

## **Expansão urbana e o fornecimento de serviços ecossistêmicos em Nova Serrana, Minas Gerais, Brasil**

*Urban Expansion and the Provisioning of Ecosystem Services in Nova Serrana, Minas Gerais, Brazil*

*Expansión urbana y prestación de servicios ecosistémicos en Nova Serrana, Minas Gerais, Brasil*

*L'expansion urbaine et les services écosystémiques rendus à Nova Serrana, Minas Gerais, Brésil*

**Charles Fonseca** 

Universidade Federal de Minas Gerais  
*charlesof@ufmg.br*

**Carlos Lobo** 

Universidade Federal de Minas Gerais  
*carloslobo@ufmg.br*

**Sônia Maria Carvalho Ribeiro** 

Universidade Federal de Minas Gerais  
*soniacarvalhoribeiro@cart.igc.ufmg.br*

**Rodrigo Leitão** 

Universidade Federal de Minas Gerais  
*rodriganz7@ufmg.br*

### **RESUMO**

Os serviços ecossistêmicos têm se tornado cada vez mais importantes nos últimos anos, principalmente em resposta às recorrentes mudanças no uso do solo, onde os fragmentos de vegetação nativa inseridos na paisagem desempenham um papel crucial na provisão de tais serviços. Este artigo tem como objetivo identificar e analisar os impactos da expansão urbana no município de Nova Serrana, MG, Brasil, sobre a provisão de serviços ecossistêmicos locais. Foram utilizadas métricas da paisagem para quantificar as mudanças na composição espacial e compreender os resultados dos processos ocorridos ao longo de um período de 15 anos. Nossos resultados mostram que houve uma perda de 781 hectares de manchas de vegetação natural (incluindo florestas e cerrado), principalmente devido à expansão das áreas urbanas. Além disso, as campanhas de campo revelaram outros problemas ambientais, não aparentes nas imagens de satélite, como inundações locais,

perda de nascentes e poluição do ar por fábricas de calçado, todos eles consequências da degradação dos serviços ecossistêmicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** perdas ambientais; métricas da paisagem; urbanização.

## ABSTRACT

Fragments of native vegetation within the landscape play a crucial role in providing ecosystem services (ES). Ecosystem services have become increasingly important in recent years, particularly in response to recurrent land use changes. This article aims to identify and analyze the impacts of urban expansion in Nova Serrana, MG, Brazil, on the provision of local ecosystem services. Landscape metrics were used to quantify changes in spatial composition and to comprehend the outcomes of processes that occurred over 15 years. Our results indicate a loss of 781 hectares of natural vegetation patches (including forests and savannah), mainly attributed to the expansion of urban areas. Furthermore, field campaigns revealed additional environmental issues not apparent in satellite images, such as local flooding, loss of springs, and air pollution from shoe factories. These issues are all consequences of the degradation of ecosystem services.

**KEYWORDS:** environmental losses; landscape metrics; urbanization.

## RESUMEN

Los servicios ecosistémicos han adquirido una importancia creciente en los últimos años, especialmente en respuesta a los recurrentes cambios en el uso del suelo, donde los fragmentos de vegetación nativa dentro del paisaje desempeñan un papel crucial en la provisión de dichos servicios. Este artículo pretende identificar y analizar los impactos de la expansión urbana en el municipio de Nova Serrana, MG, Brasil, sobre la provisión de servicios ecosistémicos locales. Se emplearon métricas del paisaje para cuantificar los cambios en la composición espacial y comprender los resultados de los procesos ocurridos durante un período de 15 años. Nuestros resultados muestran que hubo una pérdida de 781 hectáreas de parches de vegetación natural (incluidos bosques y sabanas), principalmente debido a la expansión de las zonas urbanas. Además, las campañas de campo revelaron problemas medioambientales adicionales, no evidentes en las imágenes de satélite, como inundaciones locales, pérdida de manantiales y contaminación atmosférica por fábricas de calzado, todas ellas consecuencias de la degradación de los servicios ecosistémicos.

**PALABRAS-CLAVE:** pérdidas ambientales; métrica del paisaje; urbanización.

## RÉSUMÉ

Les services écosystémiques sont devenus de plus en plus importants ces dernières années, en particulier en réponse aux changements récurrents d'utilisation des terres, où les fragments de végétation autochtone dans le paysage jouent un rôle crucial dans le rendu de ces services. Cet article vise à identifier et à analyser les impacts de l'expansion urbaine dans la municipalité de Nova Serrana, MG, Brésil, sur les rendus des services écosystémiques locaux. Des mesures paysagères ont été utilisées pour quantifier les changements dans la composition spatiale et pour comprendre les résultats des processus qui se sont déroulés sur une période de 15 ans. Nos résultats montrent qu'il y a eu une perte de 781 hectares de parcelles de végétation naturelle (y compris des forêts et des savanes), principalement en raison de l'expansion des zones urbaines. En outre, les campagnes de terrain ont révélé d'autres problèmes environnementaux, non visibles sur les images satellite, tels que les inondations locales, la disparition des sources et la pollution de l'air par les usines de chaussures, qui sont tous des causes de la dégradation des services écosystémiques.

**MOTS-CLÉS :** pertes environnementales ; mesures du paysage ; urbanisation.

## INTRODUÇÃO

O rápido crescimento populacional e os processos de urbanização não planejados representam desafios significativos para o meio ambiente. À medida que as cidades se expandem para acomodar as populações em crescimento, as paisagens naturais são frequentemente transformadas em áreas urbanas, resultando na perda de ecossistemas vitais e da biodiversidade. Essa conversão de terras para fins residenciais, comerciais e industriais leva ao desmatamento, à destruição e à fragmentação de habitats, ameaçando, em última análise, a estabilidade dos ecossistemas locais.

Em 2024, a população mundial atingiu 8 bilhões de habitantes, 54% dos quais estão em áreas urbanas, com um crescimento projetado para 9 bilhões até 2037 (ONU, 2024). Nas últimas décadas, a queda da mortalidade em países periféricos, como o Brasil, resultou no aumento do contingente populacional nas metrópoles e em seu entorno (LOBO, 2016), levando à degradação ambiental (O'SULLIVAN, 2020), que reflete diretamente na qualidade de vida das pessoas (MARTINE *et al.*, 2010). A degradação ambiental também tem contribuído para o enfraquecimento das inter-relações humanas, uma vez que estas são processos socioculturais diretamente influenciados pelo meio ambiente (RIBEIRO *et al.*, 2015).

A urbanização talvez seja um dos pontos de tensão mais evidentes nas relações entre o homem e a natureza. As paisagens urbanas, reunindo os consensos e as contradições da sociedade moderna, que tendem a ultrapassar as fronteiras políticas, além das dicotomias hegemônicas, como a relação entre o rural e o urbano (OJIMA, 2007).

Os efeitos da urbanização não se restringiram às metrópoles e suas periferias imediatas. Ela também afetou os centros regionais e as cidades de médio porte, que se tornaram importantes receptores de migração, devido às instalações industriais e, conseqüentemente, às ofertas de emprego (MOULIN, 2010).

A paisagem é formada por um mosaico heterogêneo de usos da terra (que possuem uma determinada composição e configuração) que, ao interagir no espaço e no tempo, influenciam os processos espaciais (funções da paisagem) que podem ser associados ao fornecimento de serviços ecossistêmicos (SE). Os SE são benefícios derivados dos ecossistemas para manter e melhorar a qualidade de vida das pessoas (ANDRADE & ROMEIRO, 2009). O uso da terra está associado à prestação de serviços ecossistêmicos (SE). Portanto, a mudança no uso da terra e os SE ocupam um lugar de destaque nas discussões sobre o planejamento do uso da terra, especialmente na ecologia da

paisagem. A ecologia da paisagem avalia os componentes físicos e os fluxos de energia, observando as mudanças espaciais, e é eminentemente transdisciplinar (METZGER, 2001). A ecologia da paisagem também aborda os contextos socioculturais que fazem parte das paisagens (CARVALHO-RIBEIRO *et al.*, 2018; HINATA *et al.*, 2020). Os serviços ecossistêmicos são, portanto, o resultado de arranjos complexos disponibilizados pelos ecossistemas para o bem-estar dos seres humanos (BURKHARD *et al.*, 2009; DE GROOT, 1992; MA, 2003; MA, 2005; UUEMAA *et al.*, 2013).

Os SE são frequentemente incluídos em categorias como regulação, provisão, cultural e suporte (COSTANZA *et al.*, 2017; MA, 2003). Entretanto, a relação entre a composição do ecossistema (diferentes usos da terra) e os serviços ecossistêmicos não é simples. Os benefícios derivados dos serviços ecossistêmicos fazem parte do capital natural, que são os estoques provenientes da natureza, como vegetação nativa, reservas de água, nutrientes no solo e biodiversidade. No processo evolutivo do mercado, a disponibilidade de capital natural tem uma influência direta no desenvolvimento e no aprimoramento de novos produtos. Para atender à demanda do mercado, inclusive para a produção de alimentos, os recursos naturais se tornaram elementos essenciais que precisam até mesmo ser aumentados (COSTANZA, 2000).

Os serviços regulatórios estão ligados às funções do ecossistema, como a qualidade da água e do ar, o controle do clima, a resistência do solo e o controle de doenças, entre outros. A provisão é estabelecida por suprimentos naturais, que permitem a infiltração e a percolação da água, ou por suprimentos seminaturais, como a agricultura. Os serviços de abastecimento vão além dos itens alimentares; eles também incluem fontes de energia: minerais, carvão, lenha e acesso à água. Os serviços culturais incluem, predominantemente, valores não materiais atribuídos à contemplação e ao aprendizado sobre a paisagem, bem como valores espirituais e estéticos. Sua interpretação é inerente ao grupo que utiliza uma determinada paisagem (CARVALHO-RIBEIRO *et al.*, 2018). Os serviços de apoio são o elo entre as outras categorias. Eles têm uma influência indireta e de longo prazo sobre os seres humanos (MA, 2003; ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

A avaliação da composição da paisagem torna-se uma medida muito valiosa para entender as mudanças da configuração espacial em uma escala temporal. (PEREIRA *et al.*, 2013; RIITTERS, 2019).

As métricas de paisagem são ferramentas que ajudam a estudar a relação entre os usos da terra e seus padrões (LAUSCH; HERZOG, 2002; LIN *et al.*,

2020; SOWIŃSKA-ŚWIERKOSZ; SOSZYŃSKI, 2014). Com base nesse entendimento, é possível medir e examinar o fornecimento de serviços ecossistêmicos, especialmente em locais onde a paisagem está mudando.

As métricas de paisagem podem ser usadas para quantificar componentes espaciais e analisar correlações que permitam a quantificação de ganhos e perdas em classes de uso da terra, como vegetação nativa ou agricultura (LANG *et al.*, 2009). As métricas descrevem a paisagem usando parâmetros como: área, forma, quantidade, tamanho de fragmentos ou manchas (partes de uma classe de uso da terra), distância, entre outros. O reconhecimento estrutural e funcional das métricas fornece uma base para o planejamento de ações futuras adequadas para paisagens que apresentam fragilidade na conectividade dos fragmentos presentes na matriz em que estão inseridos (LANG *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2013).

O município de Nova Serrana, localizado no centro-oeste de Minas Gerais, Brasil, é um exemplo típico do processo de urbanização resultante da expansão do parque industrial. Economicamente, o município se destaca no setor de produção de calçados, sendo um dos principais polos regionais e nacionais (FERREIRA *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2012; SUZIGAN *et al.*, 2005). A concentração de empresas nesse setor levou ao crescimento econômico, gerando empregos diretos e indiretos, o que incentivou um grande fluxo de migrantes para o município. Apesar do cenário econômico positivo, em 2015 o município apresentava 25% de vegetação nativa (7.085 ha da área total do município), baixa concentração de cobertura natural (cerrado e mata atlântica), causada pela substituição da vegetação nativa por usos antropogênicos da terra. O uso da terra é aqui considerado o uso que o homem faz da terra e, em Nova Serrana, inclui classes como vegetação nativa, áreas urbanas, industriais, pastagens e áreas agrícolas, entre outras.

Diante desse contexto, e com base na dinâmica das paisagens do município, surgem algumas questões: Quais são as consequências da expansão urbana sobre a oferta de serviços ecossistêmicos em Nova Serrana/MG? Que medidas poderiam melhorar a qualidade da prestação de serviços ecossistêmicos para a população local, além dos benefícios puramente econômicos ligados a essa expansão? O objetivo deste estudo é identificar e analisar os possíveis impactos da urbanização acelerada nos serviços ecossistêmicos do município.

Para encontrar respostas, foi necessário realizar as seguintes etapas:

- Quantificar e analisar as mudanças nas estruturas e funções da paisagem em uma escala de tempo entre 2000 e 2015 usando métricas de paisagem.

- Identificar os impactos urbanos e rurais com maior influência no município.
- Descrever e interpretar os resultados das métricas de paisagem com as bases conceituais dos serviços de ecossistema para entender suas possíveis conexões.

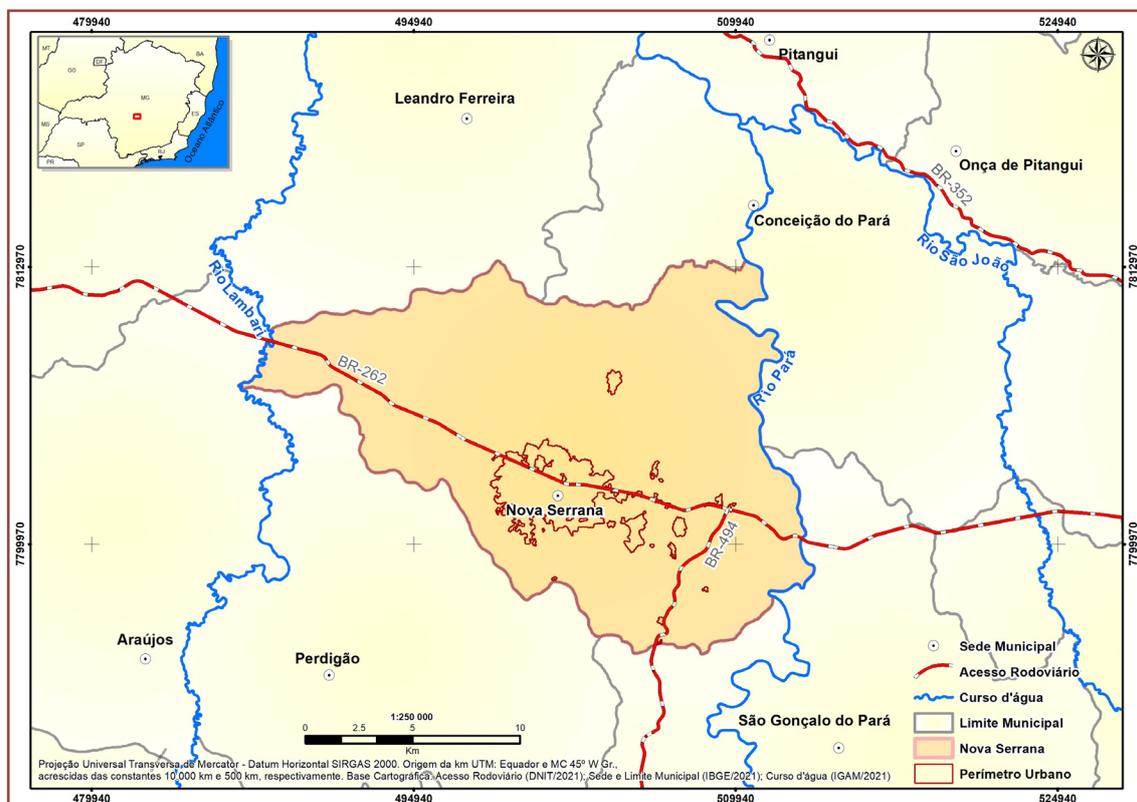
O estudo é relevante porque utiliza métricas de paisagem para revelar indicadores de problemas socioambientais recorrentes e pode ser utilizado em diversos municípios do país. O trabalho quantifica o processo acelerado de urbanização e aponta para possíveis ações públicas mitigadoras. No âmbito acadêmico, buscamos investir na identificação de serviços ecossistêmicos e avançar em metodologias complementares para a compreensão da dinâmica ambiental em um território onde a urbanização é um fenômeno proeminente.

## METODOLOGIA

### Estudo de caso: caracterização de Nova Serrana

O município de Nova Serrana, com uma área total de 282,472 km<sup>2</sup> (IBGE, 2020), está localizado na mesorregião do oeste de Minas Gerais (Figura 1), a sudoeste da capital do estado.

**Figura 1** - Localização do município de Nova Serrana, Minas Gerais



Fonte: elaborado pelo autores.

O principal acesso rodoviário ao município é feito pela Rodovia Federal 262, que liga o Triângulo Mineiro à Região Metropolitana de Belo Horizonte. A Rodovia Federal 494 também liga o município a Divinópolis, o principal centro urbano da região. Os limites do município são estabelecidos a leste pelo Rio Pará e a oeste pelo Rio Lambari (ver Figura 1), ambos afluentes do Rio São Francisco. O tecido urbano de Nova Serrana foi formado às margens do córrego Fartura, um afluente da margem esquerda do rio Pará, que fornece água para o município.

Nova Serrana está inserida no bioma Cerrado, e sua cobertura vegetal original é caracterizada por manchas esparsas de fitofisionomias florestais (mata de galeria, mata ciliar e cerradão) e campestres (campo sujo e campo limpo) (IBGE, 2020). O córrego Fartura tem altitude média de 700 metros e seu vale é modelado pela rede hidrográfica e cercado por encostas com altitude média de 850 metros.

As formações florestais naturais foram perdidas, desrespeitando as distâncias legais estabelecidas por lei (Lei 4.771/1965; Lei 12.651/2012), especialmente nas margens do córrego, que agora integra o tecido urbano. Os usos do solo urbano em Nova Serrana apresentam poucas manchas de vegetação. Combinado com a baixa presença de vegetação, documenta-se um aumento na temperatura média na área urbana central. Em relação aos programas nacionais ou regionais de conservação, restauração e valorização cultural do Cerrado, não foram observadas ações no município. Programas como o Cerratinga, Floresta Mais, CEPF-Cerrado, Empório do Cerrado, NCAVES, entre outros, são importantes para fortalecer os aspectos ambientais, sociais e culturais (BACHI *et al.*, 2023). Em escala local, também há poucas ações de restauração ou conservação, o que pode ser dificultado pelo mercado imobiliário aquecido do município

Em termos de relevo, o vale em torno do córrego Fartura foi modelado por processos de dissecação, com a água fluindo de noroeste para sudeste, seguindo a diferença de altitude, direcionando o afluente do rio Pará. Deve-se observar que a sub-bacia também drena as encostas de ambas as margens, onde se localiza parte significativa da malha urbana. Os sedimentos produzidos pela erosão hídrica têm sido historicamente transportados para o rio Pará e, de lá, para o rio São Francisco. Atualmente, além dos sedimentos, há também uma alta carga de fósforo total, nitrogênio amoniacal, sólidos suspensos totais, *Escherichia coli*, surfactantes e turbidez provenientes de esgotos domésticos e industriais lançados no rio (OLIVEIRA *et al.*, 2017), que

influenciam a qualidade da água para uso humano e também se tornam ambientes favoráveis a doenças. O excesso de área construída, não apenas nas margens do córrego, mas também em grande parte da sub-bacia, reduz consideravelmente o processo de infiltração da água. Como resultado, o escoamento superficial é intenso em épocas de chuva. Associado a esse problema, as ocupações urbanas ilegais nos leitos dos córregos são periodicamente afetadas por inundações.

### **Nova Serrana História de ocupação e crescimento**

Antes de sua emancipação em 1953, Nova Serrana era um pequeno vilarejo onde os tropeiros que passavam costumavam descansar. Durante esse período, os moradores começaram a produzir artigos de couro a partir do gado local (CROCCO *et al.*, 2003). A pecuária foi a primeira atividade responsável por mudanças no uso da terra, com as formações vegetais sendo substituídas por pastagens. O couro havia se estabelecido como matéria-prima para várias produções. Nessa época, os primeiros calçados eram produzidos por famílias locais (CROCCO *et al.*, 2003).

No entanto, a partir da década de 1980, o município iniciou a transição do couro para matérias-primas sintéticas, utilizadas na produção de tênis. Esse reposicionamento da produção levou a cidade a se tornar a capital nacional do calçado esportivo (SANTOS *et al.*, 2012). Em 2010, Nova Serrana respondia por 50% de todas as indústrias de calçados de Minas Gerais (FERREIRA *et al.*, 2016). Atualmente, possui cerca de 1.200 indústrias de calçados, com uma produção anual de 105 milhões de pares e 44.000 pessoas empregadas (SINDINOVA, 2020).

Na década de 1980, Nova Serrana tinha uma população residente de 9.266 habitantes. No Censo de 2010, foram registradas 73.699 pessoas. Em 2020, o município atingiu 105.520 habitantes, o que representa um crescimento bruto agregado de 1.138% em 40 anos (IBGE, 2020). Entre os 15 anos avaliados na pesquisa (2000 a 2015), a população passou de 37.000 habitantes para 91.000, o que corresponde a um aumento de 246%. Em relação ao território municipal, esse crescimento representa uma alta densidade demográfica, próxima a oito vezes a do registro estadual.

Enquanto Minas Gerais tem uma densidade populacional média de 33,42 habitantes/km<sup>2</sup>, Nova Serrana tem 261 habitantes/km<sup>2</sup> (IBGE, 2020), sendo a maioria da população composta por migrantes (SUZIGAN *et al.*, 2005). O município possui uma renda per capita superior à média do Estado, uma

vez que Minas Gerais tem uma média de 1,3 salário mínimo por trabalhador formal e Nova Serrana, por outro lado, atinge cerca de 1,7 salário mínimo (IBGE, 2020). A disponibilidade de empregos e rendas competitivas, entre outros atrativos, como a busca pelas chamadas amenidades socioambientais (desejo de maior integração com a natureza, menor expectativa de violência, mobilidade urbana menos caótica), têm levado a um alto fluxo migratório para o município, o que aumenta o crescimento populacional local devido ao efeito de saldo migratório positivo.

### **Perspectivas sociais sobre a composição de paisagens**

As áreas urbanas têm sido frequentemente consideradas o local privilegiado de conflitos e contradições socioambientais, fundamentais para identificar padrões de uso, ocupação e produção/apropriação do espaço. O espaço urbano é frequentemente concebido como algo diferente do espaço rural, não apenas como uma unidade geográfica e ecológica específica, mas como uma dimensão da divisão social do trabalho, bem como das atividades produtivas ali realizadas. No entanto, as diversas “ideologias urbanas”, levadas a cabo por gerações, não permitiram apreender o que era próprio do urbano ao naturalizar os processos de ocupação e exclusão de determinados grupos sociais (CASTELLS, 1975), interpretando-os como um fenômeno quase natural e transitório. Souza (2018), por exemplo, chama a atenção para o perigo de se separar as ciências naturais das ciências humanas. Analisar a composição de uma paisagem sem o peso de ambos os aspectos corre o risco de ser incompleto e superficial, sem ter acesso aos parâmetros reais que moldam o espaço. Para Harvey (1981), no sistema capitalista, o ambiente construído é essencialmente produzido com o objetivo de viabilizar o movimento dos fluxos de produção, circulação, troca e consumo, implicando a criação de infraestruturas físicas materiais para atender às necessidades de produção. Nesse sentido, a arquitetura urbana de Nova Serrana evoluiu no espaço e no tempo, tendo como ponto central a composição de uma paisagem urbana versátil para fins industriais.

O ambiente construído representava uma extensão do capital fixo de produção para o espaço urbano, e não era essencialmente um espaço social. Nesse sentido, Henri Lefebvre também fez importantes contribuições para a compreensão do significado do espaço urbano socialmente produzido, resultado das relações de reprodução da vida cotidiana. Com base no conceito de economia política do espaço, Lefebvre (2006) aborda a relação entre espaço e sociedade

e propõe que as análises da urbanização devem se concentrar no processo, incorporando a dimensão política do espaço na teoria e na prática. Ainda sobre esse aspecto, como aponta Carlos (2015), o urbano é essencialmente uma dimensão espacial da ação humana. Seja ele qual for, é efetivamente realizado por meio de processos econômicos, sociais, culturais e ambientais. Se considerarmos que a produção do espaço é condição, meio e produto da reprodução social, podemos construir a hipótese de que a acumulação de capital se dá por meio da reprodução do espaço urbano (CARLOS, 2015).

Segundo Corrêa (1993), o espaço urbano é simultaneamente fragmentado, articulado, reflexo social, condição social, campo simbólico e campo de luta. A organização socioespacial das cidades é materializada pela produção, manutenção e reprodução dos padrões de uso do solo. Segundo o mesmo autor, o espaço urbano envolve um conjunto de diferentes usos do solo justapostos entre si, e esses usos definem áreas como: central, comercial, residencial, industrial e outras. Eles se traduzem na organização espacial da cidade, gerada como resultado da ação de agentes sociais que têm seus próprios interesses, estratégias e práticas espaciais, em um processo historicamente contraditório e conflituoso (CARLOS, 2015). Dentre as várias manifestações de contradições e conflitos decorrentes e associados ao processo de produção e apropriação do espaço, chama-se a atenção para aquelas decorrentes da expansão do chamado “tecido urbano” e seu contato com o “ambiente não urbano” circundante, que se materializam nas franjas e periferias, tanto metropolitanas quanto em outros grandes e médios centros urbanos do interior, como é o caso de Nova Serrana. O município possui um tecido urbano denso e complexo, em processo de rápida expansão por meio de novos loteamentos, o que exige uma sucessiva redefinição de seu perímetro urbano. Essa expansão do tecido urbano, considerada em sua dimensão física, estende-se às áreas consideradas rurais, o que, no caso específico de Nova Serrana, tem se materializado por meio da substituição de áreas classificadas como pastagens e, em menor escala, de Formações Florestais e Cerrado.

Hoje, em vários centros urbanos, como em Nova Serrana, essa expansão do tecido urbano reflete e se materializa por meio de manifestações das contradições e conflitos decorrentes do processo de produção e apropriação social do espaço. Essas contradições e conflitos ganharam ainda maior relevância com a intensificação do processo de urbanização nas últimas décadas do século passado, incluindo a aceleração do crescimento demográfico e a concentração dos estoques populacionais nas áreas urbanas em expansão.

Além dos efeitos sociais e econômicos do processo de expansão do espaço urbano, que não correspondem ao exercício empírico real apresentado neste trabalho, chama-se a atenção para os impactos resultantes do que Monte-Mor (2019) chamou de efeitos extensivos da urbanização sobre o meio ambiente. Utilizando o conceito de urbanização extensiva, que engloba também os efeitos da urbanização para além do espaço físico alterado, Monte-Mor (2019) considera a necessidade de identificar níveis e formas distintas de expansão do tecido urbano que, entre outros aspectos, envolvem típicos loteamentos periféricos em que a cobertura vegetal é destruída pela ocupação densa e incompleta. Ainda segundo esse autor, na mesma obra, a análise urbana, assumindo uma perspectiva ambiental, deve estar centrada na conservação de condições ecológicas adequadas às diferentes comunidades, enfatizando sua relação com a diversidade social e biológica. Esse é o caminho que este trabalho pretende seguir, utilizando o conceito de serviços ecossistêmicos e métricas da paisagem para avaliar uma das dimensões do processo de urbanização.

### Coleta e análise de dados

Para entender o impacto da expansão urbana no fornecimento de serviços ecossistêmicos, foram selecionados dois períodos de tempo para análise: 2000 e 2015, um período marcado por uma grande expansão populacional. A população adicional somente entre os anos do estudo, 54.000 no total, corresponde a 50% da população em 2020. Isso está associado à disseminação da expansão urbana, que cresceu significativamente, compreendendo cerca de 163% da área em 2000.

Para avaliar o desenvolvimento urbano, foram utilizadas as bases de dados de uso da terra e cobertura vegetal, com resolução espacial de 30 metros, coleção 5.0, disponibilizadas pelo Projeto Mapbiomas (MAPBIOMAS, 2019). A área territorial de Nova Serrana foi delimitada com base nos dados dos municípios de Minas Gerais, fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O limite da malha urbana, os fragmentos florestais e outros usos do solo utilizados do Mapbiomas foram comparados com o mapeamento do Plano Diretor Municipal (LEI COMPLEMENTAR 36/2022). O software livre Qgis Desktop 3.16.16 foi utilizado para processar os rasters e vetores e elaborar os respectivos mapas e tabelas.

O modelo de análise utilizado para entender a composição da paisagem foi o Patch-Matrix-Corridor (PMM), uma vez que o território do município

apresenta grandes mudanças na estrutura da paisagem causadas pelo homem. Essas mudanças são reconhecidas como hemerobia (LAUSCH *et al.*, 2015) e fornecem uma distinção clara entre as classes de uso da terra, que podem ser medidas por métricas de paisagem. Duas imagens TIF (rasters - 2000 e 2015) foram adquiridas e usadas como insumos para produzir parâmetros estatísticos relevantes para as estruturas e funções espaciais (MCGARIGAL *et al.*, 2002).

O software usado para identificar as estruturas da paisagem (composição e configuração) foi o Fragstats, versão 4.2. Ao analisar os parâmetros de cada célula, foram usados vizinhos ortogonais e diagonais e, para cada pixel central, foram considerados os contatos com os outros oito pixels ao seu redor. Estatisticamente, isso permite medir a dependência espacial entre os pixels, o que, no processamento computacional, se traduz em uma métrica de autocorrelação espacial (CÂMARA *et al.*, 2004). Os níveis avaliados foram fragmento, classe e paisagem, disponíveis no software Fragstats. Em cada nível, foram selecionadas as métricas consideradas relevantes para o objetivo da investigação (Quadro 1). Os níveis são as divisões espaciais para a análise da paisagem. Por meio deles, é possível avaliar apenas um fragmento separadamente (um fragmento de floresta); em classes (um conjunto de fragmentos de floresta em uma área) ou juntos em uma paisagem (um conjunto de diferentes fragmentos, como floresta, pastagem e urbano).

### Quadro 1 – Métricas utilizadas na análise

| Nível     | Métricas  |
|-----------|---|
| Fragmento | AREA – área do fragmento em hectare;<br>PERIM – perímetro do fragmento em metros ou quilômetros;  |
| Classe    | CA – área dos fragmentos da classe em hectares;<br>PLAND – porcentagem de paisagem da classe;<br>LPI – porcentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento medido;<br>TE – borda total dos fragmentos da classe;<br>AREA_MN – área média dos fragmentos da classe;<br>AREA_SD – desvio padrão entre as áreas dos fragmentos da classe;<br>SHAPE_MN – índice médio do formato dos fragmentos da classe;<br>SHAPE_SD – desvio padrão do formato dos fragmentos da classe;<br>ENN_MN – média da distância euclidiana do vizinho mais próximo;<br>ENN_SD – desvio padrão da distância euclidiana do vizinho mais próximo;<br>NP – número de fragmentos por classe;<br>PD – densidade dos fragmentos na classe; |

*Continua na próxima página...*

| Nível    | Métricas  |
|----------|---|
| Paisagem | AREA_MN – área média da paisagem;<br>AREA_SD – desvio padrão da área da paisagem<br>SHAPE_MN – índice médio do formato dos fragmentos da paisagem;<br>SHAPE_SD – desvio padrão do formato dos fragmentos da paisagem;<br>PR – riqueza da paisagem;<br>PRD – densidade da riqueza da paisagem;<br>SHDI – índice de diversidade Shannon |

Fonte: elaborado pelo autores.

Para analisar o uso e a ocupação da terra usando métricas de paisagem, é necessário considerar certos elementos, incluindo a matriz, as manchas ou fragmentos e os corredores. A matriz é a entidade dominante que circunda as manchas e os corredores e é composta por um elemento natural ou criado pelo homem. Suas principais características são: ocupa a maior área relativa da paisagem, tem maior grau de conectividade com os outros elementos e exerce influência direta sobre os fluxos (LANG & BLASCHKE, 2009). No caso de Nova Serrana, a matriz pode demonstrar características de impermeabilidade e atuar como barreira entre fragmentos florestais (MARTENSEN; PIMENTEL; METZGER, 2008). No município, a matriz é representada por extensas áreas de pastagem, substitutas de formações naturais, especialmente o Cerrado.

As manchas ou fragmentos, por sua vez, representam os diferentes usos da terra, como manchas florestais, manchas urbanas, manchas agrícolas, entre outras. As manchas são as menores unidades do mosaico da paisagem (LANG & BLASCHKE, 2009). No caso das manchas naturais, quando segregadas, reduzem drasticamente seu potencial biogênico, por isso as conexões são necessárias para a dinâmica entre as espécies.

Os corredores são porções de classes de uso da terra, em sua maioria alongadas. No meio de uma matriz, eles podem permitir conexões ou até mesmo segregação, dependendo do contexto em que se encontram (FORMAN; GODRON, 1986). Por exemplo, entre fragmentos florestais, um corredor formado por espécies nativas da região contribuirá para o fluxo gênico, o que aumentará o número de espécies. Por outro lado, se o corredor for formado por espécies exóticas, como uma plantação de eucalipto, ele poderá atuar como um obstáculo para algumas espécies (SOWIŃSKA-ŚWIERKOSZ; SOSZYŃSKI, 2014; WANG *et al.*, 2022).

A conectividade entre manchas e corredores é crucial para a sobrevivência das espécies e a manutenção dos serviços ecossistêmicos (MARTENSEN;

PIMENTEL; METZGER, 2008; WANG *et al.*, 2022). A fragmentação, por outro lado, é caracterizada pelo desmembramento de formações homogêneas em áreas menores (MCGARIGAL, 2015). O processo de segregação pode levar ao isolamento e até mesmo ao desaparecimento completo de um fragmento devido ao efeito de borda (WEI *et al.*, 2022). O efeito de borda em fragmentos florestais é caracterizado por um declínio no número de espécies devido ao contato direto com a matriz antropizada. Em outras palavras, as espécies nas bordas são mais impactadas do que aquelas localizadas no interior do fragmento.

O estudo da organização espacial começou com métricas baseadas em características como área, forma, conexão e diversidade, o que nos permitiu entender a organização da paisagem. Cada métrica fornece pistas sobre o comportamento dos usos da terra ao longo do tempo. Prioritariamente, as métricas devem ser examinadas em conjunto para obter a consistência espacial adequada (BOTEQUILHA-LEITÃO; AHERN, 2002), pois a análise conjunta permite uma coerência sistêmica da paisagem (BOTEQUILHA-LEITÃO; AHERN, 2002; CARVALHO-RIBEIRO; LOVETT, 2009).

As métricas de área fornecem informações sobre a quantidade de um uso da terra na paisagem. Elas são importantes, sobretudo, para avaliar a disponibilidade de recursos. As métricas de forma explicam a relação entre um fragmento e o ambiente externo, como a matriz ou outro tipo de fragmento. A forma é usada para interpretar a interferência dos efeitos de borda. As métricas de conexão medem a permeabilidade entre fragmentos da mesma espécie na matriz. Por fim, as métricas de diversidade informam a magnitude da composição da estrutura da paisagem. Elas mostram o grau de homogeneidade e heterogeneidade em uma determinada área espacial.

A seleção dos serviços ecossistêmicos avaliados na pesquisa foi estabelecida pela atual organização espacial do município, uma vez que muitos serviços estão ligados à qualidade das estruturas e às suas funções ecológicas (BURKHARD *et al.*, 2009; DUARTE *et al.*, 2018; UUEMAA *et al.*, 2013). Assim, buscou-se listar os serviços que estavam claramente prejudicados no município e sua relação com os diferentes usos do solo. Foram utilizadas quatro categorias de serviços ecossistêmicos, definidas pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MA) de 2003 (Quadro 2).

**Quadro 2** – Serviços ecossistêmicos afetados em Nova Serrana

| <b>Categoria</b> | <b>Serviços ecossistêmicos prejudicados</b>  |
|------------------|--|
| Regulação        | Microclima<br>Qualidade do ar<br>Qualidade da água pluvial<br>Controle de doenças<br>Controle de enchentes |
| Provisão         | Alimentos silvestres<br>Alimentos cultivados   |
| Culturais        | Estético natural<br>Estético cultural<br>Recreação   |
| Suporte          | Abastecimento de mananciais<br>Diversidade biológica   |

Fonte: elaborado pelo autores.

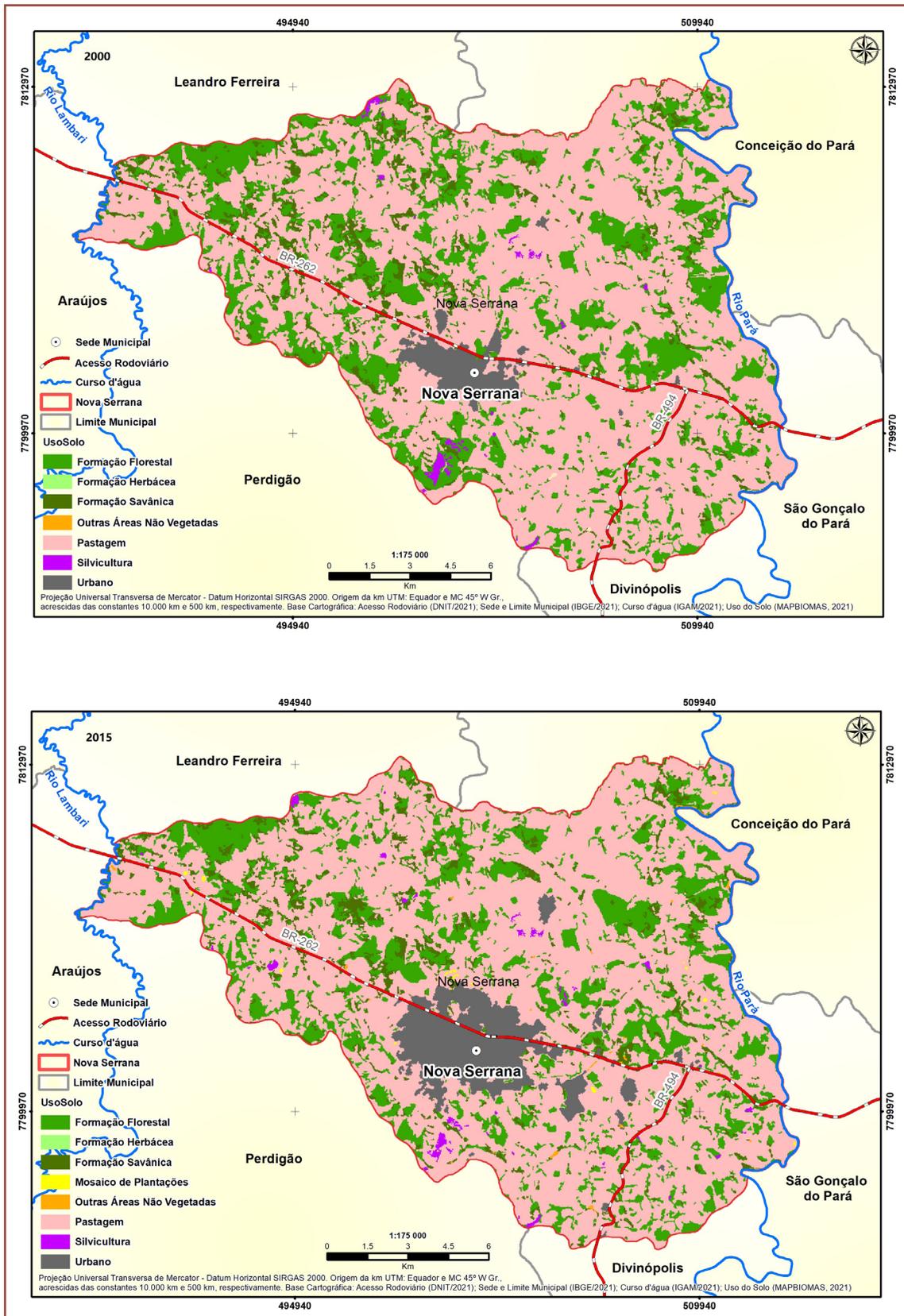
Entre julho e dezembro de 2020, foram feitas visitas técnicas ao campo para verificar a precisão do mapeamento, bem como para identificar elementos e processos espaciais que não eram visíveis nas imagens. No total, foram seis campanhas de campo que cobriram os períodos seco e chuvoso da região. Com isso, foi possível verificar e avaliar os diferentes fenômenos condicionados pelos aspectos climáticos na configuração da paisagem, fitofisionomias e arranjos urbanos do município, detectados na análise e interpretação das imagens no escritório.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### A expansão do tecido urbano

Os cartogramas apresentados na Figura 2, que representam as classes de uso do solo e cobertura vegetal no município de Nova Serrana, permitiram identificar as áreas com maiores alterações na paisagem entre o período analisado. Em geral, houve uma clara expansão da expansão urbana, que ocorreu tanto na direção norte/sul quanto na direção leste/oeste. Ambas as expansões margeavam, em certa medida, as principais rodovias do município: BR-262 e BR-494. A principal área urbana é composta por residências, comércios e indústrias, e é o setor central do município. As áreas secundárias, que formam os novos bairros, são compostas em sua maioria por residências, mas também há uma presença marcante de indústrias de calçados.

**Figura 2** – Uso da terra e vegetação de cobertura em Nova Serrana, 2000 e 2015



Fonte: elaborado pelos autores.

As variações absolutas e relativas mostraram crescimento para as classes associadas à expansão urbana, acompanhadas por áreas florestais e outras áreas não vegetadas, como pode ser visto nos dados apresentados na Tabela 1. Parte do custo ambiental desse crescimento pode ser observado na perda de vegetação natural - formações florestais, formações de savana e formações herbáceas, respectivamente - culminando também em mudanças significativas nas pastagens locais.

**Tabela 1** - Evolução da terra classes de uso entre 2000 e 2015

| Uso do solo                   | Área (ha) |           | Variação   |          |
|-------------------------------|-----------|-----------|------------|----------|
|                               | 2000      | 2015      | ha         | %        |
| Floresta formação             | 5971,40   | 5385,40   | - 586,09   | - 9,81   |
| Herbácea formação             | 6,60      | 3,20      | - 3,36     | - 51,22  |
| Savana formação               | 1954,10   | 1778,80   | - 175,24   | - 8,97   |
| Mosaico de plantações         | ND        | 24,60     | ND         | ND       |
| Outros não-vegetação de áreas | 55,70     | 56,90     | + 1,20     | + 2,15   |
| Pasto                         | 19.389,40 | 18.932,20 | - 457,20   | - 2,36   |
| Florestal                     | 115,40    | 121,80    | + 6,42     | + 5,56   |
| Urbana                        | 728,40    | 1.918,10  | + 1.189,69 | + 163,34 |

Fonte: elaborado pelo os autores.

Conforme mostrado na Tabela 1, a expansão urbana cresceu 163% de 2000 a 2015. Isso significa que o tecido urbano (Tabela 2) se expandiu em cerca de 1.189,70 hectares, às custas de áreas (ha) de pastagem (-1.061,1), formações florestais (-72,5) e formações de savana (-50,9).

**Tabela 2** - Urbana a expansão sobre a terra classes de uso a partir de 2000 a 2015

| Uso da terra (2015) | Área (ha) 2015 | Uso da terra (2000)        | Área (ha) 2000 |
|---------------------|----------------|----------------------------|----------------|
| Urbano              | 1.918,10       | Formação florestal         | - 72,5         |
|                     |                | Formação herbácea          | - 2,9          |
|                     |                | Formação savânica          | - 50,9         |
|                     |                | Outras áreas não vegetadas | - 0,9          |
|                     |                | Pastagem                   | - 1061,1       |
|                     |                | Silvicultura               | - 1,4          |

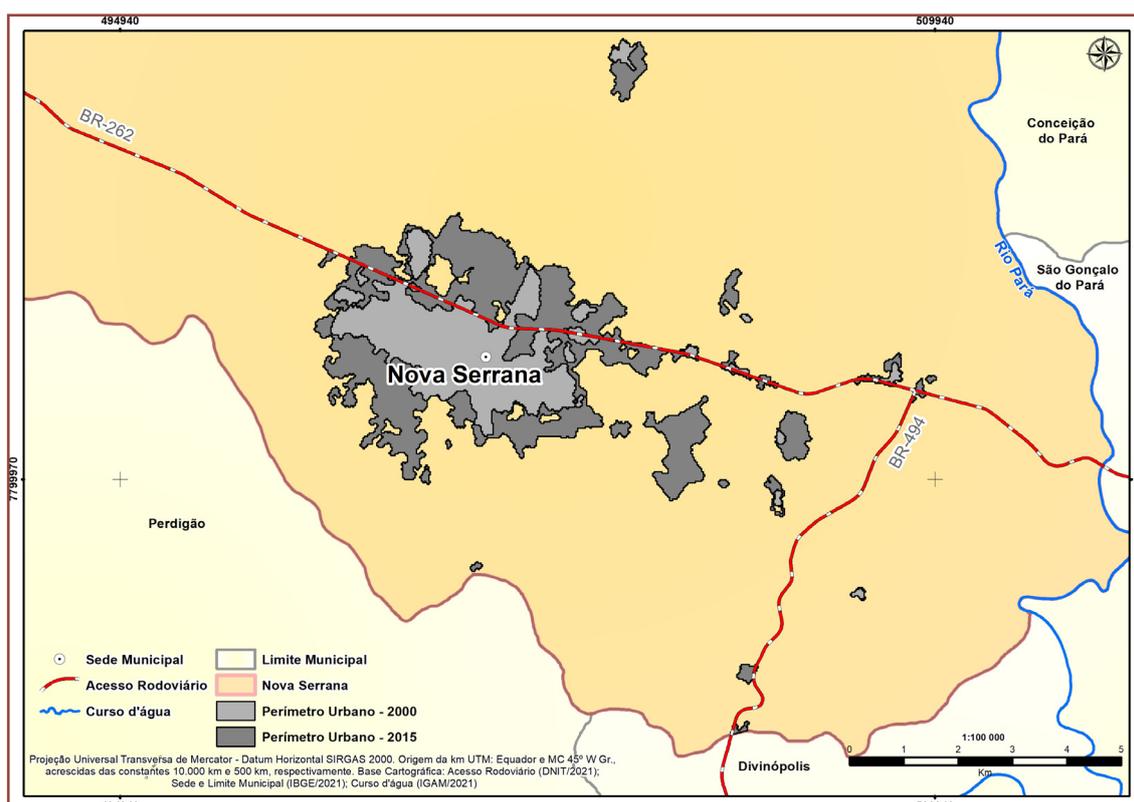
Fonte: elaborado pelo os autores.

A substituição de usos da terra em oposição ao crescimento urbano no município é claramente visível. Considerando apenas as perdas com a expansão urbana, a pastagem foi a classe com a maior redução, com 89,19%. As formações florestais sofreram uma redução de 6,10%; as formações savânicas, de 4,28%; as formações herbáceas, de 0,24%; e a silvicultura e outras

áreas não vegetadas, de 0,19%. Apesar da pequena porcentagem de conversão, quando comparada à pastagem, as perdas no ecossistema são significativas, uma vez que as formações naturais são as mantenedoras dos serviços ecossistêmicos. Além disso, em 2000, a soma das coberturas naturais já tinha uma pequena representatividade no contexto da paisagem (28%). As perdas entre 2000 e 2015 reduziram a cobertura natural para 25%.

O crescimento da expansão urbana de Nova Serrana pode ser observado na Figura 3, que mostra claramente essa extensa expansão, especialmente na forma de um colar perimetral em relação à sede municipal e às rodovias BR-262 e BR-494, importantes vias de recebimento de insumos e transporte da produção. A expansão do perímetro analisada entre os anos foi baseada no mapeamento compilado pela Prefeitura de Nova Serrana e nas imagens obtidas pelo projeto Mabiomas.

**Figura 3** – Evolução da dinâmica urbana para o período de 2000-2015



Fonte: elaborado pelo os autores.

## Métricas da paisagem

### Fragmento

Com relação ao fragmento, apenas a expansão urbana foi quantificada, uma vez que o objetivo era medir sua expansão durante os anos analisados.

Em 2000, o centro municipal tinha 728,40 ha e um perímetro de 34 km. Em 2015, o mesmo centro municipal tinha uma área de 1.918,10 ha e um perímetro de 59 km. A área urbana cresceu aproximadamente 163% e o perímetro, 173%. Em 2000, as áreas mais densamente povoadas ainda eram planas ou suavemente inclinadas, próximas ao córrego Fartura. Posteriormente, a malha urbana se deslocou para as encostas a nordeste e sudeste. Devido às interposições físicas, as estruturas urbanas contornaram os obstáculos, o que contribuiu para o aumento significativo do perímetro.

### Classes

A matriz de pastagem cobria 19,40 mil ha em 2000 e 18,90 mil ha em 2015. A pastagem representa aproximadamente 68,70% (PLAND) de todo o território municipal, mas quase não está relacionada às atividades agrícolas, que eram significativas antes da fase de industrialização. A área média de pastagem (AREA\_MN) é de 1,50 mil ha, mas com um desvio padrão considerável (AREA\_SD) de cerca de 1,60 mil ha, o que mostra um alto grau de variabilidade no tamanho dos fragmentos. O número de fragmentos (NP) caiu de 141 para 118 entre os anos, devido à substituição de partes dos fragmentos por áreas urbanas.

Floresta e savana são as classes diretamente ligadas à qualidade dos ecossistemas locais. Juntas, elas ocupavam 28% (21% de floresta e 7% de savana) do território em 2000; e 25% (19% de floresta e 6% de savana) em 2015. Esses ecossistemas tinham um alto número de fragmentos (NP) em 2000, 818; 885, e em 2015, 873; 863. O comportamento apresentado pelas classes demonstra diferentes momentos de degradação. A formação florestal aumentou a fragmentação e apresentou uma redução moderada no tamanho da área de cada fragmento. Na formação savânica, a degradação está mais avançada. A redução dos fragmentos levou à extinção completa de algumas manchas.

O maior fragmento (LPI) da formação florestal foi de 1,2 ha e da formação savânica foi de 0,2 ha em 2015. Vale ressaltar que o bioma do oeste de Minas Gerais é o Cerrado, que está quase extinto no município e, em 2015, representava 6,3% da cobertura vegetal. Apesar da redução da área, as formas médias (SHAPE\_MN) para 2000 e 2015 foram as mesmas 1,5, o que confirma a complexidade das formas dos fragmentos antes da investigação. Formas geometricamente variadas, como as presentes na área de pesquisa, além do círculo e do quadrado, são altamente propensas ao efeito de borda.

Essas formações naturais, floresta e savana, tinham uma distância média (ENN\_MN) entre os fragmentos de 97 m e 131 m em 2000. Em 2015, as distâncias aumentaram para 137 m e 161 m. Também houve um aumento no

desvio padrão (ENN\_SD) entre 2000 (65 m; 88 m) e 2015 (96 m; 127 m). Esses números indicam uma redução no habitat e maior heterogeneidade de distâncias. O tamanho pequeno dos fragmentos naturais limita o número de espécies e o tamanho dos animais que os habitam. Além disso, o aumento da distância entre os fragmentos dificulta o processo de migração e colonização de outras manchas.

A área urbana foi a classe que mais se expandiu no período analisado. Em 2000, ela representava 2,6% da paisagem, enquanto em 2015 representava 7%. Os fragmentos aumentaram em número (de 14 para 24) e tamanho, com a área média (AREA\_MN) sendo 53 ha em 2000 e 81 ha em 2015. O crescimento significativo deveu-se principalmente à migração para o município devido ao grande número de empregos na indústria de calçados. As classes silvicultura, formação herbácea, outras áreas não vegetadas e mosaico de plantações tiveram, juntas, uma baixa participação na composição das paisagens entre as escalas de tempo.

### Paisagem

O nível da paisagem permite uma avaliação conjunta da composição espacial de todos os fragmentos. Ao comparar as áreas médias (AREA\_MN) de todos os fragmentos e seus respectivos desvios (AREA\_SD), observou-se que os valores praticamente permaneceram os mesmos (14 ha; 420 ha). O alto valor do desvio padrão demonstra a variabilidade no tamanho dos fragmentos herdados de épocas anteriores, já marcadas pelo alto uso hemeróbico da terra.

A forma média (SHAPE\_MN), com um valor próximo a 1,5, confirma a influência antropogênica em todas as classes. Com relação à diversidade, quando comparamos a riqueza de fragmentos (PR) (7 e 8), podemos concluir que houve um pequeno aumento. No entanto, deve-se observar que os fragmentos que aumentaram foram de classes com pouca expressão na paisagem do ecossistema, a saber: silvicultura e outras áreas não vegetadas.

A métrica Densidade de Riqueza de Fragmentos (PRD), que mede o número de fragmentos por 100 hectares, corrobora a baixa diversidade das composições da paisagem, com valores respectivos de 0,025 e 0,028. Devido ao aumento da riqueza da paisagem (RP), o índice de Shannon (SHDI), que mede a diversidade da paisagem, também aumentou entre os anos (0,90; 0,98). Entretanto, essas variações pouco contribuíram para melhorar o ambiente. Além disso, das classes apresentadas, as únicas que contribuiriam para um aumento real da riqueza de espécies seriam as formações de floresta e savana que, em uma análise anterior, ficou claro que estão em processo de redução.

Nas métricas que expõem a variabilidade na diversidade, como PR, PRD e SHDI, deve-se prestar atenção aos tipos de manchas. No caso de Nova Serrana, em nível de paisagem, o aumento do número de manchas levou a um aumento nos índices de heterogeneidade, mas algumas das novas manchas são prejudiciais ao meio ambiente, como o solo exposto.

## Impactos nos serviços de ecossistema

Observar a composição da paisagem e sua influência nos serviços ecossistêmicos é uma tarefa desafiadora (DUARTE *et al.*, 2018), mas é de suma importância para que se estabeleça um planejamento sustentável para os diferentes usos vinculados aos tipos de cobertura. Na investigação da mudança da paisagem em Nova Serrana, verificou-se que o crescimento urbano acelerado trouxe instabilidade a uma determinada gama de serviços ecossistêmicos, o que gerou ou agravou problemas socioambientais recorrentes no município. Esses problemas devem ser analisados sob a luz indissociável dos aspectos naturais e humanos, uma vez que ambos coexistem na configuração da paisagem (SOUZA, 2018). Os problemas socioambientais identificados foram: alagamentos durante o período chuvoso, desaparecimento de corpos d'água, erosão constante, concentração excessiva de poluentes no ar pelas indústrias, poucos refúgios naturais, redução da atividade agrícola familiar e baixa atratividade da paisagem. Vale ressaltar que a leitura espacial em ambientes urbanos exige um olhar apurado devido à complexidade e à heterogeneidade da paisagem. Portanto, além das ferramentas e dos insumos tecnológicos para auxiliar na análise, o trabalho de campo é essencial para captar as divergências.

Os resultados da pesquisa mostraram que, na categoria de regulamentação, os principais impactos estão nos serviços da própria área urbana. O município tem uma concentração considerável de poluentes, que causam desconforto respiratório e térmico. A dispersão do calor é dificultada pelo fato de a área central estar em um vale cercado por encostas que funcionam como contrafortes.

Outro serviço regulatório prejudicado pelo desenvolvimento urbano é a dinâmica dos cursos d'água, especialmente o córrego Fartura. Os leitos menores e maiores dos rios, que deveriam amortecer a quantidade de água em períodos de enchentes e inundações esporádicas, são ocupados por áreas residenciais e industriais. Durante os períodos de chuva, são esperadas inundações em várias partes do município, especialmente nas pro-

priedades localizadas próximas aos cursos d'água. Soma-se a isso o alto nível de escoamento superficial em encostas com altos gradientes, baixos comprimentos de rampa e, em sua maioria, impermeabilizadas pelo tecido urbano. O córrego Fartura também recebe o esgoto urbano e, portanto, também é uma fonte de doenças.

A impermeabilização do solo, que antes ocupava apenas áreas planas, expandiu-se para as encostas e topos de morros. Como resultado, a categoria de suporte também foi afetada, pois o serviço prestado pelas fontes de água está em declínio acentuado, resultando na extinção de duas lagoas naturais e inúmeras nascentes que faziam parte do sistema de água municipal. A perda da diversidade biológica também é um fator preocupante no município. A redução das formações naturais contribui para uma maior homogeneização da paisagem, com predominância de pastagens. Com isso, espécies que necessitam de uma área maior, como a jaguatirica (*Leopardus pardalis*), o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) e o tamanduá-bandeira (*Maynercophaga tridactyla*) (JUNIOR & ARAÚJO, 2007), estão se tornando cada vez mais raras.

A contração sofrida pelas formações naturais também tem um impacto na categoria de provisão. O pequeno tamanho das manchas e suas formas recortadas contribuem para o efeito de borda, que afeta espécies nativas inexpressivas na paisagem, especialmente nas proximidades do centro urbano. Embora o território tenha uma grande área de pastagem, essa área é subutilizada e a produção agrícola de alimentos é escassa. Em algumas propriedades rurais, é possível observar pomares introduzidos pelo homem para consumo familiar, mas a oferta de espécies silvestres, especialmente do Cerrado, é rara na paisagem.

A categoria cultural é afetada por vários fatores. A população é formada em sua maioria por migrantes que, motivados pela oferta de emprego, têm pouca afeição pelo local. O aspecto cultural ligado à ruralidade tem baixo valor estético. Não há oferta de produtos ou serviços naturais ou rurais para a população ou para os visitantes. Observou-se, ainda, que os problemas socioambientais identificados em Nova Serrana também são percebidos em outras cidades do mundo, conforme demonstrado por Xie *et al.*, (2017); Dashedpoor *et al.*, (2019), Narducci *et al.*, (2019), entre outros. Em outras palavras, esses problemas são típicos de locais onde o crescimento urbano e econômico desconsiderou, ou deu pouca prioridade, aos benefícios potenciais dos serviços ecossistêmicos.

Por meio da pesquisa, também é possível fornecer suporte para a pergunta secundária: Que medidas melhorariam a qualidade dos serviços ecossistêmicos prestados à população? Algumas das medidas incluem: o cumprimento da política de uso e ocupação do solo, de acordo com as leis federais e estaduais; a recomposição vegetal e/ou restauração ativa de terras públicas com espécies do Cerrado e incentivos para que particulares o façam; a criação de corredores ecológicos em locais estratégicos entre áreas com maior biodiversidade; a aplicação efetiva de normas para o controle de poluentes emitidos pelas indústrias; a proteção e o plantio de espécies nativas no entorno de nascentes; a criação de um programa municipal de reciclagem e destinação adequada do lixo urbano. Sabe-se que há muitas outras ações a serem listadas, mas relacionamos aquelas com boa aderência para serem colocadas em prática em um curto ou médio prazo.

Como forma de reduzir a degradação ambiental decorrente da urbanização no Brasil, é importante levar em conta as metas contidas nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que fazem parte da Agenda 2030, nas leis do sistema orçamentário municipal. De acordo com a CNM (2016), para atingir as metas dos ODS, os municípios precisam selecionar indicadores que permitam direcionar seus esforços para a implementação de planos, projetos e ações, como o IDH vinculado ao ODS 10 (redução das desigualdades), que também pode ser associado aos ODS 6 (água potável e saneamento), 11 (cidades e comunidades sustentáveis), 12 (produção e consumo sustentáveis), 13 (ação contra a mudança global do clima) e 15 (vida na terra).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora os serviços ecossistêmicos tenham entrado nas discussões acadêmicas e no contexto das políticas públicas em todo o mundo, há poucas evidências de sua eficácia na gestão pública. Entretanto, o SE traz conceitos científicos para o uso prático, tornando-se um importante indicador para medir as mudanças na paisagem. Por exemplo, ao observar a redução das formações de cerrado em Nova Serrana a valores críticos, há fortes indícios de que o ponto de inflexão foi atingido, momento em que se perde o poder de regeneração espontânea. As formações savânicas, apesar de estarem em meio a uma matriz de pastagens subutilizadas para fins agrícolas, não conseguem se regenerar, exigindo que a restauração ativa (plantio de espécies naturais em áreas estratégicas) seja realizada por meio de programas

e projetos públicos. Apesar de reconhecer a necessidade de restauração ativa, não há evidências de qualquer ação nesse sentido, como projetos ativos no país como Cerratinga, Floresta Mais, CEPF-Cerrado, Empório do Cerrado, NCAVES e outros. Diante da falta de ações para manter ou recuperar as formações naturais, outros setores, como o mercado imobiliário, ganharam importância. Em Nova Serrana, o setor está diretamente ligado à expansão urbana, ao proporcionar novos loteamentos e bairros para fins industriais e residenciais. Para esse mercado, terrenos e áreas sem vegetação são mais atraentes, pois são menos burocráticos para construir.

Nas áreas urbanas, as ações tomadas pela administração pública do município diante de grandes problemas, como as enchentes anuais, são meramente corretivas e imediatas. Um exemplo disso é o Plano de Contingência Municipal, que lista as áreas de risco e os órgãos a serem acionados em caso de emergência. Essa estratégia é necessária para ajudar os cidadãos em situação de risco. No entanto, para resolver esse problema, assim como outros, é necessário ampliar a escala de observação e entender que a paisagem urbana está intimamente ligada às paisagens naturais, que fornecem os serviços ecossistêmicos mais importantes para sustentar a vida e reduzir os impactos negativos. O Plano Diretor Municipal traz novas regras para a ocupação do espaço e visa, inclusive, a mitigar problemas recorrentes. Atrelado a isso, há a necessidade de uma política de conscientização da população e até mesmo de envolvê-la em ações que promovam o bem-estar coletivo.

Os serviços ecossistêmicos, especialmente nos centros urbanos, estão profundamente ligados à saúde ambiental urbana. Portanto, prestar atenção ao planejamento do uso do solo terá um impacto positivo na qualidade de vida das pessoas, melhorando o meio ambiente, fortalecendo as relações socioculturais e reduzindo fenômenos crônicos como as enchentes. ●

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma Economia dos Ecossistemas. **Texto para Discussão**. IE/ UNICAMP, n. 159, 2009.

CARLOS, A. F. A. A reprodução do espaço urbano como momento da acumulação capitalista. In: CARLOS, A. F. A. (org.). **Crise urbana**. São Paulo: Contexto, 2015. p. 25-35.

CASTELLS, M. **A questão urbana**. Rio de Janeiro: Paz e Terra. 2000.

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**: notas teórico-metodológicas. Geosul, Florianópolis, v. 8, n. 15, p. 13-18, jan. 1993.

BACHI, L.; CORRÊA, D.; FONSECA, C.; CARVALHO-RIBEIRO, S. Are there bright spots in an agriculture frontier? Characterizing seeds of good Anthropocene in Matopiba, Brazil. **Environmental Development**, [S.L.], v. 46, p. 100856, jun. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100856>.

BOTEQUILHA-LEITÃO, A.; AHERN, J. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. **Landscape and Urban Planning**, v. 59, 2002.

BURKHARD, B.; KROLL, F.; MÜLLER, F. & WINDHORST, W. Landscapes' capacities to provide ecosystem services – a concept for land-cover based assessments. **Landscape Online**, v. 15, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.3097/LO.200915>.

CÂMARA, G.; MONTEITO, A. M. DRUCK, S.; CARVALHO, M. S. Análise espacial e geoprocessamento. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília/DF: EMBRAPA, 2004.

CARVALHO-RIBEIRO, S.; LOVETT, A. Associations between forest characteristics and socio-economic development: A case study from Portugal. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 9, p. 2873–2881, 2009.

RIBEIRO, S. M. C. *et al.* Can multifunctional livelihoods including recreational ecosystem services (RES) and non timber forest products (NTFP) maintain biodiverse forests in the Brazilian Amazon? **Ecosystem Services**, [S.L.], v. 31, p. 517-526, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.03.016>.

CNM (Confederação Nacional de Municípios). Guia para Localização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável nos Municípios Brasileiros. O que os gestores

municipais precisam saber. Brasília/DF: **CNM**, 2016. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/biblioteca/exibe/2855>. Acessado em: 10 de janeiro de 2021.

COSTANZA, R. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural. **Nature**, v. 387, n. May, p. 253–260, 1997.

COSTANZA, Robert. Social Goals and the Valuation of Ecosystem Services. **Ecosystems**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 4-10, jan. 2000. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s100210000002>.

COSTANZA, R.; DE GROOT, R.; BRAAT, L.; KUBISZEWSKI, I.; FIORAMONTI, L.; SUTTON, P.; FARBER, S.; GRASSO, M. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, v. 28, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>.

CROCCO, M.; SANTOS, F.; SIMÕES R.; HORÁCIO, F. Industrialização descentralizada: sistemas industriais locais. O arranjo produtivo calçadista de Nova Serrana (MG). **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 15, n. 17, 2003.

DADASHPOOR, H.; AZIZI, P.; MOGHADASI, M. Land use change, urbanization, and change in landscape pattern in a metropolitan area. **Science of the Total Environment**, v. 655, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.267>.

MONTE-MÓR, R. L. de M. Urbanização extensiva e lógicas de povoamento: um olhar ambiental. *In*: LIMONAD, E. Etc Espaço, Tempo e Crítica. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2019. p. 251-262. Disponível em: [https://issuu.com/phil\\_o\\_mena/docs/livro\\_-\\_etc](https://issuu.com/phil_o_mena/docs/livro_-_etc). Acesso em: 19 jun. 2024.

DE GROOT, R. S. Functions of Nature: Evaluation of Nature in Environmental Planning, Management and Decision Making. **Wolters-Noordhoff BV**, Groningen, 1992.

DE GROOT, R. S. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. **Landscape and Urban Planning**, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.016>

DUARTE, G. T.; SANTOS, P. M.; CORNELISSEN, T. G.; RIBEIRO, M. C. *et al.* The effects of landscape patterns on ecosystem services: meta-analyses of landscape services. **Landscape Ecology**, n. 8, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0673-5>.

FERREIRA, L. H. S.; FARIA, A.V.; LEITE, A. F. B. Migração e mercado de trabalho: uma análise sobre o município de nova serrana-mg e sua indústria calçadista.

**VII Congreso de la Asociación Latino Americana de Población e XX Encontro Nacional de Estudos Populacionais**, Foz do Iguaçu/PR, 2016.

FORMAN, R. T. T., GORDON, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986.

HARVEY, D. The urban process under capitalism. In: DEAR, M.; SCOTT, A. J. (ed.), **Urbanization and urban planning in capitalist societies**. New York: Methuen and Co., p. 91-122, 1981.

HINATA, S. S.; BASSO, L. A.; SANTOS, J. G. Mapeamento e avaliação dos serviços ecossistêmicos entre 1985 e 2019 na sub-bacia hidrográfica do Arroio Passo Fundo (Guaíba/RS). **Sociedade & Natureza**, v. 33, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/SN-v33-2021-59170>

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Limites municipais de 2021. **IBGE**, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acessado em: 05 mar. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e estados. **IBGE**, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/nova-serrana.html>. Acessado em: 22 out. 2020.

JUNIOR, O. F. ARAÚJO, G. M. Fauna e Flora do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Uberlândia/MG: CCBE/FUNDEP, 2007.

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

LAUSCH, A. *et al.* Understanding and quantifying landscape structure – A review on relevant process characteristics, data models and landscape metrics. **Ecological Modelling**, [S.L.], v. 295, p. 31-41, jan. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.08.018>.

LEFEBVRE, H. **A produção do espaço**. Tradução Doralice Barros Pereira e Sérgio Martins (do original: *La production de l'espace*). 4e éd. Paris: Éditions Anthropos, 2000), 2006, 265 p.

LEI COMPLEMENTAR 36/2022. Plano Diretor Participativo Municipal de Nova Serrana. PNS, 2022.

LEI 4.771/1965. Código Florestal. Brasil, 1965.

LEI 12.651/2012. Novo Código Florestal. Brasil, 2012.

LIN, J. *et al.* What is the influence of landscape metric selection on the calibration of land-use/cover simulation models? **Environmental Modelling and Software**, v. 129, n. January, p. 104719, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104719>.

LOBO, C. Dispersão espacial da população no Brasil. **Mercator**, v. 15, p. 19-36, 2016.

MARTENSEN, A. C.; PIMENTEL, R. G.; METZGER, J. P. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 141, n. 9, p. 2184-2192, 2008.

MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S.; NEEL, M.; ENE, E. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Amherst, 2002.

MCGARIGAL, K. Fragstats Help. University of Massachusetts, Amherst, v. 4, n. April, p. 1-182, 2015.

METZGER, J. P. O que é Ecologia de Paisagens? **Biota Neotrópica**. v.1, n. 1, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006>.

MA (Millenium Ecosystem Assesment). Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Washington, DC: **Island Press**, 2003.

MA (Millenium Ecosystem Assesment). Ecosystems and human wellbeing: synthesis. Washington, DC: Island Press, 2005.

MAPBIOMAS (Projeto Mapbiomas). Coleção 5 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Acessado em: 25 de outubro de 2020. Disponível em: [https://mapbiomas.org/mosaicos-landsat?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/mosaicos-landsat?cama_set_language=pt-BR).

MARTINE, G.; MCGRANAHAN, G. A transição urbana brasileira: trajetória, dificuldades e lições aprendidas. *In*: BAENINGER, R. (org). **População e Cidades subsídios para o planejamento e para as políticas sociais**. Campinas/SP: Núcleo de Estudos de População-Nepo/Unicamp, 2010.

MOULIN, A. Urbanização brasileira. Um Olhar Sobre o Papel das Cidades Médias na Primeira Década do Século XXI. R. B. **Estudos Urbanos e Regionais**, v.12, 2010.

NARDUCCI, J.; QUINTAS-SORIANO, G.; CASTRO, A.; SOM-CASTELLANO, R. Implications of urban growth and farmland loss for ecosystem services in the western United States. **Land Use Policy**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.04.029>.

OLIVEIRA, J. C. *et al.* Análise da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Pará -MG. Florianópolis/SC: *ABRH*, 2017.

ONU (Organização das Nações Unidas). Relatório Perspectivas de urbanização mundial. Nova Iorque: **Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais/ Divisão de População**, 2024.

OJIMA, R. A urbanização contemporânea e as dimensões humanas das mudanças ambientais globais. *In*: HORGAN, D. J. (org.). **Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro**. Campinas/SP: Núcleo de Estudos de População-Nepo/Unicamp, 1ª edição, 2007.

O'SULLIVAN, J. N. The social and environmental influences of population growth rate and demographic pressure deserve greater attention in ecological economics. **Ecological Economics**, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106648>.

PEREIRA, T. K. MORO, R. S.; NOGUEIRA, M. K. F. S.; DIAS, W. A paisagem da bacia do rio Pitangui sobre a escarpa devoniana, Ponta Grossa, Paraná. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 3, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1982-45132013000300010>.

RIITTERS K. Pattern Metrics for a Transdisciplinary Landscape Ecology. **Landscape Ecology**, v. 34, n. 9, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0755-4>.

RIBEIRO, H.; VARGAS, H. C. Urbanização. Globalização e saúde. São Paulo/SP: **Revista USP**, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i107p13-26>

SANTOS, H. N.; FILHO, E. R. Processos de produção e trabalho no Arranjo Produtivo Local calçadista de Nova Serrana. **GEPROS**. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 8, nº 2, 2012.

SINDINOVA (Sindicato Intermunicipal de Indústrias de Calçados de Nova Serrana). Disponível em: <http://www.sindinova.com.br/novo/nova-serrana/>. Acesso em: 14 de outubro de 2020.

SOWIŃSKA-ŚWIERKOSZ, B. N.; SOSZYŃSKI, D. Landscape structure versus the effectiveness of nature conservation: Roztocze region case study (Poland). **Ecological Indicators**, v. 43, p. 143–153, 2014.

SOUZA, M. L. Quando o trunfo se revela um fardo: reexaminando os percalços de um campo disciplinar que se pretendeu uma ponte entre o conhecimento da natureza e o da sociedade. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, v. 22, n. 2, p. 274-308, 2018. ISSN 2179-0892.

SUZIGAN, W.; FURTADO, J.; GARCIA, R.; SAMPAIO, S. E. K. A indústria de calçados de Nova Serrana (MG). **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 15, n. 3, p. 97-116, dez. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-63512005000300004>.

UUEMAA, E.; MANDER, Ü.; MARJA, R. Trends in the use of landscape spatial metrics as landscape indicators: a review. **Ecological Indicators**, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.07.018>.

WANG, Y. *et al.* Delimitation of ecological corridors in a highly urbanizing region based on circuit theory and MSPA. **Ecological Indicators**, v. 142, n. July, p. 109258, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109258>.

WEI, L. *et al.* Evaluating the impact of urban expansion on the habitat quality and constructing ecological security patterns : A case study of Jiziwan in the Yellow River Basin, China. **Ecological Indicators**, v. 145, n. April, p. 109544, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109544>.

XIE, W.; HUANG, Q.; HE, C.; ZHAO, X. Projecting the impacts of urban expansion on simultaneous losses of ecosystem services: A case study in Beijing, China. **Ecological Indicators**, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.055>.

Artigo recebido em: 23/04/2023

Artigo aprovado em: 16/04/2024

Artigo publicado em: 28/06/2024