

Métricas espaciais e SIG como instrumentos de caracterização e quantificação de áreas verdes urbanas

Raquel Weiss¹

Cláudia Maté²

Talita Micheleti Honorato da Silva³

Alina Gonçalves Santiago⁴

¹ Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Caixa Postal 88040-900- Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima - Trindade,
Florianópolis – SC, Brasil
rwarqui@hotmail.com

² Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Caixa Postal 88040-900- Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima - Trindade,
Florianópolis – SC, Brasil
claudiaamate@gmail.com

³ Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Caixa Postal 88040-900- Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima - Trindade,
Florianópolis – SC, Brasil
tali.micheleti@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Caixa Postal 88040-900- Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima - Trindade,
Florianópolis – SC, Brasil
alinagsantiago@hotmail.com

Abstract. The faster development scenario of industry, economy and transport leads to an expressive urban growing in Brazilian cities. Gradually and indiscriminately green areas and the agricultural land become urban spaces, as a way to provide new areas for the population demand on urban centers. This process compromises the existing vegetated areas what results in environmental problems as floods, landslides, microclimate changes as well as a lack in urban open spaces for recreation. Given this context, this paper analyses the structure and conformation of green areas in Florianópolis –SC, Brazil. Moreover the analysis aims to identify and quantify the levels of fragmentation at this landscape. The Central District of the city was chosen as study area where a spatial analysis and functional study of landscape were realized. Both analyses applied the principles of Landscape Ecology combined with spatial metrics and GIS interface. The study performed the measurement of vegetation patches considering parameters of composition, shape and area, assessing the degree of fragmentation, isolation and connectivity. As a result, we have an overview of the quality and spatial configuration of vegetation in the study area, conforming to an analytical tool for developing future proposals for ecological urban planning, such as ecological corridors.

Palavras-chave: landscape ecology, landscape analysis, vegetation patches.

1. Introdução

A intervenção humana tem um efeito desestabilizador sobre os ecossistemas naturais, perturbando seu equilíbrio dinâmico. Com a intensificação das pressões antrópicas sobre o ambiente, expressivamente pela rápida urbanização, observa-se um intenso processo de substituição das paisagens naturais por outros usos da terra (BEZERRA et al., 2011). Essas interferências na paisagem convertem extensas e contínuas áreas com cobertura florestal em fragmentos florestais, levando ao isolamento e degradação dos habitats naturais. Surgem problemas ambientais relacionados à dinâmica e às relações ecológicas entre a flora e fauna e, em muitos casos, comprometendo a disponibilidade e a qualidade de recursos naturais

importantes à população (ALMEIDA, 2008; LEE; CHOE, 2011).

Um fragmento florestal pode ser definido como uma área de vegetação natural interrompida por barreiras antrópicas ou naturais (estradas, áreas urbanas, culturas agrícolas e florestais, pastagens, montanhas, lagos e represas) capazes de diminuir significativamente o fluxo de animais, pólen e sementes (CALEGRI et al., 2010). Com esse processo de fragmentação do habitat, a estrutura da paisagem é modificada, destacando-se a diminuição da diversidade biológica, o distúrbio do regime hidrológico das bacias hidrográficas, as mudanças climáticas, o isolamento das formações e populações animais/vegetais e a deterioração da qualidade de vida das populações humanas (METZGER, 1999; MUCHAILH et al., 2010; CALEGRI et al., 2010).

De acordo com Forman (1995) e Metzger (2001), o processo de fragmentação da paisagem leva à formação em mosaico, com a estrutura constituída por manchas. A mancha é uma área homogênea de uma unidade da paisagem que se distingue das outras unidades vizinhas e tem extensão reduzida e não linear. Tratando-se dos espaços citadinos, as áreas verdes constituem-se em manchas homogêneas dentro da malha urbana e desempenham papel significativo na composição do ambiente. São responsáveis por contribuir para a geração de um microclima de conforto térmico e ambiental, bem como na redução do consumo energético, ajudando na refrigeração de ambientes e edifícios (KONG; NAKAGOSHI, 2006; KONG et al., 2014) e reduzindo o efeito das ilhas de calor. Além de auxiliarem na amenização da poluição e constituírem-se em elementos bloqueadores de ruídos.

De acordo com Kong e Nakagoshi (2006), constituem-se como remanescentes da natureza nas áreas urbanas, desempenhando funções essenciais como a manutenção da biodiversidade, prevenção de processos erosivos, absorção da água da chuva, contribuindo para a vazão e fluidez das águas pluviais. Também agregam benefícios socioeconômicos como áreas de lazer e recreação, que inclusive colaboram para a redução de doenças relacionadas ao trabalho-estresse (GOBSTER; WESTPHAL, 2004), bem como geram a valorização de terras/lotês que estejam próximos dessas áreas. Sobretudo, agregam valor estético, proporcionando o embelezamento paisagístico da paisagem urbana.

Diante disso, estudos voltados à otimização de impactos ambientais, de desenvolvimento e planejamento urbano das áreas verdes, atrelados à integração de estratégias de sustentabilidade ecológica das cidades, ganham progressiva expressividade. Nesse contexto, destaca-se a Ecologia da Paisagem, configurada pelo estudo das relações entre os padrões espaciais e os processos ecológicos. Considera a dimensão humana no planejamento da paisagem e investiga as modificações estruturais e funcionais causadas pelo homem, incorporando, desta forma, a complexidade das inter-relações espaciais de todos os seus componentes, sejam eles naturais ou culturais (METZGER, 2001).

Sendo as manchas verdes peças importantes na constituição da paisagem urbana, estudos que empregam os princípios da ecologia da paisagem, onde são realizadas quantificações, avaliações e mensurações quanto aos seus graus de fragmentação, têm-se mostrados eficientes meios de análise. Como instrumentos, vêm-se adotando as métricas espaciais como mecanismos de compreensão das implicações ecológicas do crescimento urbano. São identificadas as estruturas, padrões e a conectividade das áreas florestais, identificando o número, tamanho, forma e proximidade das manchas, avaliando os impactos do crescimento urbano sob tais espaços livres verdes (CHANG et al., 2010; LEE; CHOE, 2011).

O uso das métricas espaciais permite a identificação de fragmentos que possuem maior importância ecológica ou que tenham localização estratégica para a conservação de uma área e incremento da biodiversidade. Para Forman (1995) e Metzger (2001) as métricas constituem-se em índices de estrutura da paisagem que tornam possível quantificar com precisão os padrões espaciais das áreas vegetadas. Especialmente, auxiliar na quantificação do padrão de uso e ocupação da terra e de facilitar a compreensão da heterogeneidade espacial e

da própria estrutura da paisagem (BEZERRA et al., 2011, FORMAN, 1995; LI et al., 2008).

A geração do conhecimento ecológico sobre os fragmentos florestais de uma área permite aplicar a gestão ambiental correta quanto ao manejo florestal. A avaliação da paisagem torna-se importante para diagnosticar os problemas atuais e estabelecer modelos e estratégias de preservação e conservação para manter o equilíbrio natural (CALEGRI et al, 2010; BEZERRA et al., 2011; MUCHAILH et al., 2010).

Pelo papel que as manchas florestais desempenham no planejamento ecológico, este artigo objetiva, sob a perspectiva da ecologia da paisagem, utilizar as métricas espaciais como instrumento de quantificação e mensuração do nível de fragmentação da paisagem, a partir de um recorte espacial da cidade de Florianópolis-SC. São analisadas as estruturas e conformações espaciais levando em consideração o tamanho, a forma, a quantidade e a localização das áreas verdes compostas por vegetações arbóreas.

2. Metodologia de Trabalho

A capacidade de quantificar a estrutura da paisagem é um pré-requisito para o estudo da função e modificação da paisagem e de seus fragmentos (HEROLD et al., 2005; LI et al., 2011). Neste estudo, utilizou-se uma série de métricas da paisagem para entender as relações entre os padrões espaciais e os processos ecológicos do Distrito Sede de Florianópolis/SC, possibilitando sua quantificação, mensuração e entendimento da sua estrutura e processo de fragmentação na paisagem.

A partir de fotointerpretação, em interface SIG -Sistemas de Informações Geográficas (Arcmap 10.1) foram levantadas as áreas com vegetações arbóreas. Essa técnica, segundo Calegri et al. (2010) é de extrema importância em estudos de Ecologia da Paisagem por permitir a detecção precisa dos fragmentos remanescentes, seus estados de conservação e as áreas em que o uso da terra se encontra conflitante e/ou perturbador do equilíbrio ecológico. Posteriormente foi realizada a criação do banco de dados referentes à quantificação dos fragmentos. Este gerado por meio da ferramenta Patch Analyst 5.1e Arcgis 10.1, fazendo uso das seguintes métricas espaciais, as quais implicam em análises em nível de mancha e de classe referentes à cobertura vegetal:

- **Área da classe - >0 (ha):** *área dos fragmentos da classe.* Um maior valor favorece para a conservação, correspondendo a maior cobertura da paisagem pela classe. É dada pela seguinte equação:

$$a_{ij} = a_{ij} \frac{1}{10000} \quad (1)$$

onde, a_{ij} é a mancha/fragmento.

- **Índice de complexidade da forma ≥ 1 (adimensional):** *valor médio do índice de forma dos fragmentos da classe.* Esta métrica faz analogias a formas geométricas, sendo os valores menores, próximo de 1, semelhantes a um círculo, indicando um fragmento com geometria simples. Situação considerada mais favorável e benéfica à conservação. Já valores superiores indicam geometrias recortadas, marcadas por reentrâncias e saliências, distanciando-se da forma ideal do círculo. Logo, implicam em situações marcadas pelas ações antrópicas, estando mais expostas às forças externas. É dada pela seguinte fórmula:

$$MSI = \frac{.25 p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}} \quad (2)$$

onde, p_{ij} é o perímetro do fragmento.

- **Distância média do vizinho mais próximo ≥ 0 (m):** *Valor médio do vizinho mais próximo dos fragmentos da classe.* Um valor menor favorece para a aglutinação dos fragmentos, favorecendo o fluxo gênico. É dada pela seguinte fórmula:

$$NNDist = h_{ij} \quad (3)$$

onde, h_{ij} é distância mais curta de uma mancha a outra em relação as suas bordas.

Além da espacialização, as métricas foram formatadas em tabelas, a fim de serem mais bem comparadas e possibilitar melhor entendimento dos dados e análises geradas.

2.1 Caracterizações da área de estudo

O território de Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina-Brasil, é constituído por uma porção continental e insular, totalizando uma área de aproximadamente 436,6 Km² (Figura 1). Abriga, de acordo com dados do Censo 2010, uma população de 421.240 habitantes e densidade demográfica de 627,24 hab|km². Conforme IBGE (2010), Florianópolis está entre os municípios de Santa Catarina que apresenta significativo crescimento populacional, fato constatado no aumento de aproximadamente 23% da população na última década.



Figura 1: Localização da área de estudo

Como espaço para o estudo dos fragmentos, foi escolhida a área central do território insular do município, o Distrito Sede, constituído por 12 bairros e equivalente a maior concentração de população municipal (47% do total) e de área construída da porção insular. Além do uso indiscriminado de seus espaços protegidos, destaca-se a fragmentação das áreas verdes livres decorrentes do constante e crescente processo de urbanização da área.

Os processos de urbanização interferem na estrutura morfológica dessa paisagem, causando diversos conflitos e fragilidades. As manchas verdes inseridas nesse contexto encontram-se desarticuladas e desconexas entre si, não contribuindo para a integridade da flora e fauna, fundamentais para a conservação e proliferação das espécies. Além do mais, sua configuração inviabiliza a criação um sistema de espaços livres integrados que proporcione lazer e recreação à população urbana.

2.2 Estudo funcional da paisagem através das métricas

Diante do exposto, faz-se uso das métricas espaciais de modo a caracterizar a composição e disposição, quantificando o arranjo espacial em termos de grau de fragmentação da paisagem. Assim, são expostas as seguintes análises de quantificação em 3 tabelas e espacializadas em 3 mapeamentos.

- Área da classe

De acordo com a Figura 2 e Tabela 1, a área mostra-se extremamente fragmentada, totalizando 310 manchas de vegetação. Estas se apresentam em sua maioria com áreas

pequenas e formas extremamente recortadas. Têm-se um somatório de manchas com até 4,29 ha que representam mais de 90% dos fragmentos, porém no universo da área total de vegetação atingem pouco mais de 114ha, representando 5% do total da área florestada. Fato que é reflexo das pressões antrópicas sobre a mata, principalmente da expansão e das suas inserções na malha urbana.

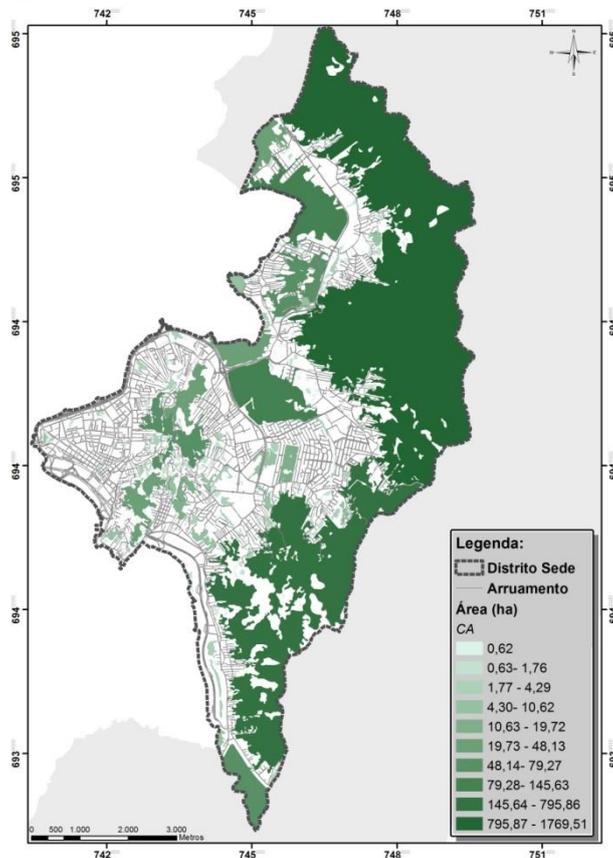


Figura 2: Métrica área

Tabela 1: Quantificações da métrica área

MÉTRICA: ÁREA									
Classes	Freq.	% acum.	Área (ha)	Porcent.	Classes	Freq.	% acum.	Área (ha)	Porcent.
0,62	194	62,58	47,05	0,01	48,13	4	0,98	221,09	0,06
1,76	66	83,87	65,61	0,02	79,27	3	0,99	221,09	0,06
4,29	25	91,94	67,36	0,02	145,63	2	0,99	283,05	0,08
10,62	12	95,81	74,06	0,02	795,86	1	0,99	795,86	0,23
19,72	2	96,45	172,77	0,050	1769,51	1	1	1769,51	0,500

Os fragmentos mais expressivos, os quais totalizam 4 manchas, comportam 81% da área de vegetação. Concentram as maiores áreas justamente por apresentarem relevo e declividades acentuadas, impondo-se como barreiras ao uso humano. Outros maciços significativos são as áreas de preservação permanente de mangues, protegidos por legislações nacionais. Entretanto, os pequenos remanescentes desempenham papel relevante na paisagem, pois funcionam como elementos de ligação (trampolins) ecológicos (FORMAN, 1995).

- Índice de complexidade da forma

As análises do índice de complexidade da forma configuram-se em um indicador da vulnerabilidade. A complexidade da forma possui um valor mínimo igual a 1, que representa um fragmento com forma próxima a uma circunferência, de geometria simples, ideal para a composição das espécies em seu interior. As formas isodiamétricas possuem um maior

número de espécies em seu interior por apresentarem áreas de núcleo maiores e mais uniformes, com isso sofrem um menor efeito de borda. Em contrapartida, quanto maior o índice, maior a complexidade da forma e mais sujeito a interferências externas.

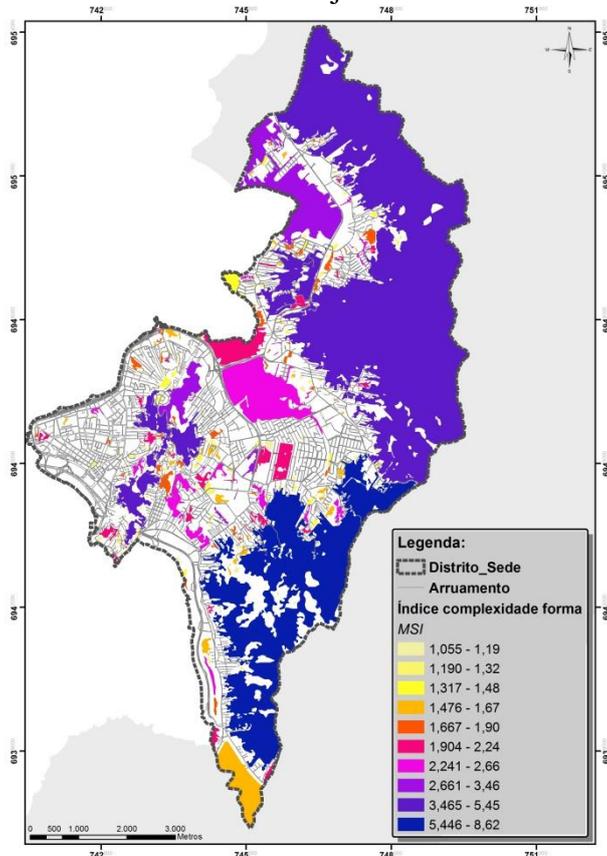


Figura 3: Métrica complexidade da forma

Tabela 2: Quantificações da métrica índice de complexidade da forma

MÉTRICA: ÍNDICE COMPLEXIDADE FORMA									
Classes	Freq.	% acum.	Área(ha)	Porcent.	Classes	Freq.	% acum.	Área(ha)	Porcent.
1,19	53	17,10	13,48	0,38	2,24	37	90,32	125,32	3,55
1,32	52	33,87	17,40	0,49	2,66	19	96,45	207,68	5,88
1,47	53	50,97	34,40	0,97	3,46	6	98,39	222,08	6,28
1,67	46	65,81	100,29	2,84	5,45	4	99,68	1969,93	55,73
1,90	39	78,39	48,31	1,37	8,62	1	100,00	795,86	22,52

Como pode ser percebido pela Figura 3 e Tabela 2, o Distrito Sede possui significativos 78% de seus fragmentos com índices de complexidade próximos a 1. Entretanto, em relação à área total da classe, essa expressividade não se mantém, já que equivale a apenas 6%. Os índices entre 1 a 2 totalizam a maioria dos 310 fragmentos, e apenas 5 desses superam valores acima de 5, correspondendo a quase 78% da área total e indicando que a grande maioria da paisagem florestal é marcada pela complexidade de formas. Características que refletem o quanto as áreas urbanizadas recortam e confrontam as áreas vegetadas.

- Distância vizinho mais próximo

Em relação à distância de cada mancha ao seu vizinho mais próximo, utilizou-se a mesma categorização de Calegri et al. (2010) que classifica as distâncias dentro dos intervalos 60, 120, 200 e >200 m, e atribui a eles a escala baixo, médio, alto e muito alto isolamento, respectivamente. Portanto, de acordo com essa classificação, a paisagem demonstra um baixo isolamento, com 89% dentro do primeiro intervalo, facilitando o processo de regeneração

vegetal, por exemplo. Ver Figura 4 e Tabela 3.

Apesar de uma grande quantidade de pequenos fragmentos, eles podem ter importante função biológica na área, servindo como trampolins ecológicos (stepping stones) para a fauna. Já que, apresentam um baixo índice de complexidade da forma, próximo a formas isodiamétricas ideais, e possuem manchas com pouca distância entre seus vizinhos.

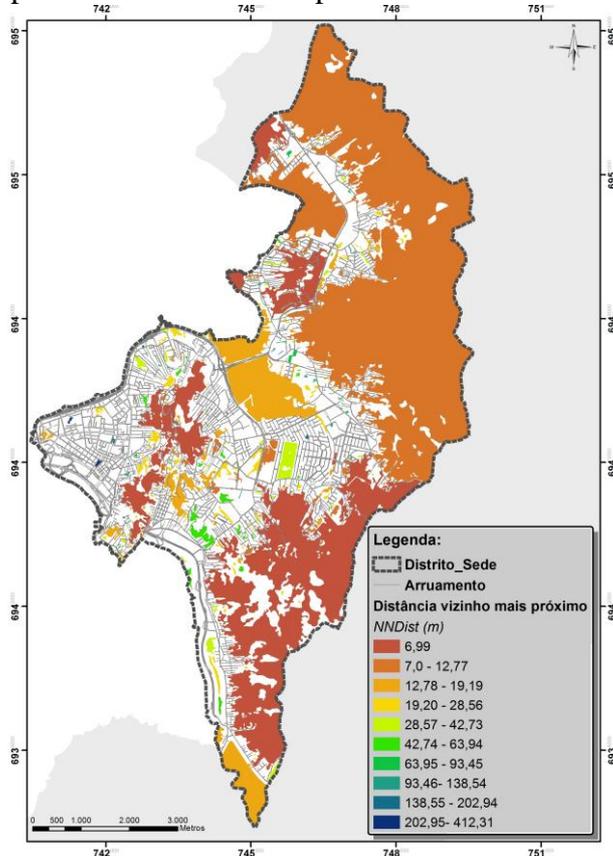


Figura 4: Métrica distância do vizinho mais próximo

Tabela 3: Quantificações da métrica distância do vizinho mais próximo

MÉTRICA: DISTÂNCIA VIZINHO MAIS PRÓXIMO					
<i>Classes</i>	<i>Freq.</i>	<i>% acum.</i>	<i>Classes</i>	<i>Freq.</i>	<i>% acum.</i>
6,99	22	7,10	63,94	30	89,03
12,77	60	26,13	93,45	14	93,87
19,19	59	45,48	138,54	12	97,42
28,56	62	65,48	202,94	5	99,03
42,73	44	79,68	412,31	2	100

4. Conclusões

Na área de estudo pode-se destacar que o processo de urbanização está entre os principais agentes transformadores da paisagem, principalmente ligadas às infraestruturas de vias de transporte, as quais contribuem para o processo de crescimento urban. Logo, influenciando ativamente na dinâmica de fragmentação do espaço.

Em relação à contribuição dos fragmentos na área total da paisagem em função das classes de tamanho, é observado que os fragmentos grandes, embora em menor número, possuem áreas significativas e são responsáveis pela maior cobertura florestal em área. Entre os fragmentos, encontram-se diversos considerados pequenos para diversas espécies, contudo podem ter uma função ecológica importante, levando em conta organismos generalistas, adaptados a ambientes submetidos a efeitos de borda e espécies da fauna e flora de menor porte e, no que tange ao fluxo de organismos, podem funcionar como trampolins ecológicos.

Sendo assim, a aplicação das métricas permitiu traçar um panorama geral de identificação de áreas com fragilidades ecológicas. A partir disso, pode contribuir para o planejamento da paisagem, permitindo a adoção de estratégias relacionadas à implantação de corredores ecológicos, por exemplo. Uma vez que se constituem em recursos que visam o aumento da conectividade entre os fragmentos florestais, reestabelecendo a fauna e flora locais. Sobretudo, contribuindo para a criação de um sistema municipal de espaços livres verdes.

Referências Bibliográficas

- Almeida, C.G.D. (2008). **Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa.
- Bezerra, C.G.; Santos, A.R.; Pirovani, D.B.; Pimentel, L.B.; Eugenio, F.C. (2011). Estudo da fragmentação florestal e ecologia da paisagem na sub-bacia hidrográfica do Córrego Horizonte, Alegre, ES. **Espaço & Geografia**. 14(2), p.p. 257-277.
- Calegri, L.; Martins, S.V.; Gleriani, J.M.; Silva, E.; Busato, L.C. (2010). Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**. 34(4), p.p. 871-880.
- Chang, S.C. et al (2010). Ecological Corridor in the Urban Area: Case Study in Kaohsiung City, Taiwan. **Pract. Period. Hazard. Toxic Radioact. Waste Manage.** 14, p.p. 76–88.
- Forman, R.T.T. (1995). **Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions**. Cambridge: Cambridge University Press.
- GOBSTER, P. H.; WESTPHAL, L. M. The human dimensions of urban greenways: planning for recreation and related experiences. **Landscape and Urban Planning**, v. 68, n. 2-3, p. 147-165, 2004
- Herold, M. et al. (2005). The Role of Spatial Metrics in the Analysis and Modeling of Urban Land Use Change. **Computers, Environment and Urban Systems**. 29, pp. 369–399.
- IBGE (2010). **Sinopse Censo Demográfico**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- KONG, F.; NAKAGOSHI, N. Spatial-temporal gradient analysis of urban green spaces in Jinan, China. **Landscape and Urban Planning**, v. 78, p. 147–164, 2006.
- KONG, F. et al. Effects of spatial pattern of greenspace on urban cooling in a large metropolitan area of eastern China. **Landscape and Urban Planning** v. 125, p. 35-47, 2014.
- LEE, D.; CHOE, H. Estimating the Impacts of Urban Expansion on Landscape Ecology: Forestland Perspective in the Greater Seoul Metropolitan Area. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 137, p. 425-437, 2011.
- Li, X. et al. (2011). Multi-vector composition and its application in landscape patch shape deformation and dynamic analysis. **Ecological Informatics**. 6(3-4), p.p. 248-255.
- Li, Y. (2008). *Land cover dynamic changes in northern China: 1989–2003*. **Journal of Geographical Sciences**. 18(1), p.p. 85-94.
- Metzger, J. P. (1999). *Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 71. p.p. 445– 463.
- Metzger, J. P. (2001). *O que é ecologia de paisagens?* In: **Biota Neotrópica**. 01(½), Campinas, SP.
- Muchailh, M.C.; Roderjan, C.V.; Campos, J.B.; Machado, A.L.T.; Curcio, G.R. (2010). Metodologia de planejamento de paisagens fragmentadas visando a formação de corredores ecológicos. **Floresta**. 40(1), p.p. 147-162.