137, 2014. DOI: 10.4215/RM2014.1303.0009.

SUBIRÓS, J. V.; LINDE, D. V.; PASUAL, A. L.; PALOM, A. R. Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology): una interpretación desde la geografía. *Documents D'Analisi Geografica*, Barcelona, n. 48, p. 151-166, 2006.

SUN, B.; ZHOU, Q. Expressing the spatio-temporal pattern of farmland change in arid lands using landscape metrics. *Journal of Arid Environments*, [s.l], v. 124, p. 118-127, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.08.007>.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA – SEI. *Balço hídrico do estado da Bahia*. Salvador: SEI, 1999.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. *The water balance*. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology – Laboratory of Climatology, 1955. (Publications in Climatology, vol. VIII, n. 1).

TRICART, J. Paisagem e ecologia. *Inter-facies*, São José do Rio Preto, n. 76, p. 1-55, 1982.

TURNER, M. G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, Palo Alto, n. 20, p. 171-197, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.20.110189.001131>.

UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION – UNCCD. *Convenção das Nações Unidas de combate à desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África*. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 1997.

VALERI, S. V.; SENÔ, M. A. A. F. A importância dos corredores ecológicos para a fauna e a sustentabilidade de remanescentes florestais. *Atualidades Jurídicas*, Jaboticabal, v. 1, p. 699-709, 2004.

VIDOLIN, G. P; BIONDI, D.; WANDEMBRUCK, A. Análise da estrutura da paisagem de um remanescente de floresta com araucária, Paraná, Brasil. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 515-525, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000300014>.

VOLOTÃO, C. F. S. *Trabalho de análise espacial: métricas do Fragstats*. São José dos Campos: INPE, 1998.