



ANÁLISE TEMPORAL QUANTITATIVA DA UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS EM ESTUDOS ECOLÓGICOS: UM DIAGNÓSTICO SISTÊMICO DOS ÊLTIMOS 18 ANOS

Mariana Cristina Sarragiotto

Evanilde Benedito

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Biologia, Laboratório de Ecologia Energética. Av. Colombo, 5.790 • Jd. Universitário • Maringá - Paraná-Brasil. Fone: (44) 3261 - 4743 - mariana_sarragiotto@hotmail.com

INTRODUÇÃO

As técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) e Sistema de Informações Geográficas (SIG) estão sendo cada vez mais empregadas em estudos ecológicos, sobretudo na área de Ecologia de Paisagens, porém, um quadro preciso deste uso é ainda desconhecido. Neste sentido, a ciencimetrica é uma metodologia adequada à quantificação da produção científica (12), que assume como indicadores os insumos e resultados das pesquisas (19), inferindo medidas quantitativas relativas a estas (16). Logo, esta avaliação é oportuna para avaliação e a difusão do conhecimento científico, assim como para a verificação do fluxo de informações neste âmbito (21). Sob o ponto de vista do quadro crescente de produção científica, sobretudo na forma de artigos, e da necessidade de avaliação dos periódicos e da comunidade de pesquisa, estas investigações se tornam cada vez mais uma exigência (15). Além disto, estes indicadores quantitativos em ciência, tecnologia e inovação vêm se fortalecendo no país na última década, como instrumento de subsidio para a definição de diretrizes, alocação de investimentos e recursos, formulação de programas e avaliação de atividades relacionadas ao desenvolvimento científico e tecnológico no país (16).

Com relação à vasta disseminação das metodologias de SIG e SR nos estudos ecológicos, esta se encontra associada ao expressivo desenvolvimento de tecnologias de análises espaciais, sobretudo após a década de 80, com a diversificação de sensores transportados por satélites e programas de geoprocessamento (22). Neste mesmo período ocorreu outro fato marcante e relevante para a Ecologia, pois houve uma mudança de paradigma na Ecologia de Paisagens, a qual incorporou um caráter mais ecológico, ao contrário do aspecto geográfico que destacava anteriormente (20). Este cenário gerou rápida diversificação de temas, métodos e aplicações nos estudos ecológicos (22), com ênfase a escala de paisagens.

Sob esta abordagem, a articulação das metodologias de SIG

e SR correspondem às necessidades de integração de dados bióticos e abióticos e à manipulação de análises complexas, caracterizadas por grande número de informações e variáveis, requeridas em muitos trabalhos ecológicos (17). Por um lado, os SIGs são apropriados para o processamento de informações digitais, segundo a captura, estocagem, checagem e manipulação de dados espaciais referenciados (3), que resultam em análises e informações diversificadas, estruturadas na combinação de hardwares, softwares, dados, metodologias e recursos humanos (14, 6). Por outro lado, o Sensoriamento Remoto mescla a susceptibilidade de repetição das observações (em amplos intervalos espaciais e temporais), com uma escala de cobertura abrangente, permitindo a observação de diversas áreas da superfície terrestre (13). Portanto, as imagens de satélite processadas em ambiente SIG destacam informações de grandeza global, estruturadas na denotação panorâmica das imagens aéreas e espaciais, que ampliam a percepção do homem sobre os objetos, fenômenos e áreas do planeta (18). Logo, estas técnicas se fundem para a geração de uma abordagem sinótica e holística da paisagem (4).

Neste contexto, este estudo pretende estruturar um diagnóstico da utilização das metodologias de SIG e SR em estudos ecológicos, entre o período de 1991 a maio de 2009, segundo uma análise temporal quantitativa, fundamentada na ciencimetrica.

OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo realizar uma análise temporal quantitativa e sistêmica, da contribuição das técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas no desenvolvimento de pesquisas ecológicas pelo período de 18 anos, para a verificação do fluxo da produção científica nesta área de estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada a busca de trabalhos científicos com a utilização da rotina “General Search” do sítio *ISI Web of Science* (10), levando em consideração todos os trabalhos que continham as palavras “GIS” e “ecology” no título, resumo ou em palavras-chave. Para as análises, as seguintes informações foram obtidas: a) ano de publicação; b) país de origem do autor principal; c) país da publicação; d) tipo de documento; e) periódico; f) número de citações; g) fator de impacto (FI) dos três periódicos mais citados e dos três artigos com maior número de citações; h) tipo de documento dos três artigos mais citados; i) sinônimos das palavras-chave relacionados às técnicas de SIG e SR; e j) área de conhecimento; k) idioma da publicação; e l) número de publicações por autor. Os trabalhos foram analisados a partir de 1991, ano do primeiro registro para termos pesquisados, até o dia 20 de maio de 2009, data na qual o levantamento foi elaborado.

RESULTADOS

Na investigação sistêmica realizada no período de estudo foram registrados 638 trabalhos que relacionaram as palavras “GIS” e “ecology”. Os anos de maior publicação foram 2007 e 2008, cada qual representando 14% do total, seguidos pelo de 2006 com o índice de 12%. Os períodos menos produtivos englobaram o intervalo de 1991 a 1996 e o ano de 2001, datas em que a publicação foi individualmente menor do que 2%. A despeito do tipo de documento, a maioria do acervo se enquadrou na categoria de artigo (81%), seguida pela de anais (13%) e de revisão (6%). A soma dos outros tipos de documentos (arte e literatura, livros, editoriais e patentes), não chegou a representar 3% do total de trabalhos. Com relação às áreas gerais, a maioria dos trabalhos científicos se enquadrou na de Ciência e Tecnologia (97%), seguida pelas das Ciências Sociais (31%) e a das Artes e Humanidades (índice inferior a 2%). O idioma predominante encontrado neste levantamento foi o inglês, com a compreensão de aproximadamente 98% das divulgações. Outras línguas como francês e alemão estiveram presentes, cada qual, em menos de 1% dos trabalhos. A nacionalidade dos primeiros autores das publicações analisadas incluiu 55 regiões, das quais os Estados Unidos abarcaram 37%, a Inglaterra 8,4% e o Canadá 5,2%. Os periódicos mais citados foram: *Landscape and Urban Planning* (4,9%), com FI de 1,633; *Landscape Ecology* (4,7%), com FI de 2,061; e *Ecological Modelling* (3,8%), com FI de 2,077. Por outro lado, revistas de maior fator de impacto como *Freshwater Biology* (FI de 2,650) e *Ecology* (FI de 4,822), não foram muito referenciadas, conferindo índices de 1,5% e 1,1%, respectivamente. Já os três trabalhos com maior número de citações, foram indexados em revistas de alto impacto, quais sejam: *Ecological Modelling* (FI de 2,077) com 927 citações, *Ecological Monographs* (FI de 8,117) com 200 citações e *Ecology* (FI de 4,822) com 173, sendo o primeiro um documento do tipo revisão e os demais do tipo artigo. Não houve predominância de nenhum autor, sendo todos enquadrados em menos de 2% das citações. As áreas de concentração com o maior número de trabalhos foram: Ciências Ambien-

tais e Ecologia (78%), Biodiversidade e Conservação (42%) e Zoologia (24%). As palavras-chave representativas das técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG somaram 453 e se distinguiram em 14 sinônimos diferentes: Aerial Photography, Aerial Photo Interpretation, Aerial Vídeo, GIS, GIS/RS, Geographic Information Systems, Image Processing, Remote Sensing, Remotely - Sensed Data, Satellite Data, Satellite Imagery, Satellite Images, Satellite Telemetry e Satellite Sensor Data. Dentre estes, os mais ocorrentes foram GIS (62%), Geographic Information Systems (21%) e Remote Sensing (12%).

A despeito das técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG terem sido difundidas em anos anteriores, como já citado, os trabalhos foram registrados somente a partir de 1991, o que pode estar diagnosticando certa dificuldade por parte dos usuários, com relação à manipulação destas recentes tecnologias em estudos ecológicos. Além disto, foi verificado que o desenvolvimento de trabalhos estruturados nestas metodologias não foi progressivo, pois houve baixa produtividade no ano de 2001 e a mesma proporção de produção entre 2007 e 2008. Por outro lado, o baixo número de trabalhos encontrados em 2009, condiz com a análise não integral deste período, sendo totalizados apenas cinco meses. Com relação ao tipo de documento, outros autores como Guimarães & Pinto (7) e Lolis *et al.*, (11) encontraram o mesmo resultado, ou seja, a maioria das publicações ocorreu em forma de artigo. Este dado pode estar relacionado com a preocupação dos cientistas na divulgação de seu trabalho e de sua produção, pois Miranda & Pereira (15) afirmam que o ato de publicar artigos é exigido como prova definitiva de efetiva atividade em pesquisa científica. Por outro lado, estes dados refletem que a ciência está sendo disseminada com material de significativa qualidade, com vistas às rigorosas exigências requeridas para a publicação destes tipos de documentos. Com relação ao baixo índice de publicação de documentos do tipo revisão, Miranda e Pereira (15) confirmaram que estes representam apenas 2% de toda a literatura, sendo a relação de um trabalho de revisão para 133 artigos. Este índice pode indicar que a produção científica atual está muito desvinculada da agregação dos saberes produzidos no passado. Além disto, foi o trabalho de Guisan & Zimmermann (9), um documento do tipo revisão, que obteve o maior número de citações, totalizando 927, dentre todos os trabalhos analisados. A despeito desta ampla divulgação, pode ser verificado que o fator de impacto da revista parece exercer grande influência na divulgação de trabalhos científicos, pois este possui altos índices nos três trabalhos mais citados. Este valor denota um indicador de prestígio (15), visto que seu cálculo objetiva o conhecimento do valor global das publicações em periódicos e o número de vezes em que um periódico é referenciado, o que exalta a visibilidade e acessibilidade das pesquisas publicadas e o quanto estas estão influenciando trabalhos posteriores (2). Com relação à maioria dos trabalhos se caracterizarem como pertencentes às áreas de Ciência e Tecnologia (97%), este quadro se faz compreensível, a despeito do caráter tecnológico que as metodologias de SIG e SR representam nas pesquisas. Além disto, a grande contribuição verificada para a área de Ciências Sociais (31%) demarca a busca por soluções que levem em consideração a multiplicidade dos

problemas ambientais nos estudos ecológicos e a visão de sua ocorrência simultânea e envolvente de diferentes e conflituosas noções por parte da sociedade (5). Logo, a presença das ciências sociais neste âmbito, está se tornando crescente e a tomada de decisões fundamentadas apenas na lógica das ciências naturais e engenharias, cursa o caminho inverso (5). Enfim, a baixa participação das áreas de Ciências Sociais com relação à de Ciência e Tecnologia, já foi verificada por outros autores (15), os quais constataram uma relação de apenas uma citação na área de Ciências Sociais entre 17 na de Ciência e Tecnologia.

A não predominância de autores dentre o total de trabalhos publicados, revelada pelo índice menor do que 2% para cada cientista, demonstra que há muitos pesquisadores trabalhando nesta área de estudo, o que sugere grande diversificação de temas em publicações futuras. Porém, em outros campos, como o idioma das publicações e o país de origem dos primeiros autores, foram verificadas predominâncias. Conseqüentemente, a tendência do primeiro item deve estar relacionada com o fato de o idioma inglês representar maior possibilidade de divulgação de um trabalho científico, segundo sua leitura por mais comunidades científicas internacionais (1). Por outro lado, a predominância de primeiros autores pertencentes a três países desenvolvidos e que utilizam como idioma oficial à língua inglesa (Estados Unidos, Inglaterra e Canadá), como descrito no segundo item foi também relatada por Guimarães e Pinto (7). Mugnaini *et al.*, (16) criticam que as bases de dados do ISI não realizam indexação de grande número de revistas científicas de países em desenvolvimento, o que desfavorece estas localidades, além de representar um perfil parcial da ciência produzida nos países em desenvolvimento e exaltar a produção em países desenvolvidos.

Quanto à distribuição de trabalhos nas áreas de concentração - Ciências Ambientais e Ecologia (78%), Biodiversidade e Conservação (42%) e Zoologia (24%), esta parece se relacionar também com a hierarquia da escala de trabalho. Logo, a escala de paisagens, que exige menor resolução das imagens espaciais nas pesquisas, se torna mais adequada no âmbito das pesquisas com dados espaciais, o que culmina no enriquecimento do índice da área predominante. Porém, as metodologias de SIG e SR são, da mesma forma, apropriadas para estudos em escalas menores, com o contratempo de muitas vezes necessitarem de maior resolução das imagens, do que a de 30 m fornecida pela maioria dos sensores. Uma alternativa para tal, pode ser a articulação de SIG e SR com dados de campo (8), metodologias mais requeridas em estudos nas áreas de biodiversidade e zoologia.

Por fim, a expressiva citação do termo "GIS" como palavras-chave nos documentos, indica certa facilidade quanto à busca textual de trabalhos que utilizam as tecnologias SIG e SR, pois geralmente estas técnicas são utilizadas simultaneamente.

CONCLUSÃO

A análise temporal quantitativa da produção científica de estudos ecológicos, que têm utilizado imagens de Sensoriamento Remoto processadas em Sistemas de Informações Geográficas nos últimos 18 anos, reúne tendências relacionadas

a estes trabalhos e a seus autores, o que contribui para a explanação do fluxo deste acervo entre as comunidades de pesquisa. Desta forma, este conhecimento se torna provedor de subsídios para a tomada de futuras decisões atreladas a produções científicas nacionais nesta área. Neste âmbito, a partição inexpressiva das pesquisas nacionais no acervo analisado, reforça a necessidade de maiores esforços da comunidade científica brasileira quanto à participação nestas estatísticas, ainda que a indexação de periódicos nesta base de dados seja mais favorável aos países desenvolvidos. Outros campos que necessitam de maior atenção são a produção de trabalhos de revisão e o incremento de trabalhos na área das Ciências Sociais. Por outro lado, foi verificado que as tecnologias de SIG e SR são amplamente difundidas nos estudos ecológicos, com grande número de trabalhos desenvolvidos e facilidade de busca. Ao mesmo tempo, o grande número de pesquisadores trabalhando nesta área torna os temas de pesquisa bastante diversificados e com boas perspectivas de incremento.

REFERÊNCIAS

1. Bicas, H.E.A. Capitulação ou altivez? *Arq. Bras. Oftalmol.* 63: 173174, 2000.
2. Campanatti - Ostiz, H., Andrade, C.R.F. Periódicos nacionais em fonoaudiologia: caracterização de indicador de impacto. *Pró - Fono R. Atual. Cient.*, 18: 99110, 2006.
3. Chiueh, P., Lo, S., Chang, C. A GIS - based system for allocating municipal solid waste incinerator compensatory fund. *Waste Manag.*, 28: 26902701, 2008.
4. Crepani, E., Medeiros, J.S., Hernandez - Filho, P., Florenzano, T.G., Duarte, V., Barbosa, C.C.F. *Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico - econômico e ao ordenamento territorial*. INPE, São José dos Campos, 2004, 40p.
5. Freitas, C.M. Problemas ambientais, saúde coletiva e ciências sociais. *Ciênc. Saúde Coletiva*, 8: 137150, 2003.
6. Gamarra, R.M. Identificação de fitofisionomias e análise da fragmentação da vegetação na região do Parque Natural Municipal Salto do Sucuriú, utilizando imagem de alta resolução. Departamento de Biologia, Campo Grande, MS, UFMT. 2008, 71 p.
7. Guimarães, L.D., Pinto, M.P. Análise quantitativa do termo interdisciplinaridade no período de 1970 a 2004. *Multiciência*, 5, 2005.
8. Guimarães, A.M., Vriesmann, L.M., Canteri, M. G., Cataneo, A., Molin, J.P. Desenvolvimento de um algoritmo genético para mineração de dados na agricultura de precisão. Anais do II Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão, Viçosa, MG. 2002, 1 CD - ROM.
9. Guisan, A., Zimmermann, N.E. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecol. Model.*, 135: 147186, 2000.
10. ISI. Institute for Scientific Information <<http://isi1.isiknowledge.com/portal.cgi>>. Acesso em 20 de maio de 2009.
11. Lolis, S.F., Sanches - Marques, A.M.M., Reis, S.L.A., Benedito, E. (in press) Análise cienciométrica da ecologia energética: produção primária de macrófitas aquáticas. *Acta Sci.*, 31, 2009.

12. Macias - Chapula, C.C. O papel da infometria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. *Ci. Inf.*, 27: 134140, 1998.
13. Makkeasorn, A., Chang, N., Li, J. Seasonal change detection of riparian zones with remote sensing images and genetic programming in a semi - arid watershed. *J. Environ. Manage.*, 90: 10691080, 2009.
14. Melo, A.A., Menezes, P.M.L., Sampaio, A.C.F. O uso de SIG na pesquisa geográfica voltada para o ensino e a aprendizagem. *Caminhos de Geografia*, 10: 97116, 2006.
15. Miranda, D.B., Pereira, M.N.F. O periódico científico como veículo de comunicação: uma revisão de literatura. *Ci. Inf.*, 25: 375382, 1996.
16. Mugnaini, R., Jannuzzi, P., Quoniam, L. Indicadores bibliométricos da produção científica brasileira: uma análise a partir da base Pascal. *Ci. Inf.*, 33: 123131, 2004.
17. Neto, A.S., Brites, R.S., Soares, V.P., Ribeiro, J.C. Subsídios para elaboração de um plano de manejo do Parque Grande Sertão Veredas por meio de Sistemas de In-
 formações Geográficas. Anais do X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, PR. 2001, p. 493 - 502.
18. Novo, E.M.L. de M. *Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações*. EDGARD BLUCHER, São Paulo, 1992, 308 p.
19. Spinak, E. Indicadores cienciométricos. *Ci. Inf.*, 27: 141148, 1998.
20. Turner, M.G. Landscape Ecology: what is the state of the science? *Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 36: 319344, 2005.
21. Vanti, N.A.P. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. *Ci. Inf.*, 31: 152162, 2002.
22. Wu, J., Hobbs, R. Key issues and research priorities in landscape ecology: an idiosyncratic synthesis. *Landsc. ecol.*, 17: 355365, 2002.