

REVISTA

DESAFIOS

ISSN: 2359-3652

V.12, n.1, ABRIL/2025 – DOI: http://dx.doi.org/10.20873/pibic_2024_21116

ANÁLISE DINÂMICA DA PAISAGEM PARA UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO ESTADO DO TOCANTINS

DYNAMIC LANDSCAPE ANALYSIS IN CONSERVATION UNITS IN THE STATE OF TOCANTINS.

ANÁLISIS DINÁMICO DEL PAISAJE EN UNIDADES DE CONSERVACIÓN EN EL ESTADO DE TOCANTINS.

Kelly Menezes Pereira:

Graduada em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Tocantins. E-mail: kelly.menezes@mail.uft.edu.br | Orcid.org/0009-0005-8312-693X

José de Oliveira Melo Neto:

Professor da Universidade Federal do Tocantins. Doutor em Recursos Hídricos. E-mail: jose.mneto@mail.uft.edu.br | Orcid.org/0000-0001-7451-204X

RESUMO:

Os indicadores de padrão ou métricas da paisagem são baseados na ecologia da paisagem, área de estudo interdisciplinar que se dedica a compreender como as perturbações influenciam a organização, o funcionamento, a composição e as transformações das paisagens. As métricas fornecem medidas simples da estrutura em que uma dada paisagem se encontra e podem ser obtidas com a aplicação de técnicas de geoprocessamento. Tomou-se como objetivo neste trabalho a compreensão da dinâmica estrutural da paisagem em três unidades de conservação, uma de proteção integral e duas de uso sustentável no estado do Tocantins, através da aplicação de técnicas de processamento digital de imagens e aplicação de métricas espaciais da paisagem. Foram utilizadas imagens de sensores remotos de satélite da série LANDSAT para os anos 2000, 2010 e 2020. As imagens passaram por processos de classificação orientada a objeto da cobertura do solo para cada período com a aplicação de técnicas de aprendizado de máquina. Ao produto da classificação da cobertura do solo foram aplicadas métricas da paisagem para identificação do grau de fragmentação das UCs analisadas. De maneira geral, observou-se redução da vegetação nativa ao longo do tempo em todas as unidades de conservação analisadas em comparação com as demais classes de cobertura do solo, sendo substituídas, majoritariamente, por culturas agrícolas e pecuária. Constatou-se também uma piora significativa nas métricas da paisagem destacando o elevado grau de fragmentação da vegetação nativa nestas UCs.

PALAVRAS-CHAVE: Cobertura do solo; Processamento digital de imagens; Métricas da paisagem

ABSTRACT:

Landscape pattern indicators or landscape metrics are based on landscape ecology, an interdisciplinary area of study dedicated to understanding how disturbances influence the organization, functioning, composition and transformations of landscapes. Metrics provide simple measures of the structure in which a given landscape is found and can be obtained by applying geoprocessing techniques. The objective of this work was to understand the structural dynamics of the landscape in three conservation units (CUs), one of full protection and two of sustainable use in the state of Tocantins, through the application of digital image processing techniques and application of spatial metrics of the landscape. Remote sensing satellite images from the LANDSAT series for the years 2000, 2010 and 2020 were used. The images underwent object-oriented classification processes of land cover for each period with the application of machine learning techniques. Landscape metrics were applied to the land cover classification product to identify the degree of fragmentation of the CUs analyzed. In general, a reduction in native vegetation was observed over time in all conservation units analyzed in comparison with the other land cover classes, being replaced, mostly, by agricultural crops and livestock. A significant worsening in landscape metrics was also observed, highlighting the high degree of fragmentation of native vegetation in these CUs.

KEYWORDS: *Land cover; Digital image processing; Landscape metrics*

RESUMEN:

Los indicadores de patrones de paisaje o métricas de paisaje se basan en la ecología del paisaje, un área de estudio interdisciplinaria dedicada a comprender cómo las perturbaciones influyen en la organización, el funcionamiento, la composición y las transformaciones de los paisajes. Las métricas proporcionan medidas simples de la estructura en la que se encuentra un paisaje determinado y pueden obtenerse mediante la aplicación de técnicas de geoprocесamiento. El objetivo de este trabajo fue comprender la dinámica estructural del paisaje en tres unidades de conservación (UC), una de protección integral y dos de uso sostenible en el estado de Tocantins, mediante la aplicación de técnicas de procesamiento digital de imágenes y aplicación de métricas espaciales del paisaje. Se utilizaron imágenes de satélite de teledetección de la serie LANDSAT de los años 2000, 2010 y 2020. Las imágenes fueron sometidas a procesos de clasificación orientada a objetos de las coberturas del suelo para cada periodo con la aplicación de técnicas de aprendizaje automático. Al producto de clasificación de coberturas del suelo se le aplicaron métricas de paisaje para identificar el grado de fragmentación de las UC analizadas. En general, se observó una reducción de la vegetación nativa a lo largo del tiempo en todas las unidades de conservación analizadas en comparación con las otras clases de cobertura del suelo, siendo sustituida, en su mayoría, por cultivos agrícolas y ganadería. También se observó un empeoramiento significativo de las métricas de paisaje, destacando el alto grado de fragmentación de la vegetación nativa en estas UC.

Palabras clave: *Cobertura del suelo; Procesamiento de imágenes digitales; Métricas del paisaje.*

INTRODUÇÃO

A paisagem é um mosaico heterogêneo composto por grupos de ecossistemas que interagem entre si, distribuídos em padrões variados o que facilita a perda de sua função ecológica (Laforteza *et al.*, 2024; Metzger, 2001; Santos e Rocha, 2020; Turner, 2005). Portanto, compreender como os elementos que compõe a paisagem estão distribuídos e organizados é crucial para prever suas influências e mudanças no uso da terra que ao destruírem e fragmentarem habitats, causam uma série de problemas ambientais, como a perda de biodiversidade, o desequilíbrio ecológico e a redução dos serviços ecossistêmicos (Ai *et al.*, 2022; Morin *et al.*, 2024; Yanan, 2021).

Vale ressaltar que, a conversão da vegetação nativa em áreas de agricultura, pastagem e urbanas têm aumentado ao longo dos anos devido a busca por insumos e infraestrutura, em decorrência disso, estratégias de planejamento e gestão eficientes para conservação do meio ambiente tornam-se necessárias (Amorim *et al.*, 2024; Cristo e Noleto, 2020; Rodrigues e Utsumi, 2019; Souza *et al.*, 2021).

As métricas da ecologia da paisagem servem como base para compreender e mensurar como os elementos da paisagem interagem entre si e a influência dos mesmos nos fragmentos com distintas formas (Moreira *et al.*, 2024; Rex *et al.*, 2018). As métricas nos permitem obter informações sobre a: área, densidade e borda; forma; área central, proximidade e isolamento, além da conectividade. Através das métricas da paisagem e Sistemas de Informação Geográfica é possível identificar tendências e padrões do processo de fragmentação de remanescentes florestais espaço temporalmente (Cerqueira *et al.*, 2021; Rodrigues *et al.*, 2019), tornando viável o estudo aprofundado da análise da dinâmica da paisagem.

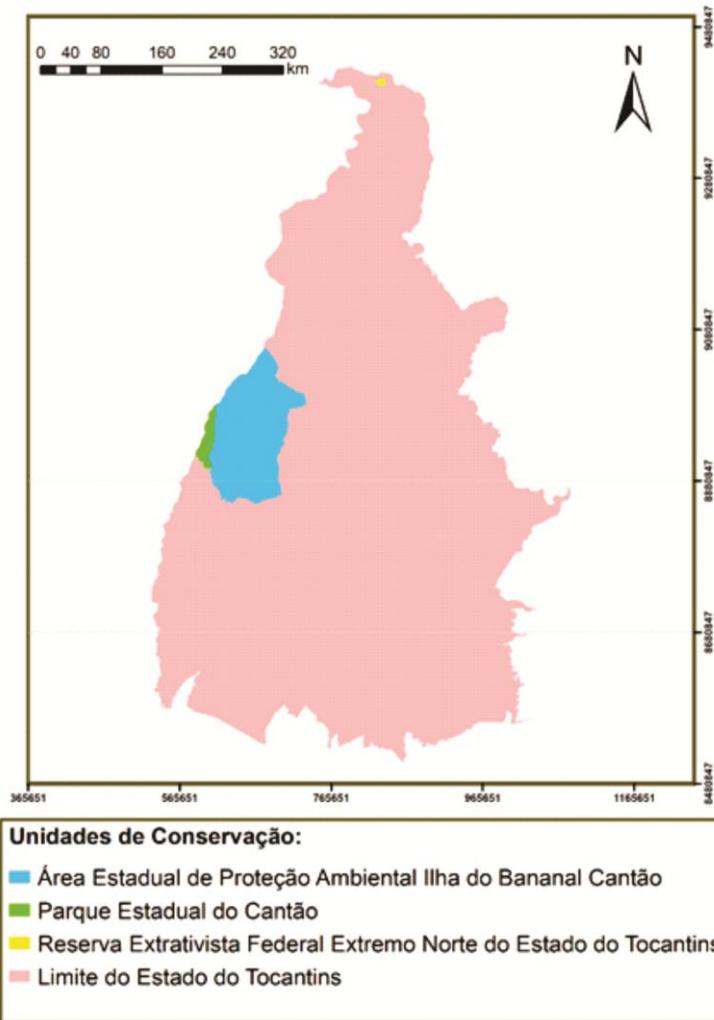
De modo geral, a ecologia da paisagem é uma área de estudo interdisciplinar que se dedica a compreender como as perturbações influenciam a organização, o funcionamento, a composição e as transformações das paisagens, salientando como os fatores naturais e antrópicos moldam a dinâmica da paisagem e as relações entre os elementos que a compõem em escala temporal.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado nas dependências do Laboratório de Prototipagem e Monitoramento Ambiental (LPMA) da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi abrangendo coleta de informações para Unidades de Conservação do estado do Tocantins.

O estado do Tocantins possui 38 unidades de conservação em seu território, sendo 9 de proteção integral e 29 de uso sustentável. Estas unidades estão distribuídas ao longo de todo o território do estado e, na maioria dos casos, sem conexões entre si. Nesse trabalho foram avaliadas três unidades de conservação listadas na Figura 1.

Figura 1 - Unidade de conservação no Tocantins estudadas



Fonte: OS autores (2024).

Para realização do processo de classificação da cobertura do solo foram utilizadas imagens de satélite da série LANDSAT, para os anos 2000, 2010 e 2020, adquiridas no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), contemplando as unidades de conservação estudadas. Para os anos 2000 e 2010 foram utilizadas imagens do LANDSAT-5 referentes ao sensor Thematic Mapper (TM) e LANDSAT-7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), já para o ano de 2020 foram utilizadas imagens do LANDSAT-8 sensor Operational Land Imager (OLI).

No processo de busca foram priorizadas imagens no mesmo período de cada ano, preferencialmente nos meses de março a junho, para identificar respostas semelhantes das coberturas do solo. Como critério adicional, foi adotado um limite máximo de presença de cobertura de nuvens nas imagens de 10 %.

A partir das imagens de cada período foram gerados mosaicos e recortes para cada UC utilizando o software QGIS em sua versão 3.34.2, com a composição colorida RGB das bandas 3, 2, 1 para o sensor TM/ETM+ e 4, 3, 2 para o sensor OLI, incluindo a banda do infravermelho próximo (NIR). Feito o recorte, utilizou-se o pacote Orfeo Toolbox, um sistema de informação geográfica de código aberto, com isso, foi executado a segmentação das imagens matriciais dos anos 2000, 2010 e 2020.

Para classificação da cobertura do solo nas UCs analisadas foi aplicado o método de classificação orientada a objeto OBIA (Object-based Image Analysis) que consiste em analisar parâmetros que vão além da resposta espectral do pixel, como textura e forma dos objetos que compõem uma determinada cena em uma imagem (Watts *et al.*, 2009). O plugin utilizado para esses processamentos foi o Orfeo ToolBox (OTB), com a coleta de amostras referentes as classes definidas para o trabalho (Tabela 1) e posteriormente foram calculadas as estatísticas dos pixels para finalmente executar a classificação utilizando o método de aprendizado de máquina Random Forest. O produto final dessa classificação foi utilizado para a obtenção das métricas espaciais.

Tabela 1 - Classes de cobertura do solo aplicadas em cada UC analisada.

Unidade de Conservação	Classes de Cobertura do solo			
	Vegetação nativa	Agropecuária / Solo exposto	Água	Bancos de areia
Área Estadual de Proteção Ambiental Ilha do Bananal Cantão	x	x	x	-
Parque Estadual do Cantão (PEC)	x	x	x	x
Reserva Extrativista Federal Extremo Norte do Estado do Tocantins (REENT)	x	x	-	-

Fonte: Os autores (2024).

Vale ressaltar que nem todas as unidades de conservação possuem as classes analisadas, porém foi avaliada apenas a classe 1 (vegetação nativa), onde esta classe ocorreu em todas as áreas avaliadas.

A seleção das métricas espaciais para análise da paisagem foi baseada em preceitos ecológicos de acordo com Metzger (2009). Os dados foram processados no programa ArcGis ® em sua versão 10.8, no plugin Patch Analyst ® verão 5.0 que possibilita quantificar os elementos da paisagem que são baseados em mapas de cobertura do solo organizados por classes sendo necessário analisar várias delas em conjunto, em vez de se concentrar em um único indicador. Isso permite uma interpretação mais aprofundada da estrutura e das dinâmicas dos ecossistemas, fornecendo uma visão mais clara sobre as transformações e características da paisagem.

Dessa maneira, procedeu-se uma análise ao nível de classe, com métricas pertencentes a cinco grupos: 1 – área, densidade e borda; 2 – forma; 3 – área central; 4 – contágio e dispersão; e 5 – proximidade e isolamento (Mc Garigal,

2013). Para tabulação de dados foi utilizado o software Excel ® em sua versão 2015. Na Tabela 2 estão descritas as métricas utilizadas para análise da estrutura da paisagem com base nos produtos de classificação das imagens de satélite.

Tabela 2 - Métricas da paisagem aplicadas em cada UC analisada.

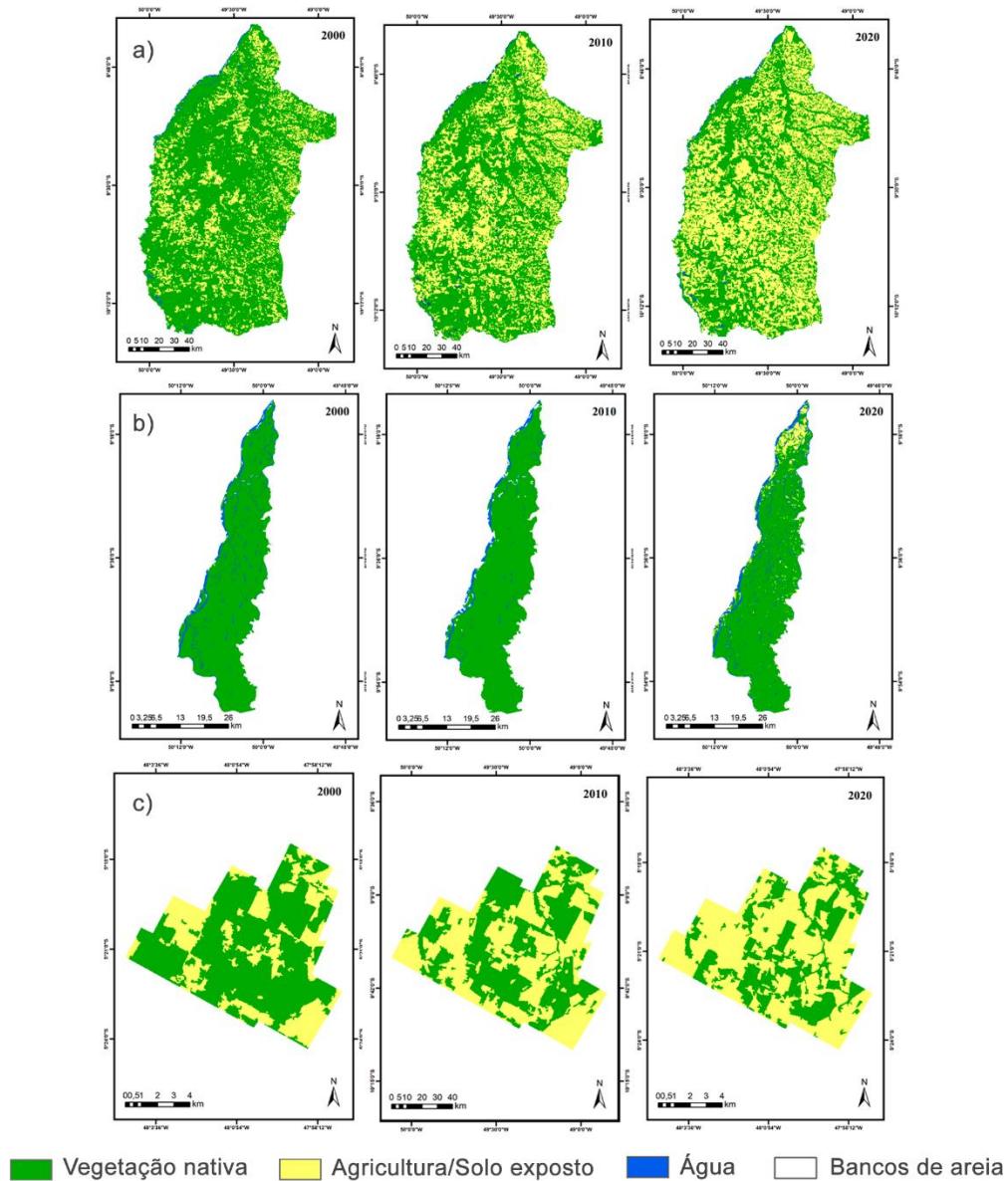
Sigla	Métrica	Unidade	Descrição
NumP	Número fragmentos	de Adimensional	Número total de manchas; expressa o número total de manchas por classe de uso da terra.
MPS	Área média dos fragmentos	Hectare (ha)	Tamanho médio das manchas; expressa o tamanho médio das manchas por classe de uso da terra.
CA	Área de classes	Hectare (ha)	Área total da classe; representa a soma de todas as manchas de determinada classe de uso da terra.
TE	Total de bordas	Metro (m)	Comprimento total do perímetro (borda) para cada classe de uso da terra.
ED	Densidade de bordas	m/ha	Densidade de borda; expressa a relação entre perímetro (te) de cada classe pela área total da paisagem (tla).
MNN	Distância média do vizinho mais próximo	Metro (m)	A distância média do vizinho mais próximo é a média dessas distâncias para classes individuais ao nível de classe.
TCA	Total da área central	Hectare (ha)	O tamanho total das manchas.
IJI	Conectividade	Porcentagem (%)	O grau de conectividade dos fragmentos, aproxima-se de zero quando distantes e 100 próximos.

Fonte: Os autores (2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentados os mapas de cobertura do solo para os três períodos analisados (2000, 2010 e 2020) para as UCs Área Estadual de Proteção Ambiental Ilha do Bananal Cantão (a), Parque Estadual do Cantão (b) e Reserva Extrativista Federal Extremo Norte do Estado do Tocantins (c).

Figura 2 - Dinâmica da cobertura do solo nas unidades de conservação estudadas.



Fonte: Os autores (2024).

De maneira geral, observa-se que houve redução na classe de vegetação nativa em relação aos demais usos do solo ao longo do tempo para todas as UCs analisadas. Tal condição é esperada para a APA Ilha do Bananal Cantão e para a REENT devido serem do grupo de unidades de conservação de uso sustentável. No entanto, nota-se que o Parque Estadual do Cantão (PEC) perdeu parte de sua vegetação natural mesmo inserida no grupo de UCs de proteção integral, onde é prescrito pela Lei n° 9.985 que admite apenas o uso indireto dos seus recursos naturais (Brasil, 2000). A UC com menor redução da vegetação nativa foi o

Parque Estadual do Cantão que indicou uma perda de 8,77 % da vegetação nativa entre os anos 2000 e 2020.

No entanto, houve destaque negativo para a REENT e para a APAIBC com redução de 48,67 % e 38,10 %, respectivamente. Nestas UCs o maior avanço se deu por pressão do agronegócio, a REENT apresentou um aumento em 20 anos de 99,51 %, isso se explica pelo fato de estar inserida na fronteira agrícola MATOPIBA, região de grandes conflitos por regularização fundiária (Britto, 2021) e na APAIBC um incremento de 118,36 % no período analisado, considerada a maior APA do Estado do Tocantins apresenta aumento da classe de uso da terra em agricultura e pastagem e urbanização. Além disso, foi observado uma redução dos recursos hídricos em 18,22% para a APAIBC e 11,92% no PEC.

Além de atuar na proteção da flora, fauna e recursos hídricos a APAIBC auxilia na regulação do uso e ocupação visando controlar as atividades humanas nas áreas adjacentes ao Parque Estadual do Cantão, garantindo que elas sejam sustentáveis e não prejudiquem os ecossistemas protegidos, o que visivelmente, diante o estudo apresentado, está sendo descumprido. Na Tabela 3 são apresentadas as métricas da paisagem para a classe de cobertura da terra de vegetação nativa para cada uma das UCs analisadas.

Tabela 3 - Métricas da paisagem aplicadas em cada UC analisada.

Métrica	Ano	NumP	CA	MPS	TE
---------	-----	------	----	-----	----

UC		-	ha	ha	m
APAIBC	2000	155	1177000,0	7593,55	141050000
	2010	383	919773,8	2401,5	166087500
	2020	717	728520,0	1016,07	173410800
PEC	2000	18	91353,8	5075,21	11307600
	2010	10	92153,2	9215,32	6591000
	2020	56	83988,4	1499,79	19377600
REENT	2000	12	610101,0	508,42	2418600
	2010	29	419112,0	144,52	2964000
	2020	38	313182,0	82,42	3143400
Métrica	Ano	ED	TCA	MNN	IJI
UC		m/ha	ha	m	%
APAIBC	2000	899	72282500	51769	26,87
	2010	1061	42892187	54056	19,19
	2020	1108	25705607	55702	14,17
PEC	2000	1137	8886591	16832	30,34
	2010	662	9069759	75466	90,91
	2020	1948	7975854	10087	99,00
REENT	2000	2662	558657	8063	100
	2010	3262	355905	10754	100
	2020	3459	246123	20733	100

Fonte: Os autores (2024).

O PEC apresentou os melhores indicadores entre as UCs analisadas, quando comparados os anos 2000 e 2020, apesar de apresentar redução de sua vegetação nativa (CA).

Em contrapartida, a REENT apresentou o maior grau de degradação da vegetação nativa, tendo boa parte de sua cobertura natural substituída por culturas agrícolas ou solo exposto, além de apresentar fragmentos menores (MPS), aumento do total de bordas (TE) e alta densidade de borda (ED) quando comparados os anos 2000 e 2020.

Na APAIBC observou-se aumento em mais de 100% entre 2000 e 2020 da quantidade de fragmentos da vegetação nativa tendo efeito sobre a área média dos fragmentos que foi reduzida expressivamente, logo, o elevado grau de fragmentos florestais está consequentemente relacionado ao efeito de borda

expressado nas métricas TE e DE. O efeito de borda, se caracteriza por alterar gradativamente na transição do fragmento de uma vegetação nativa e as áreas circundantes modificadas, ocasionando alterações físicas e bióticas do local (Matos *et al.*, 2021; Rodrigues *et al.*, 2019).

Vale ressaltar que, todas as unidades de conservação analisadas obtiveram redução do total da área central (TCA), aumentando a vulnerabilidade do ecossistema o que afeta as interações entre as espécies existentes no local.

As métricas aplicadas permitiram analisar os padrões espaciais de forma satisfatória no tocante a fragmentação florestal do território das unidades de conservação no período analisado. Este conjunto de indicadores apresentaram que a distribuição espacial e a estrutura física das UCs analisadas encontram-se fragilizadas com aumento ao longo do tempo da pressão antrópica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destaca-se o efeito da modificação da cobertura do solo ao longo do tempo devido ao aumento da pressão pelas atividades antrópicas, principalmente as atividades agrícolas, atividade econômica relevante no estado do Tocantins indicando que no futuro estas pressões devem continuar.

De maneira geral, observou-se alto grau de fragmentação, redução da área média dos fragmentos e efeito de borda nas unidades de conservação estudadas de acordo com as métricas da paisagem analisadas a nível de classe.

O uso de técnicas de processamento digital de imagens e métricas de análise espacial da paisagem se mostraram como ferramentas eficazes para analisar a estrutura das paisagens e proporcionaram uma avaliação efetiva e detalhada das condições estruturais dos remanescentes florestais nas unidades de conservação estudadas.

A associação do SIG juntamente a aplicação de métricas da paisagem nos permitiu uma análise detalhada da estrutura, padrões e processos ecológicos nas paisagens analisadas, se mostraram eficientes em monitorar e quantificar as alterações que ocorreram nas unidades de conservação mensurando como os elementos da paisagem interagem entre si e a influência dos mesmos nos fragmentos com distintas formas.

Referências Bibliográficas

- AI, J; YU, K; ZENG, Z; YANG, L; LIU, Y; LIU, J. Assessing the dynamic landscape ecological risk and its driving forces in an island city based on optimal spatial scales: Haitan Island, China. **Ecological Indicators**. v. 137, p. 1-14, 2022.
- AMORIM, M. B.; RAMOS, M. R.; VENTUROLI, F.; UHLMANN, A. Uso e ocupação do solo relacionado aos valores adicionados brutos da indústria e da agropecuária ao PIB das microrregiões do estado do Tocantins. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**. São José dos Pinhais, v.17, n.1, p. 1906-1926, 2024.
- BRASIL. Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, [2000]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm.
- BRITTO, S. L. As unidades de conservação ambiental do norte do estado do Tocantins e sua importância para a biodiversidade da região. **UÁQUIRI-Revista do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre**. v. 3, n. 1, p. 19-19, 2021.
- CERQUEIRA, M. C.; MATRICARDI, E. A. T.; SCARIOT, A. O.; OLIVEIRA, C. H. Fragmentação da paisagem no entorno e na reserva de desenvolvimento sustentável nascentes das geraizeiras, Minas Gerais. **Ciência florestal**. Santa Maria-RS, v. 31, n. 2, p. 607-633, 2021.
- CRISTO, S. S. V.; NOLETO, J. P. S. Análise das Transformações Ambientais da porção central do estado do Tocantins: ênfase nos aspectos de uso e ocupação da terra no município de Brejinho de Nazaré. **GeoUECE**. Fortaleza-CE, v. 09, n. 16, p. 147-153, 2020.
- DE MATOS, T. P. V; DE MATOS, V. P. V; DE MELLO, K; VALENTE, R. A. Protected áreas and forest fragmentation: Sustainability index for prioritizing fragments for landscape restoration. **Geology, Ecology and Landscapes**. Londres, v. 5, n. 1, p. 19-31, 2021.
- FERREIRA, I. J. M; FERREIRA, J. H. D; BUENO, P. A. A; VIEIRA, L. M; DE OLIVEIRA BUENO, R; COUTO, E. V; Spatial dimension landscape metrics of Atlantic Forest remnants in Paraná State, Brazil. **Acta Scientiarum. Technology**. v. 40, n. 1, p. e36503, 2018.
- HARKER, K; ARNOLD, L; SUNTERLAND, I; GERGEL, S. Perspectives from landscape ecology can improve environmental impact assessment. **Facets**. v. 6, n. 1, p. 358-378, 2021.
- LAFORTEZZA, R; CORRY, R. C; SANESI, G; BROWN, R. D. Quantitative approaches to landscape spatial planning: clues from landscape ecology. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**. v. 84, 2024.
- LAURANCE, W.F., SAYER, J. E CASSMAN, K.G. Agricultural expansion and its impacts on tropical nature. **Trends in Ecology & Evolution**. Cambridge, v. 29, n. 2, p. 107-116, 2013.
- LIMA, G. S. A.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E. Qualidade da paisagem e perdas de solo frente à simulação de cenários ambientais no Cerrado, Brasil. **Sociedade & natureza**. Uberlândia-MG, v. 32, p. 426-439, 2020.
- YANAN, L. Research Progress of Landscape Ecology. **Journal of Landscape Research**. v. 13, n. 4, p. 67-72, 2021.
- KONG, X; ZHOU, Z; JIAO, L. Hotspots of land-use change in global biodiversity hotspots. **Resources, Conservation & Recycling**. v. 174, p. 105-770, 2021.
- MC GARIGAL, K. Fragstats: Fragstats help - versão 4.2. Computer software program produced by the author at the University of Massachusetts. Massachusetts: Amherst; 2013. 182 p.
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens?. **Biota neotropical**. São Paulo-SP, v. 1, p. 1-9, 2001.

MOREIRA, F. A.; SALVIO, G. M. M.; PEREIRA, G. Análise do design das reservas biológicas federais como indicador para zonas de amortecimento. **GEographia**. Niterói-RJ, v. 26, n. 56, 2024.

MORIN, E; RAZAFIMBELO, N. T; YENGUÉ, J; GUINARD, Y; GRANDJEAN, F; BEACH, N. Are human-induced changes good or bad to dynamic landscape connectivity?. **Journal of Environmental Management**. v. 352, p. 120009, 2024.

REX, F. E.; CORTE, A. P. D.; KAZAMA, V. S.; SANQUETTA, C. R. Análise métrica da cobertura da bacia hidrográfica do tio pequeno – PR. **Biofix scientific jornal**. Curitiba-PR, v. 3, n. 1, p. 184-192, 2018.

RODRIGUES, V. S.; ULSUMI, A. G. Análise multitemporal do uso e cobertura do solo na APA rio Uberaba sob o enfoque da Ecologia de Paisagens. **Rev. Bras. Cien. Tec e Inov.** Uberaba-MG, v. 4, n. 1, p. 83-94, 2019.

ROSA, I. M. D; GUERRA, C. A. Pathways of human development threaten biomes' protection and their remaining natural vegetation. **BioRxiv**.

SANTOS, C. R.; ROCHA, P. C. Análise da fragmentação da paisagem na região extremo Oeste Paulista, Brasil. **Revista Geosul**. v. 35, n. 75, p. 325-349, 2020.

SOUZA, J. C.; NUNES, N. N. A.; HERCULANO, R. M. C. S. Unidades de paisagem e dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do rio das pedras, Goiás, Brasil. **Revista Cerrados (Unimontes)**. Montes Claros-MG, v. 19, n. 01, p. 1678-8346, 2021.

STOHLGREN, T. J; COUGHENOUR, M. B; CHONG, G. W; BINKLEY, D; KALKHAN, M. A; SCHELL, L. D; BUCKLEY, D. J; BERRY, J. K. Landscap analysis of plant diversity. **Landscape ecology**. v. 12, p. 155-170, 1997.

TURNER, M.G. Landscape ecology: what is the state of the science. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.** 36, 319–344, 2005.

WATTS, J. D.; LAWRENCE, R. L.; MILLER, P. R.; MONTAGNE, C. Monitoring of cropland practices for carbon sequestration purposes in north central Montana by Landsat remote sensing. **Remote Sensing of Environment**. v. 113, p. 1843-1852. 2009.