

ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE O USO DE GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO PLANEJAMENTO DE CIDADES MÉDIAS

ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO SOBRE EL USO DE GEOTECNOLOGÍAS APLICADAS AL PLANIFICACIÓN DE CIUDADES MEDIAS

BIBLIOMETRIC STUDY ON THE USE OF GEOTECHNOLOGIES APPLIED TO THE PLANNING OF MEDIUM-CITIES

Alesson Pires Maciel Guirra

engeoguirra@gmail.com

Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri, UFVJM, Diamantina, MG

Gisele Aparecida Nogueira Yallouz

giseleno@terra.com.br

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS

Isadora Taborda Silva

isah.taborda@gmail.com

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS

Resumo: Este trabalho pauta-se numa revisão bibliométrica visando apresentar um panorama geral sobre o uso das geotecnologias aplicadas ao planejamento e gestão nas cidades médias, evidenciando as principais linhas de tendência e lacunas. O banco de dados *Scopus*, amplamente utilizado no cenário acadêmico global, iniciou a indexação deste termo apenas a partir de 2007, evidenciando a carência de trabalhos científicos sobre cidades médias em periódicos de alta performance. Destacaram-se modelos preditivos da expansão urbana e de avaliação do nível de segurança ecológica das cidades. As principais inovações adotaram múltiplas fontes de dados de satélite, programando rotinas de validação e otimização de algoritmos classificadores de imagem, bem como o incremento de cadeias de processamento semi-automatizadas com códigos livres e abertos. Diante das várias aplicações derivadas das geotecnologias é essencial a adoção destas ferramentas pelas secretarias municipais, para abandonar o modelo de planejamento e gestão arcaicos ou pouco eficientes de seus territórios.

Palavras-chave: revisão bibliográfica, urbanização, sensoriamento remoto, gestão urbana, Sistemas de Informações Geográficas.

Resumen: este trabajo se pauta en una revisión bibliométrica para describir un panorama sobre el uso de las geotecnologías aplicadas a la planificación y gestión en las ciudades medias, aclarando las principales líneas de tendencia y lagunas. La base

de datos Scopus fue seleccionada para este estudio, teniendo en vista su uso amplio en el escenario académico global. Las publicaciones con estos términos empezarán solo a partir de 2007, evidenciando carencia de trabajos científicos en periódicos de alto rendimiento. Se destacaron los modelos predictivos de expansión urbana y la evaluación del nivel de seguridad ecológica de las ciudades. Las principales innovaciones han adoptado múltiples fuentes de datos satelitales, validación de programación y rutinas de optimización de algoritmos de clasificación de imágenes, así como el incremento de cadenas de procesamiento semiautomatizadas de código abierto y abierto. Dadas las diversas aplicaciones derivadas de las geotecnologías, la adopción de estas herramientas por parte de las secretarías municipales es esencial para abandonar el modelo de planificación y gestión arcaica o ineficiente de sus territorios.

Palabras clave: Revisión bibliográfica, Urbanización, Detección remota, Gestión urbana, Sistema de Información Geográfica.

Abstract: This work is based on a bibliometric review aiming to provide an overview of the use of geotechnology applied to plan and management in medium-sized cities, as outlining the main trends and gaps, *Scopus* was selected as the key database for this study, considering its global use in the academic setting. The researched key terms appear only in 2007, evidencing the lack of papers about medium cities in high-performance journals. It was highlighted predictive models of urban sprawl and assessment of the ecological safety level of cities. Major innovations have adopted multiple satellite data sources, programming validation and optimization routines of image classifying algorithms, as well as the increment of semi-automated open and open-source processing chains. Given the various applications derived from geotechnologies, the adoption of these tools by municipal secretariats is essential to replace the archaic or inefficient territorial planning and management.

Keywords: Literature Review, Urbanization, Remote Sensing, Urban Management, Geographic Information System.

INTRODUÇÃO

O termo 'cidade média' não deve ser confundido com o conceito de tamanho, tão pouco estar associado somente às questões demográficas. Na realidade é um termo abrangente relacionado, principalmente, ao papel de intermediação da cidade no contexto regional. Essa intermediação diz respeito aos fluxos de informações, demográficos e econômicos entre a própria cidade média e o espaço regional (AMORIM FILHO, 1984). Portanto, estudar o papel das cidades médias, bem como seus aspectos físicos, ambientais, econômicos e sociais revelam-se como parâmetros importantes para o planejamento urbano e regional. Estas, por sua vez, possibilitam o desenvolvimento de forma integrada, à medida que favorecem o aumento da competitividade econômica, a coesão social e a sustentabilidade ambiental (COSTA, 2002).

Neste contexto, as geotecnologias representam uma alternativa extremamente viável para a produção de material temático e diagnóstico de áreas urbanas (SANTOS et al., 2016). O uso de imagens de satélite, assim como o seu processamento digital em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), traz economia de tempo e recursos aos tomadores de decisões (PARANHOS FILHO et al., 2016). Essas técnicas geram avanços significativos no planejamento e na gestão das cidades, especialmente na conjuntura regional.

Para traçar um panorama do uso das geotecnologias apoiando decisões de planejamento urbano especificamente em cidades de porte médio, aplicou-se uma técnica bibliométrica, utilizada quando se almeja analisar aspectos da produção científica de uma determinada área, permitindo então a identificação de lacunas e tendências do conhecimento científico destas produções. Com isso, reúne e organiza-se grande quantidade de dados, tais como ano de publicação, país de origem, indicadores científicos, produtividade dos autores, entre outros (TAGUE-SUTCLIFFE, 1992 *apud* MACIAS-CHAPULA, 1998, DE MEDEIROS; VITORIANO, 2015).

MATERIAIS E MÉTODOS

A Base de Dados utilizada para este estudo foi a *Scopus* (ELSEVIER BV, 2019), devido à abrangência dos temas das revistas nela indexadas. As buscas ocorreram no mês de fevereiro de 2019 e detiveram-se ao período de 1960 a 2018 como recorte temporal.

Inicialmente, foram selecionadas palavras chaves que relacionam os termos referentes à tríade: Planejamento Urbano, Cidades Médias e Geotecnologias. Para a formação da cadeia de caracteres, foram utilizados termos com os radicais em inglês, visto o grande alcance desta língua no meio científico, além dos sinônimos destes termos verificados na produção científica relativa aos estudos realizados especificamente em cidades de porte médio, ou que contemplavam o termo cidade média.

Na primeira etapa foram considerados todos os campos de busca da base de dados. No entanto, ao observar as publicações retornadas verificou-se que grande parte desse material estava fora do contexto pesquisado. A partir dessa constatação as buscas foram refinadas incluindo apenas as que possuíam os termos no título, resumo ou palavras-chaves e as publicações foram limitadas a artigos e artigos de revisão. No Quadro 1 estão demonstrados os critérios de refinamento das buscas, bem como as cadeias de caracteres utilizadas nas etapas de localização das publicações.

Quadro 1. Método de refinamento das buscas.

Cadeia de caracteres	1960 até 2018	Todos os tipos de documentos	Artigos e Artigos de revisão
("med* cit*" OR "med* size cit*") AND ("urban plan*" OR "urban Manag*" OR "Urban Develop*" OR "Master Plan*") AND ("photointerpret*" OR "remote sens*" OR "satellit*" OR "geotecnolog*" OR GIS)	Todos os campos	697	583
	Título + Resumo + Palavras chaves	21	9
("medium cit*" OR "medium size cit*" OR "average cit*" OR "mid cit*") AND ("urban plan*" OR "urban Manag*" OR "Urban Develop*" OR "Master Plan*") AND ("photo interpret*" OR "photointerpret*" OR "satellit* image" OR "remote sens*" OR "geotecnolog*" OR GIS)	Todos os campos	136	101
	Título + Resumo + Palavras chaves	11	6

Fonte: Scopus (2019).

Devido à baixa quantidade de publicações resultantes nas buscas, foram feitas buscas progressivas para avaliar o alcance dos resultados, com a finalidade de avaliar a abrangência dos termos e seus respectivos resultados. Na sequência, as seis publicações localizadas com a cadeia de caracteres principal foram analisadas e discutidas.

Para identificar as tendências e lacunas atuais da aplicação das geotecnologias para o planejamento urbano acessamos publicações entre os anos de 2014 e 2019. Dessa forma, realizou-se nova busca na base de dados *Scopus*, porém sem o uso do termo restritivo 'cidade média', tendo em vista que a demanda por gestão e planejamento nas áreas urbanas das cidades é um fator comum. Após esta busca apresentamos os resultados e discutimos algumas das principais inovações nesta área do conhecimento, elencando tendências e lacunas no conhecimento.

RESULTADOS

Utilizando o conjunto de termos que continham 'Planejamento Urbano', 'Geotecnologias' e 'Cidades Médias', por meio da cadeia de caracteres (*"medium cit*" OR "medium size cit*" OR "average cit*" OR "mid cit*"*) AND (*"urban plan*" OR "urban Manag*" OR "Urban Develop*" OR "Master Plan*"*) AND (*"photo interpret*" OR "photointerpret*" OR "satellit* image" OR "remote sens*" OR "geotecnolog*" OR GIS*)), e utilizando os filtros de pesquisa por título, palavras-chaves e resumos, foram encontradas apenas seis publicações.

A quantidade de publicações retornadas foi ínfima, trazendo um novo questionamento sobre qual dos termos teria relação direta com a diminuição drástica dos resultados. Realizou-se então uma busca progressiva, sendo a primeira feita com apenas com os termos relacionados à 'Planejamento urbano' (cadeia de caracteres 1), a segunda com os relacionados, simultaneamente, à 'Planejamento Urbano' e 'Geotecnologias' (cadeia de caracteres 2) e a terceira com a cadeia de caracteres completa abrangendo 'Planejamento urbano', 'Geotecnologias' e 'Cidades Médias' (cadeia de caracteres 3), com todos os termos somente em inglês, por se tratar de uma língua de uso global (Quadro 2).

Quadro 2. Análise da quantidade de publicações por meio da evolução da cadeia de caracteres no período entre 1960 e 2018.

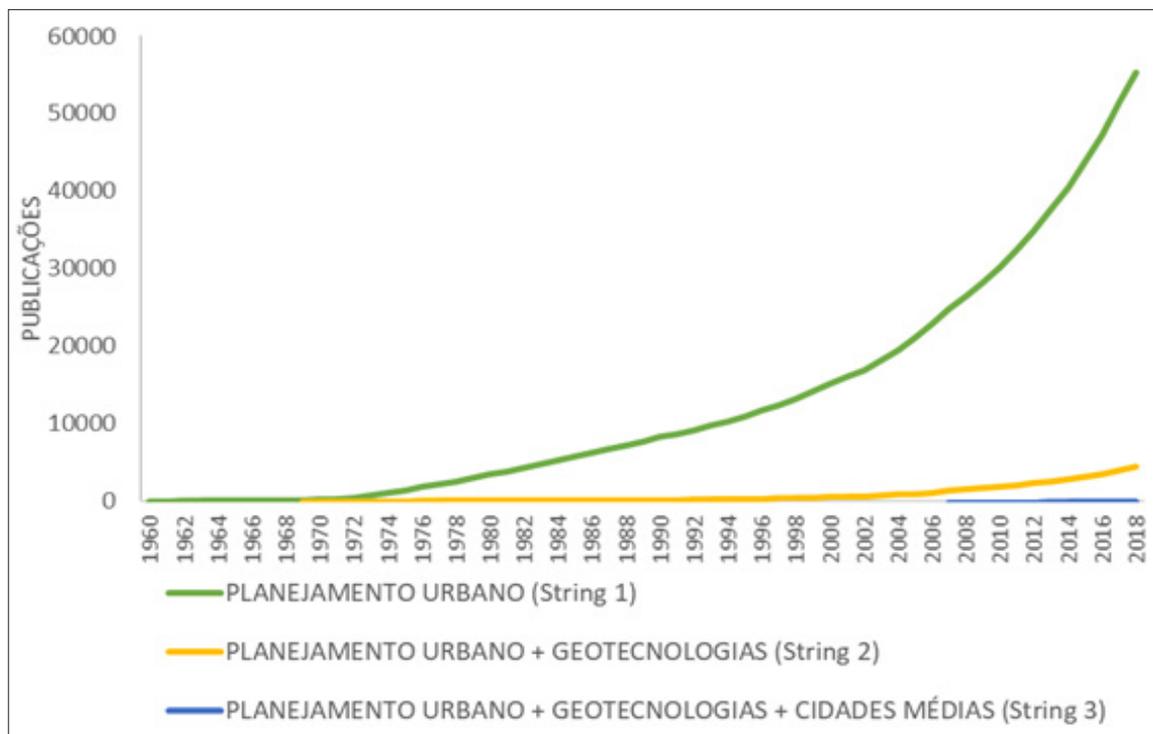
	Cadeia de caracteres	Nº de publicações
1	Planejamento Urbano <i>("urban plan*" OR "urban Manag*" OR "Urban Develop*" OR "Master Plan*")</i>	55.350
2	Planejamento Urbano e Geotecnologias <i>("urban plan*" OR "urban Manag*" OR "Urban Develop*" OR "Master Plan*") AND ("photo interpret*" OR "photointerpret*" OR "satellit* image" OR "remote sens*" OR "geotecnolog*" OR GIS)</i>	4.387
3	Planejamento Urbano, Geotecnologias e Cidades Médias <i>("urban plan*" OR "urban Manag*" OR "Urban Develop*" OR "Master Plan*") AND ("photo interpret*" OR "photointerpret*" OR "satellit* image" OR "remote sens*" OR "geotecnolog*" OR GIS) AND ("medium cit*" OR "medium size cit*" OR "average cit*" OR "mid cit*")</i>	6

Fonte: Scopus (2019).

A cadeia de caracteres 1, como esperado, por ser menos restritiva abrange uma maior quantidade de publicações. Contudo, a busca pela cadeia de caracteres 2 evidencia que uso de Geotecnologias ainda é baixo, quando comparado a outros métodos, figurando em apenas 7,9% das publicações sobre Planejamento Urbano. Essa média diminuiu ainda mais quando incluído o termo Cidade Média, resultando 0,15% das pesquisas de Geotecnologias e Planejamento Urbano.

As pesquisas sobre Planejamento Urbano (cadeia de caracteres 1) iniciam em 1960, com um crescimento constante a partir de 1972 e nova inflexão ascendente a partir dos anos 2000 (Fig. 1). Os termos relacionados à Geotecnologias (cadeia de caracteres 2) figuram em publicações de Planejamento Urbano desde 1970, com o crescimento no início dos anos 2000, sobretudo a partir de 2004. As publicações que compilaram os três termos em comum (cadeia de caracteres 3) tiveram início a partir de 2007 apenas, porém ainda possui uma quantidade inexpressiva indicando carência de publicações que versam especificamente sobre cidades médias levando em consideração essa tríade.

Figura 1. Relação da quantidade de publicações da evolução da cadeia de caracteres.



Fonte: os autores.

Observa-se que ao explorar a busca com uma cadeia de caracteres menos abrangente, esperasse que o número de publicações diminuísse, porém, a diminuição de 99,85% das publicações com a agregação de mais um conjunto de termos relacionados ao mesmo tema (cidades médias), foi extremamente acentuada. Porém, como o objetivo desta análise foi verificar a produção científica no âmbito do planejamento urbano de cidades médias utilizando as geotecnologias, optou-se por analisar individualmente os seis artigos (Quadro 3).

Quadro 3. Publicações resultantes da busca com a cadeia de caracteres.

Autores	Título	Ano	Periódico
Aguayo, M.I.; Wiegand, T.; Azócar, G.D.; Wiegand, K.; Vega, C.E.	<i>Revealing the driving forces of mid-cities urban growth patterns using spatial modeling: A case study of Los Angeles, Chile</i>	2007	Ecology and Society
Azócar, G.; Romero, H.; Sanhueza, R.; Vega, C.; Aguayo, M.; Muñoz, M.D.	<i>Urbanization patterns and their impacts on social restructuring of urban space in Chilean mid-cities: The case of Los Angeles, Central Chile</i>	2007	Land Use Policy
Barton, J.; Pozo, R.; Román, Á.; Salazar, A.	<i>Urban restructuring a globalized territory: A characterization of organic growth in the cities of Chiloé, 1979-2008</i>	2013	Revista de Geografía Norte Grande
Yalovol, P.	<i>GIS and Ukraine</i>	2014	GEO: connexion
Wu, W.; Chen, M.; Fan, S.W.; Ou, M.H.	<i>A dynamic approach to land ecological security assessment: A case study of Su-Xi-Chang area, China</i>	2016	Acta Ecologica Sinica
Rahman, A.A., AL-Baghdadi, J.A., Elaiwi, A.H., Abed, F.	<i>Selection of the best recreational park location in a city using GIS technique</i>	2017	Journal of Engineering and Applied Sciences

Fonte: os autores.

As primeiras publicações são de 2007, mas apenas em 2013 se tornaram mais constantes. Os artigos são vinculados à cinco grandes áreas do conhecimento: Ciências Ambientais (3), Ciências Agrícolas e Biológicas (2) Geociências (2), Ciências Sociais (2) e Engenharia (1). Dos 24 autores, doze são filiados a instituições chilenas, quatro chinesas, quatro iraquianas, três alemãs e uma equatoriana. Contendo então mais da metade dos autores na América Latina. Quanto ao idioma das publicações, duas são em inglês, duas em espanhol, uma em chinês e uma em alemão.

Ao todo os artigos possuem 30 palavras-chave, sem haver repetição entre elas. Estas foram listadas e agrupadas, separando-as entre os termos buscados: Cidades Médias, Planejamento Urbano e Geotecnologias (Quadro 4).

Quadro 4. Palavras vinculadas às palavras-chave.

Agrupamentos	Palavras Chaves
Cidades Médias	Chile Chilean mid-cities (Cidades medias chilenas) Los Angeles, Chile Mid-cities (Cidades medias)
Planejamento Urbano	Best park location (Melhor local de instalação) Dynamic assessment (Avaliação dinâmica) Land-use change (Mudança no uso do solo) Rapidly urbanizing areas (Áreas de rápida urbanização) Spatial expansion and invasion (Invasão e expansão espacial) Socio-spatial restructuring (Reestruturação socioespacial) Spatially explicit modeling (Modelagem espacialmente explícita) Urban growth (Crescimento urbano) Urban growth patterns (Padrões de crescimento urbano) Urban land use (Uso do solo urbano) Urban morphology (Morfologia urbana)
Geotecnologias	GIS (SIG) Mapping (Mapeamento) Navigation (Navegação) Spatial analysis using ArcGIS (Análise espacial usando o ArcGIS)

Continua

Conclusão

Agrupamentos	Palavras Chaves
Outras	<i>Ecological risk</i> (Risco ecológico) <i>Ecosystem service</i> (Serviço Ecossistêmico) <i>Expert choice</i> (Melhor escolha) <i>Future prospect</i> (Prospecto futuro) <i>Globalization</i> (Globalização) <i>Land ecological security</i> (Segurança ecológica da terra) <i>Logistic regression</i> (Regressão logística) <i>Pairwise comparison</i> (Comparação parelha) <i>Pump station</i> (Estação de bomba) <i>Traditional</i> (Tradicional) <i>Technological Development</i> (Desenvolvimento Tecnológico)

Fonte: os autores.

As palavras-chaves relacionadas a 'Planejamento Urbano' equivalem a 36,5% (11 palavras), sendo o tema mais utilizado para se referir as pesquisas. Os temas 'Cidades Médias' e 'Geotecnologias' remetem a 13,5% (4 palavras) cada. Outros temas também figuram como referências, com destaque para os relacionados ao meio ambiente e inovações tecnológicas.

DISCUSSÃO

Análise dos artigos selecionados pela cadeia de caracteres

Aguayo et al. (2007) desenvolveram estudos com o objetivo de quantificar a relação entre a expansão urbana e suas forças motrizes para prever o padrão de crescimento espacial baseado em mudanças históricas do uso da terra, na cidade de Lós Angeles, setor central do Chile. Os autores utilizaram variáveis preditivas por meio de análises univariadas, gerando modelos de regressão logísticas. Analisaram a influência da escala espacial e para isso construíram quatro modelos, diferenciando entre eles as variáveis de distância e densidade. Com este método os autores afirmam terem capturado mais acertadamente o processo de crescimento urbano numa sequência multiescalar. Verificaram que as distâncias para acessar estradas, a densidade do sistema rodoviário urbano, a área total urbanizada em várias escalas e o tipo de solo são os melhores indicadores para os padrões de expansão urbana. Nesse sentido, demonstraram que o crescimento urbano pode ser descrito com sucesso por variáveis relacionadas à acessibilidade e densidade de vizinhança de elementos urbanos pré-definidos com indicadores em diferentes escalas espaciais.

Para Azócar et al. (2007), estudando a mesma cidade dos autores anteriores, foi utilizada a matriz de Markov para analisar sequências de mudanças de uso e cobertura da terra. Foi selecionado um período de análise de 43 anos, bem como aplicaram métodos de regressão para entender o desenvolvimento da cidade com o aumento da população.

Barton et al. (2013) basearam-se na observação e interpretação de imagens aéreas e imagens de satélite do *Google Earth* de cinco cidades chilenas. Propuseram um método para identificar tipologias para forma de ocupação da malha urbana consolidada. Para classificar as unidades comuns do território (TCUs) estes setores aliaram fotointerpretação, sistematização dos dados em *SIG*, informação de campo, entrevistas com servidores

municipais encarregados pela gestão e planejamento urbano, bem como informações morfométricas do relevo. Nesse sentido as parcelas urbanas distinguíveis por eles se referiram quanto à forma do lote rodoviário (distribuição regular e irregular, linear, sinuosidade, esfericidade - forma e tamanho), edifícios (homogêneo ou heterogêneo) e ocupação do piso (pegada construtiva alta, média ou baixa). Além disso, os autores incluíram aos *TCUs* a forma do tipo humana dispersa/solta, isto é, aqueles assentamentos descontínuos em relação à parcela urbana. E concluíram que a análise de *TCUs* permite expor a existência de paradoxos diante a presença ou ausência dos Planos Diretores nas cidades, ou ainda da eficácia da aplicação deste mecanismo.

Visando a seleção de uma melhor localização para a instalação de parque recreativo em uma cidade, Rahman et al. (2017) usaram técnicas de *SIG* justificando haver vários padrões de planejamento (parâmetros) e especificações de projeto a serem seguidos, sendo inviável analisá-los manualmente de forma integrada. Com isso, estes autores usaram seis parâmetros (espaços abertos, densidade populacional, acessibilidade do parque, distância entre o parque escolhido e as estações residenciais, rios e da rede de esgoto). Eles constataram ser possível reduzir custos e o tempo de espera para selecionar locais adequados em comparação metodologias tradicionais.

Wu et al. (2016), aplicaram o modelo de resistência cumulativa para simular as dinâmicas da paisagem, numa abordagem da dinâmica dos níveis de segurança ecológica da terra (*LES*). Para isso, os autores obtiveram valores da resistência ecológica dos tipos de uso e cobertura da terra, baseado nos valores de serviços ecossistêmicos, enquanto para as áreas construídas foram utilizados valores derivados do risco ecológico. Neste contexto, eles dividiram a área de estudo em cinco níveis de *LES* com os resultados da invasão, ou seja, construção adequada (muito baixa), ecologicamente frágil (baixa), tampão (média), segurança ecológica (alta) e núcleo ecológico (muito alta). Observaram uma tendência significativa na convergência da aglomeração espacial e em contrapartida expansão de terras ecológicas de forma circular, do núcleo para o exterior, o que pode indicar melhor acessibilidade a áreas verdes no centro da cidade.

Ao examinar o estado da arte do uso das Geotecnologias na Ucrânia, Yalovol (2014) constatou que a disseminação das ferramentas de mapeamento e navegação deram um salto acentuado no desenvolvimento do país. O autor destaca que grandes empresas surgiram para fornecer serviços de navegação, o que aumentou a concorrência de mercado, a exemplo da explosão de telefones celulares com *GPS*, os quais permitem acesso às informações das condições de trânsito e escolha de rotas melhores e mais seguras.

Das tendências identificadas nos artigos selecionados pela cadeia de caracteres

Nos trabalhos efetuados por Aguayo et al. (2007) destacam-se quatro principais tendências, sendo elas:

- (1) Abordagens que combinam ferramentas de análise espacial e *SIG* avançam significativamente e são adequadas para compreensão dos padrões de crescimento urbano, podendo ser amplamente aplicadas para o planejamento e gestão urbana;

- (2) A acessibilidade ainda é considerada um dos fatores que melhor explicam o desenvolvimento dos serviços, comércio e atividades industriais, bem como, projetos residenciais e recreativos;
- (3) Modelos espaciais baseados em regressão estabelecem relações funcionais dentro de um conjunto de variáveis espaciais apropriadas para prever os locais de mudança na paisagem;
- (4) O crescimento urbano geralmente ocorre de forma difusa e se entende para áreas urbanizadas pré-existentes em uma forma de preenchimento de lacunas.

No estudo de Azócar et al. (2007), entende-se que o uso de ferramentas *SIG* e análise espacial podem contribuir para uma melhor compreensão da relação entre mudanças do uso e cobertura da terra, aumento da população e expansão urbana.

Em Rahman et al. (2017), a escolha adequada de parâmetros e/ou variáveis, associadas a simulação de pesos de decisão entre elas, proporcionam a identificação de áreas mais promissoras ao desenvolvimento de atividades específicas na área urbana.

Na contribuição de Wu et al. (2016) vislumbra-se que os Planos de Zoneamento como o *LES* são medidas eficazes no controle do uso e ocupação das terras e na gestão diferencial dos recursos terrestres.

Por outro lado, Yalovol (2014) advoga que Planos Diretores Municipais de grandes centros populacionais se beneficiam economicamente quando fazem o uso de ferramentas *SIG* para aumentar a transparência dos serviços prestados e indicar rotas melhores e mais seguras para o atendimento à população. Já no trabalho de Barton et al. (2013) não foram identificadas abordagens com a finalidade de expressar tendências.

Das lacunas identificadas nos artigos selecionados pela cadeia de caracteres

Aguayo et al. (2007) reconhecem que a urbanização é um processo multiescalar e as variáveis de distância sozinhas não oferecem modelos preditivos satisfatórios, subestimando a densidade de certos elementos como estradas e/ou áreas urbanizadas. Enquanto Azócar et al. (2007) identifica a necessidade de quantificar como as novas estruturas espaciais impactam a sociedade no que tange a segregação, isolamento e a privatização do espaço urbano.

O entendimento de Barton et al. (2013) é de que em muitas cidades médias e pequenas o planejamento urbano acaba sendo um instrumento de reconhecimento do crescimento orgânico e não de regulação e orientação de crescimento. Já Rahman et al. (2017), reconhecem que locais de uso público, tal como parques recreativos, não são acessíveis para muitos cidadãos e isso se deve em grande parte aos procedimentos inadequados de análise sem o uso de ferramentas *SIG*.

Para Wu et al. (2016), há necessidade de melhorar o método de avaliação da segurança ecológica das terras de forma que este possa ser amplamente replicável, buscando assim uma padronização para quantificar áreas ecologicamente frágeis. Não identificamos no trabalho de Yalovol (2014) conteúdo que remetesse a possíveis lacunas.

Apontamentos sobre as inovações na implantação das geotecnologias nas cidades

A utilização de várias fontes de dados para a fusão de imagens visando o mapeamento do solo urbano foi testada por Feng et al. (2019), os quais obtiveram resultados promissores com o uso de redes neurais de aprendizagem profunda para classificar imagens e detectar objetos. Estes autores propuseram uma rede neural convolucional de dois ramos modificada para fundir imagens hiperespectrais (HSI) e dados de detecção ajustados à luz (LIDAR). Baseando-se no método *Squeeze-and-Excitation Network*, verificaram o bom desempenho da classificação do solo urbano, obtendo precisão geral de quase 92%, sendo viável esse procedimento para discriminar alvos em paisagens urbanas muito heterogêneas.

Para a detecção dos limites das áreas urbanas, Goldblatt et al. (2016) trabalharam com imagens *Landsat 7 ETM* e *Landsat 8 OLI*, usando três tipos de classificadores em uma rotina de supervisão baseada em *pixels* de áreas 'construídas' e 'não construídas' na plataforma em nuvem do *Google Earth Engine* (GEE). Estes autores verificaram a alta qualidade nos mapas produzidos e destacaram o potencial uso do GEE para análise temporal em grandes escalas para destacar processos de urbanização.

Grippa et al. (2017) desenvolveram uma cadeia de processamento semiautomatizada de código aberto para classificação da cobertura e uso da terra urbana baseada orientada a objeto. Para isso, implementaram uma rotina na linguagem *Python* utilizando complementos existentes no *GRASS GIS* e no *R*. Esses autores otimizaram os parâmetros de segmentação em ambiente não supervisionado e com aplicação de vários classificadores inseridos em sequência combinada de aprendizado de máquina, em um esquema de classificação hierárquica; obtiveram precisão global de 93% com 5 classes e de 80% com 11 e 9 classes.

Compreendendo que a informação do tipo construção é crucial para muitos estudos urbanos e que condiz com detalhar estimativas da população, planejamento e gestão urbana, Huang et al. (2017) integraram informação sobre a altura de edificações com imagens *LIDAR*, discriminando a textura, a assimetria espectral e informações geométricas de imagens de sensoriamento remoto. Com estes procedimentos demonstram a viabilidade do alcance de precisões acima de 80% para superobjetos (segmentos dentro de outros objetos).

Combinando fusão de imagens remotamente detalhadas de alta resolução espacial com dados oriundos do *OpenStreetMap* (OSM), Luo et al. (2019) propuseram um método de classificação de cobertura do solo urbano. Estes autores obtiveram resultados *satisfatórios, de alta precisão, sendo que a sobreposição com dados do OSM reduziu efetivamente erros de classificação entre edifícios, solo e estradas.*

Um método para classificação genérica dos tipos de estrutura urbana, levando em consideração apenas atributos morfológicos e visando a padronização de informações em uma rotina multiescala é apresentada por Lehner e Blaschke (2019), os quais defendem uma abordagem puramente hierárquica na definição de tipologias baseadas em objetos para fins de planejamento urbano.

Indicando a necessidade de agências nacionais e internacionais legislarem diretrizes e mecanismos que levam em consideração a sazonalidade ambiental, Matos et al. (2019) demonstraram uma alternativa para identificação do nível de degradação em bacias

hidrográficas. A fim de estimar a degradação da paisagem, ponderaram pesos para as diversas classes, com os pontos de cada classe distribuídos por quadrantes em malha regular e operados em calculadora do *SIG*.

Das tendências das inovações do uso de geotecnologias nas cidades

Da utilização de dados de várias fontes pode-se extrair pela fusão recursos das imagens, de acordo com Feng et al. (2019), melhorando a precisão de mapeamento do uso urbano da terra.

A crescente disponibilidade de imagens de satélite em diferentes resoluções espaciais e temporais permitiram a Goldblatt et al. (2016) desenvolverem métodos de classificação mais acurados, conduzindo a pesquisa urbana ao uso crescente de imagens digitais multiespectrais. Os autores afirmam que plataformas digitais que trabalham com o armazenamento de dados na nuvem possuem bons desempenho e capacidade de processamento de dados e, com a maior acessibilidade dada aos pesquisadores, é possível expandir as unidades espaciais e temporais de análise, visando investigar os processos de urbanização em áreas maiores e por longos período tempo. Sob incorporação de dados de luz noturna, eles consideram que para melhorar a precisão dos classificadores da paisagem urbana, variáveis socioeconômicas e físicas/geográficas detectadas por imagem de satélite devem ser incorporadas.

Segundo Grippa et al. (2017), o desenvolvimento de soluções livres e de código aberto torna-se primordial em tempos onde a reprodutibilidade da pesquisa e o compartilhamento de soluções existentes é alta. Os autores julgam as cadeias de código aberto como rapidamente personalizáveis, podendo atender demandas urbanas e conjunto de dados bastante diversos. As informações de altura de construções de superobjeto detectados remotamente, de acordo com Huang et al. (2017) desempenham funções importantes na classificação do tipo de construção.

Para Luo et al. (2019) uso de dados *OSM* fornecem informações de alta complexidade da malha urbana e associados a características de sensores multiespectrais de alta resolução são capazes de distinguir classes com características espectrais semelhantes, tendo em vista a contextualização sobre os atributos morfológicos da paisagem urbana.

A demanda de uma estrutura tipológica hierarquizada, baseada em objetos, de acordo com Lehner e Blaschke (2019) pode ser superada quando trabalha-se em várias escalas, considerando textura, padrões geométricos e formas para definição de Unidades Semelhantes do Território.

É possível na gestão dos recursos hídricos, segundo Mattos et al. (2019), gerar modelos qualiquantitativos que identifiquem níveis de degradação das bacias hidrográficas, baseando-se nos serviços ecossistêmicos das classes de uso e cobertura da terra e dados balizados em campo.

Das lacunas das inovações das geotecnologias nas cidades

O mapeamento preciso do uso da terra urbana, apontam Feng et al. (2019), continua sendo uma tarefa desafiadora no campo do sensoriamento remoto. Apesar de numerosos

mapas urbanos de pequena e média escalas serem produzidos para capturar as características da malha urbana, Goldblatt et al. (2016) salientam que estes possuem limitações em relação à resolução espacial e não podem ser utilizados para diagnosticar processos contínuos de urbanização, tendo em vista a dificuldade para detecção de mudanças sutis na paisagem em curtos períodos de tempo. Estes autores retratam também que o uso potencial do *Google Earth Engine* (GEE) está evoluindo constantemente, apresentando inúmeras funções e ferramentas de análise espacial, tal como ocorre com outras ferramentas de SIG, porém os seus recursos ainda são pouco explorados pelos tomadores de decisão e gestores de áreas urbanas, assim como cadeias e/ou rotinas de processamento de código aberto para classificação de áreas urbanas, conforme destacam Grippa et al. (2017).

Embora haja muitos métodos para extração em sensoriamento remoto de dados de edifícios e áreas prediais, Huang et al. (2017) expõem que um número bastante limitado de pesquisadores trabalhou com classificadores adicionais aos resultados extraídos a nível *sub-pixels* e superobjeto.

Para Luo et al. (2019) há carência de estudos que demonstrem o potencial da utilização de análises multitemporais em áreas urbanas combinando multissensores e dados do *OpenStreetMap* (OSM), bem como na fusão de dados de organização sociais com sensoriamento remoto para análise de questões econômicas e sociais em áreas urbanizadas.

Até o momento, Lehner e Blaschke (2019) apontam que na área das geotecnologias ocorrem confusões entre terminologias, tal como: uso da terra e certas unidades semelhantes do território, sendo uso e estrutura da terra empregados como sinônimos, havendo a necessidade de aplicação de um princípio norteador mais preciso na diferenciação entre estes termos.

Matos et al. (2019) apontam que a gestão de áreas degradadas nas cidades médias brasileiras, com investimento em infraestrutura e projetos têm apelo midiático e eleitoras e são, muitas vezes, pouco eficazes ou mal geridas. O que corrobora a identificação de tipologias para as cidades médias brasileiras por meio de análise estatística multivariada, efetuada por Angeoletto et al. (2016), os quais demonstraram uma baixa efetividade de ações de gestão ambiental nesses municípios e sugerem o estabelecimento de áreas protegidas naturais como uma das formas mais efetivas de reduzir impactos ambientais causados por estas cidades.

Rumble et al. (2019), estabelecendo um contraste de urbanização entre o Reino Unido e o Brasil, reforçam a necessidade de abordar e compreender o desenho urbano sobre a ótica da ecologia urbana, da engenharia ecológica e da infraestrutura verde, a fim de assegurar a restauração em escala suficiente para reconectar a sociedade com a natureza, fornecendo serviços ecossistêmicos inerentes a melhoria da qualidade de vida destas populações.

CONCLUSÃO

As geotecnologias vêm sendo amplamente aplicadas para cumprir metas de gestão e planejamento urbano, apresentando vastas possibilidades de análise espacial, reduzindo

custos e tempo para a tomada de decisões, permitindo também a validação de modelos mais precisos e acurados para alcançar determinadas demandas de áreas urbanas ou com tendências à urbanização. Apesar disto, o uso de geotecnologias aplicadas ao planejamento de cidades médias apresenta-se de maneira tímida em comparação à contribuição científica, econômica e social que trazem quando bem aplicadas.

Destacam-se dentro da tríade 'geotecnologias', 'planejamento urbano' e 'cidades médias' trabalhos que visam cumprir tais objetivos: (1) previsão do padrão de expansão urbana e mudanças no uso da terra; (2) identificação de tipologias e formas de ocupação da malha urbana consolidada; (3) avaliação dos níveis de segurança ecológica da terra; e (4) o estado da arte do uso das geotecnologias em determinados países.

As inovações detectadas nesse campo do conhecimento abordam principalmente: (1) utilização de múltiplas fontes de dados para fusão de imagens multi e hiperespectrais com uso de redes neurais de aprendizagem em máquina; (2) otimização e validação de algoritmos classificadores de imagens; (3) incremento de cadeias de processamento semi-automatizadas com códigos livres e abertos; (4) otimização de métodos para identificação de unidades territoriais homogêneas; e (5) modelos para diagnóstico de paisagens degradadas.

As questões que tangem o planejamento e gestão de cidades com o uso de geotecnologias demonstram abordagens transdisciplinares, dispondo de métodos replicáveis em diversas escalas espaciais e que visam otimizar ou propor orientações e medidas mais assertivas de uso e ocupação dos territórios. Nesse sentido, entende-se que as geotecnologias são ferramentas capazes de aumentar a transparência e a eficiência, tanto da arrecadação quanto dos investimentos públicos, devendo ser implementado sobretudo, no âmbito das secretarias municipais, unidade de maior capacidade de controle e decisão local, fomentando assim o acesso a informação para além dos Planos Diretores Municipais.

REFERÊNCIAS

- ANGEOLETTO, F. et al. 2016. Tipologia socio-ambiental de las ciudades medias de Brasil: aportes para un desarrollo urbano sostenible. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 8, n. 2, p. 272-287, 2016. DOI: 10.1590/2175-3369.008.002.AO08
- AGUAYO M.I.; WIEGAND, T.; AZÓCAR, G.D.; WIEGAND, K.; VEGA, C.E. Revealing the Driving Forces of Mid-Cities Urban Growth Patterns Using Spatial Modeling: a Case Study of Los Angeles, Chile. **Ecology and Society**, v. 12, n. 1, p. 13, 2007.
- AMORIM FILHO, O.B. Cidades médias e organização do espaço no Brasil. **Geografia e Ensino**, v. 2, n. 5, p.5-34, 1984.
- AZÓCAR, G.; ROMERO, H.; SANHUEZA, R.; VEGA, C.; AGUAYO, M.; MUÑOZ, M.D. Urbanization patterns and their impacts on social restructuring of urban space in Chilean mid-cities: The case of Los Angeles, Central Chile. **Land Use Policy**, v. 24, n. 1, p. 199-211, 2007. DOI: 10.1016/j.landusepol.2005.04.003.
- BARTON, J.; POZO, R.; ROMÁN, Á.; SALAZAR, A. Reestructuración urbana de un territorio globalizado: Una caracterización del crecimiento orgánico en las ciudades de Chiloé, 1979-2008. **Revista de Geografía Norte Grande**, v. 56, p. 121-142, 2013.
- COSTA, E.M. Cidades Médias: Contributos para a sua definição. **Finisterra**, v. 37, n. 74, p. 101-128, 2002.

DE MEDEIROS, J.M.G.; VITORIANO, M.A.V. A evolução da bibliometria e sua interdisciplinaridade na produção científica brasileira. **RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 13, n. 3, p. 491-503, 2015.

ELSEVIER BV. **Scopus Database**. Disponível em: <https://www.scopus.com> Acesso em: 11 fev. 2019.

FENG, Q.; ZHU, D.; YANG, J.; LI, B. Multisource Hyperspectral and LiDAR Data Fusion for Urban Land-Use Mapping based on a Modified Two-Branch Convolutional Neural Network. **ISPRS Int. J. Geo-Inf.**, v. 8, p 28, 2019. DOI: 10.3390/ijgi8010051.

GOLDBLATT, R.; YOU, W.; HANSON, G.; KHANDELWAL, A.K. Detecting the Boundaries of Urban Areas in India: A Dataset for Pixel-Based Image Classification in Google Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 8, n. 8, 2016. DOI: 10.3390/rs8080634.

GRIPPA, T.; LENNERT, M.; BEAUMONT, B. et al. An Open-Source Semi-Automated Processing Chain for Urban Object-Based Classification. **Remote Sensing**, v. 9, n. 7, rs9040358, 2017. DOI: 10.3390/rs9040358.

HUANG, Y.; Zhuo, L.; HAIYAN, T. et al. A Novel Building Type Classification Scheme Based on Integrated LIDAR and High-Resolution Images. **Remote Sensing**, v. 9, n.7, p. rs9040679, 2017. DOI: 10.3390/rs9070679.

LEHNER, A.; BLASCHKE, T. A Generic Classification Scheme for Urban Structure Types. **Remote Sensing**, v. 11, n.2, p. 173, 2019. DOI: 10.3390/rs11020173.

LUO, N.; WAN, T.; HAO, H.; LU, Q. Fusing High-Spatial-Resolution Remotely Sensed Imagery and OpenStreetMap Data for Land Cover Classification Over Urban Areas. **Remote Sensing**, v. 11, n. 1, p. 88, 2019. DOI: 10.3390/rs11010088.

MACIAS-CHAPULA, C.A. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da informação**, v. 27, n. 2, p. 134-140, 1998.

MATTOS, J.B. et al. Natural factors or environmental neglect? Understanding the dilemma of a water crisis in a scenario of water plenty. **Land Use Policy**, v. 82, p. 509-517, 2019. DOI: 10.1016/j.landusepol.2018.12.027.

PARANHOS FILHO et al. **Geotecnologias em Aplicações Ambientais**. Campo Grande: Ed. UFMS, 2016.

RAHMAN, A.A.; AL-BAGHDADI, J.A.; ELAIWI, A.H.; ABED, F. Selection of a best recreational park location in a city using GIS technique. **Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 12, n. 8, p. 8426-8435, 2017.

RUMBLE, H.; ANGEOLETTO, F.; CONNOP, S. et al. Understanding and applying ecological principles in cities. In: LEMES DE OLIVEIRA, F.; MELL, I. (Eds.). **Planning Cities with Nature: Theories, Strategies and Methods**. Amsterdam: Springer Nature, 2019. DOI:10.1007/978-3-030-01866-5_15.

SANTOS et al. Aplicação de geotecnologias gratuitas e livres na delimitação e análise do uso e cobertura do solo na da Bacia Hidrográfica do córrego Laranja Doce. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 6, 2016, Cuiabá. **Anais...**

WU, W. et al. A dynamic approach to land ecological security assessment: A case study of Su-Xi-Chang area, China. Shengtai Xuebao. **Acta Ecologica Sinica**, v. 36, n. 22, p. 7453-7461, 2016. DOI: 10.5846/stxb201601040021.

YALOVOL, P. GIS and Ukraine. **GEO: connexion**, v. 13, n. 6, p. 20-23, 2014.

Data de submissão: 28/ fev./ 2019

Data de aceite: 03/ jul./ 219