



PESQUISA E PRÁTICA EM RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE ECOSISTEMAS NATURAIS: UMA ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA

R.E. de Oliveira (1)

V.L. Engel(2)

(1) Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônomicas - Curso de Pós Graduação (Doutorado) em Ciência Florestal, Rua José Barbosa de Barros, no 1780, CP 237, 18610 - 307, Botucatu, São Paulo, Brasil

(2) Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônomicas - Departamento de Recursos Naturais-Ciências Florestais. Phone number: 55 14 3811 - 7117-reolivei@fca.unesp.br

INTRODUÇÃO

A necessidade de restauração advém de um ou de um conjunto de fatores que causem alterações de grande vulto ou impactos/distúrbios que vetam ou impossibilitam a dinâmica, o funcionamento e a sustentabilidade dos diferentes ecossistemas; e o desafio atual é desenvolver práticas e estratégias efetivas de restauração que auxiliem a reparar os grandes danos ecológicos, em larga escala, que nos foram deixados no último milênio (Hobbs e Harris, 2001).

A ecologia da restauração é vista como uma ciência, ou como uma área da ciência bastante recente, que surgiu em função dos desafios de se recuperar e/ou manter a capacidade dos ecossistemas naturais fornecerem o que se considera bens e serviços, e garantir sua perpetuidade no tempo.

Embora há muito já se encare essa sub - área da ecologia, como um tema ou área em que se estabelece e desenvolve o pensamento científico, existe uma necessidade crescente de se compreender o que é ciência e o que é prática no que tem sido realizado enquanto “projetos de restauração ecológica”.

A ecologia da restauração é todo o processo de prática e experiência científica que constitui uma disciplina ou sub - área emergente da Ecologia. Já a restauração ecológica é o conjunto de práticas que compõem todo o campo da restauração, incluindo a base científica da ecologia da restauração, e todo o arcabouço político, tecnológico, econômico, social e cultural do envolvimento humano nesse campo. O sucesso da restauração, então, depende de manter as qualidades advindas dos pressupostos da restauração ecológica, mas sem submeter a prática às questões meramente científicas. Tem de haver um equilíbrio entre essas duas vertentes, ou seja, manter uma visão mais ampla do que seja a restauração requer respeito a todos os tipos de conhecimento, não somente o científico (Higgs, 2005).

Os campos da ecologia e da ecologia da restauração têm um potencial enorme para o intercâmbio de idéias e informações. A ecologia teria um papel de informação para a prática da restauração, enquanto que os projetos de

restauração, instalados em diversos ambientes, compreendem uma excelente oportunidade para se testar as teorias ecológicas. Com efeito, temos ganho vasta experiência e informação, advindas dos projetos de restauração, e temos todos os indicativos de que a necessidade agora é a de se buscar fundamentação científica e incluir, nas iniciativas de restauração, as questões e aspectos sócio - econômicos (Temperton, 2007).

Segundo Whitmore (1988), um trabalho de revisão busca a construção de uma síntese, e permite o desenvolvimento de todo um arcabouço de conhecimento e compreensão de um tema ou área do conhecimento; baseia - se na busca de dados consistentes, e marca e/ou demonstra a maturidade de um campo de conhecimento, consolidando - o. Muitas vezes essa revisão aponta lacunas e pode também, indicar caminhos e alternativas.

Hobbs e Harris (2001) afirmam que, para a restauração ecológica se tornar uma resposta efetiva da humanidade ao processo contínuo de degradação e alteração dos ecossistemas, é necessário encarar o desafio de unir ciência e prática. Assim, a ecologia da restauração tem de estar incluída, ou ser um componente integrante no manejo do uso da terra nos dias de hoje, e , para ser aplicável em larga escala, precisa, além de outras características essenciais, apresentar uma base conceitual clara e articulada.

Para iniciar uma análise dessa base conceitual, já construída e estabelecida para a *Ecologia da Restauração*, e portanto, para a *Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais*, uma das questões a serem respondidas é “Quais as principais questões que nortearam e norteiam as pesquisas”, considerando essa área de conhecimento nas últimas décadas?

Segundo Ormerod (2003), a partir dos artigos publicados nas últimas décadas, pode - se afirmar que existe todo um conjunto de atributos, já identificados, para os ecossistemas restaurados, noções das condições ecológicas de referência para auxiliar na definição de objetivos para a restauração, todo um conjunto de práticas conhecidas para se restau-

rar ecossistemas diversos, compreensão da necessidade de avaliação da restauração; além de uma idéia clara do que deve ser entendido como restauração, comparativamente à recuperação de áreas degradadas, mitigação da degradação, etc.

O levantamento e análise dos trabalhos que vêm sendo desenvolvidos e publicados, no campo da restauração ecológica, pode permitir uma avaliação cuidadosa do grau de maturidade e nível de consolidação dessa área do conhecimento, e um levantamento e sistematização de seus pressupostos teóricos, demandas, métodos, técnicas, dúvidas, lacunas, etc, além de uma caracterização das pesquisas realizadas, considerando - se diferentes ecossistemas.

No âmbito do projeto em que se insere esse trabalho, isso auxiliará numa discussão e análise do estado da arte da restauração ecológica, com foco na restauração florestal no Brasil, tendo como ecossistema alvo a Mata Atlântica Brasileira.

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi o de levantar e analisar os artigos publicados, em revistas internacionais, voltados à restauração ecológica de ecossistemas naturais, a fim de analisar as principais questões que nortearam as pesquisas nas últimas décadas.

MATERIAL E MÉTODOS

A fim de se apresentar uma análise comparativa, das publicações em revistas internacionais, referentes à restauração ecológica de ecossistemas, foi feito um levantamento de artigos científicos, publicados em inglês, de 1980 até 2008 (últimos vinte e oito anos).

Para isso, foram selecionados, na ISI Web of Knowledge, os seguintes periódicos: *Restoration Ecology*; *Ecological Engineering*; *Conservation Biology*; *Biodiversity and Conservation*; *Journal of Applied Ecology*; *Forest Ecology and Management*; *Environmental Management*; *Science*; *Applied Vegetation Science*; *Biotropica*; *Oecologia*; *Landscape Ecology e Ecology*.

Nestes, foram levantados os artigos que apresentassem, em seus títulos, o termo “restoration”, e que se relacionassem, diretamente à discussão sobre a restauração ecológica, ou à descrição de projetos de restauração em diferentes ecossistemas.

Os artigos foram categorizados, inicialmente, em “artigos teóricos ou conceituais” (AT) e “estudos de caso” (EC), (como em Petenon & Pivello, 2008).

Como muitos artigos referiam - se à recuperação de áreas degradadas e a métodos e projetos de remediação ambiental, e não necessariamente ao que se considera restauração ecológica (tendo por base a definição de restauração ecológica difundida pela SER-Society for Ecological Restoration), os artigos inicialmente classificados em “estudos de caso”, foram divididos em três categorias: estudos de caso em “restauração”, “recuperação de áreas degradadas” e “remediação ou biorremediação”.

Do total de artigos levantados, foi feita uma “filtragem”, para saber quantos e quais desses artigos (i) referem - se a espécies, ecossistemas ou regiões tropicais, (ii) referem - se a discussões ou estudos e projetos em ecossistemas florestais, (iii) discutem a possibilidade de avaliação do sucesso da restauração ecológica nos ecossistemas - alvo.

Foram levantados ainda, os artigos classificados em estudos de caso, referentes à restauração de ecossistemas florestais, a fim de se fazer uma análise quanto aos ecossistemas - alvo dos estudos e seu enfoque principal.

RESULTADOS

Foram levantados 622 artigos científicos, que se referiram ao tema “Restauração Ecológica”, no período considerado. Desses, 92 (15%) foram considerados artigos teóricos ou conceituais, e 530 (85%) estudos de caso.

Dos estudos de caso, 493 artigos referiram - se à restauração ecológica de ecossistemas, 31 à descrição de projetos de recuperação de áreas degradadas (áreas mineradas, depósitos, áreas de empréstimo, etc), e 06 de remediação ou biorremediação.

Ormerod (2003) descreve um aumento na submissão de trabalhos relacionados à restauração nos últimos quarenta anos, e afirma que estes contribuem anualmente com 8 a 12%, pelo menos dos artigos publicados (considerando o periódico *Journal of Applied Ecology*). Segundo o autor, a referência a alguns temas, como a biologia da conservação, ecologia de poluição, modelagem ecológica, e também à recuperação e restauração de ecossistemas, demonstra que estes se encontram atualmente implícitos na filosofia da ecologia aplicada.

Neste levantamento, conforme esperado, foi observado que o maior número de artigos publicados aumentou a partir do final da década de 90, e vem aumentando gradativamente nos últimos anos, com a expansão da ecologia da restauração enquanto área do conhecimento (conforme descrevem Holl *et al.*, 2003) e de pesquisa.

Foram 07 artigos publicados de 1980 a 1989; 131 artigos de 1990 a 1999 e 447 de 2000 a 2008.

Cabe ressaltar, nesse período, o periódico *Restoration Ecology*, específico para essa área, publicado a partir de 1993, que, conforme esperado, apresenta o número mais expressivo de trabalhos publicados entre todos os periódicos analisados - são 293 artigos (sendo 232 deles categorizados como estudos de caso e 61 como artigos teóricos ou conceituais).

Do total de artigos publicados, uma parcela muito pequena - 3,5% (22 artigos) aborda estudos e projetos em regiões tropicais.

No que se refere ao enfoque abordado por artigos relacionados à restauração, Ormerod (2003) descreve que vários se referem à busca por soluções técnicas para problemas específicos relacionados à restauração. Outros se distinguem por seu valor seminal e frequentemente demonstram que as intervenções descritas são preferíveis à condução da sucessão natural considerando - se a possibilidade de sucesso dos projetos. Os artigos abordam vários níveis, de espécies a ecossistemas, e evidenciam que a restauração ecológica em larga escala pode ser facilitada por instrumentos políticos.

Giardina *et al.*, 2007) afirmam que, a partir da integração com outras disciplinas, a ciência da restauração deve trazer novas abordagens, enfoques e soluções para a restauração da composição, estrutura e função dos diferentes ecossistemas, em diferentes escalas (desde pequenos sítios até a escala de paisagem).

Para o levantamento aqui descrito, cabe ressaltar que a análise do enfoque dos artigos encontra-se em andamento. Até o momento, foi levantado que 32 artigos (5%) abordam a ecologia de paisagens e sua relação com a restauração, ou apresentam projetos de restauração no contexto de paisagens (temperadas ou tropicais, urbanas e rurais) (Oliveira *et al.*, submetido).

Cinquenta (50), ou seja, 8% dos artigos analisados abordam o componente solo na restauração ecológica. Num levantamento bibliográfico feito de 1996 a 2003, na *Restoration Ecology*, Callahan *et al.*, 2008) descrevem os temas mais abordados, considerando o componente solo em estudos de restauração em ecossistemas terrestres. Os autores afirmam esses estudos dividem-se nos seguintes temas: “condições do sítio”, “tratamentos para restauração” (como fertilização, irrigação, inoculação de micorrizas, aplicação de solos em áreas mineradas e degradadas de outras formas, etc), e “respostas edáficas à restauração” (utilizando indicadores como matéria orgânica, quantidade e/ou disponibilidade de nutrientes, e bioindicadores).

A restauração ecológica de ecossistemas florestais compreende 18% (116) dos artigos publicados (ou seja, estes abordam plantações florestais, florestas homogêneas ou heterogêneas, espécies florestais, reflorestamentos, etc).

Algumas das questões abordadas nesses trabalhos são: potencial de plantações florestais para a restauração, avaliação da dinâmica em ecossistemas florestais, avaliação e monitoramento, com uso de indicadores, restauração de habitat para a fauna, etc.. Muitos trabalhos analisados até o momento apresentam e/ou descrevem estratégias, métodos e técnicas de restauração aplicadas a várias fisionomias florestais em várias partes do mundo (por exemplo Rayfield *et al.*, 2005; Bertoncini & Rodrigues, 2008; Siles *et al.*, 2008; Zahawi, 2008).

Uma boa parte dos artigos que se referem à análise do sucesso da restauração ecológica apresenta possíveis indicadores para avaliação (Majer & Nichols, 1998; Andersen & Sparling, 1997; Longcore, 2003, Kreyer & Zerbe, 2006, etc); sugerem programas e métodos de monitoramento (por exemplo Block *et al.*, 2001; Anand & Desrochers, 2004); ou discutem atributos dos ecossistemas que podem ser utilizados como base para definição de objetivos e avaliação do sucesso da restauração (Maesre *et al.*, 2006).

Foram encontrados, até o momento, pouquíssimos estudos de caso abordando questões sócio-econômicas ou referentes a estratégias sociais e políticas públicas, ou mesmo à participação das comunidades humanas no planejamento e na implantação de projetos de restauração.

CONCLUSÃO

No Brasil, devido à exigência legal e também à pressão da sociedade em geral, tem-se um aumento crescente das iniciativas, pesquisas e ações de restauração florestal nas

últimas décadas. As primeiras pesquisas em restauração florestal foram motivadas pela necessidade de manutenção de serviços ambientais realizados por essas florestas, como manutenção da quantidade e qualidade da água em áreas ciliares e de mananciais, contenção de processos erosivos e de perda de solo; e também pela necessidade de cumprimento de passivos ambientais por grandes empresas, sem que houvesse uma tecnologia apropriada para uma restauração eficiente.

Numa primeira análise, muitos dos questionamentos e pressupostos, e da abordagem das pesquisas, colocados em relação à restauração ecológica, parecem enquadrar-se à restauração florestal hoje realizada no Brasil.

O trabalho aqui proposto tenta identificar esses pressupostos teóricos, as estratégias e técnicas, as lacunas e necessidades para a restauração de diferentes ecossistemas, com enfoque principal na restauração ecológica de *ecossistemas florestais tropicais*.

Dessa forma, vai nos permitir a compreensão de algumas questões, como: (i) quais as principais questões que nortearam as pesquisas, nos últimos vinte anos; (ii) se existe um paralelo/similaridade entre as pesquisas em restauração florestal realizadas no Brasil e os pressupostos teóricos e bases científicas, vinculados à Ecologia da Restauração, já aceitos internacionalmente; e (iii) se podemos fazer um paralelo entre as questões colocadas mundialmente, referentes à restauração ecológica e a restauração florestal, isto é, se questões quanto aos rumos, tendências, críticas e questionamentos cabem para a restauração florestal no Brasil.

Até o momento, o levantamento desenvolvido apresenta apenas resultados quantitativos.

Entretanto, já é possível diagnosticar o caráter interdisciplinar da restauração ecológica, enquanto área do conhecimento e sub-área da ecologia, e enquanto área de atuação prática; a partir da abordagem de características (relacionadas a estrutura e função) dos ambientes a serem restaurados, em todos os níveis de organização ecológica (espécies, populações, comunidades, ecossistemas e paisagens), incluindo questões ecológicas, econômicas, sociais, culturais e políticas, em ambientes rurais e urbanos - industrializados ou não; e incluindo estratégias, métodos e técnicas para vários ecossistemas (aquáticos e terrestres), mais ou menos degradados, e referentes aos vários componentes (físicos e bióticos) desses ecossistemas.

(Agradecimentos: Este trabalho é parte de uma pesquisa de doutorado da primeira autora, intitulada “O estado da arte da ecologia da restauração e sua relação com a restauração de ecossistemas florestais no Bioma Mata Atlântica”, financiada pela FAPESP-Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo).

REFERÊNCIAS

- Anand, M.; Desrochers, R. E. 2004. Quantification of restoration success using complex systems concepts and models. *Restoration Ecology*, 12, 117 - 123.
- Andersen, A. N.; Sparling, G. P. 1997. Ants as indicators of restoration success: Relationship with soil microbial biomass in the Australian seasonal tropics. *Restoration Ecology*, 5, 109 - 114.

- Bertoncini, A.P.; Rodrigues, R.R. 2008. Forest restoration in an indigenous land considering a forest remnant influence (Avai, Sao Paulo state, Brazil). *Forest Ecology and Management*, 255, 513 - 521.
- Block, W. A.; Franklin A. B.; Ward, J. P. 2001. Design and implementation of monitoring studies to evaluate the success of ecological restoration on wildlife. *Restoration Ecology*, 9, 293 - 303.
- Callahan Jr; Rhoades, C.C.; Heneghan, L. 2008. A Striking Profile: Soil Ecological Knowledge in Restoration Management and Science *Restoration Ecology*, 16, No. 4, 604–607.
- Giardina, C.P.; Litton, C.M.; Thaxton, J.M.; Cordell, S.; Hadway, L.S.; 2007. Sandquist, D.R. Science Driven Restoration: A Candle in a Demon Haunted World—Response to Cabin (2007). *Restoration Ecology*, 15, 2, 171–176.
- Higgs, E. 2005. The two - culture problem: ecological restoration and the integration of knowledge *Restoration Ecology*, 13, 159 - 164.
- Hobbs, R.J.; Harris, J.A. 2001. Restoration ecology: repairing the earth's ecosystems in the new millennium. *Restoration Ecology*, 9, 239 - 246.
- Holl, K. D.; Crone, E. E.; Schultz, C.B.2003. Landscape Restoration: moving from generalities to methodologies. *BioScience*, 53, 491 - 502.
- Kreyer, D.; Zerbe, S. 2006. Short - lived tree species and their role as indicators for plant diversity in the restoration of natural forests. *Restoration Ecology*, 14, 137 - 147.
- Longcore, T. 2003. Terrestrial arthropods as indicators of ecological restoration SUCCESS in coastal sage scrub (California, USA). *Restoration Ecology*, 11. 397 - 409.
- Maesre, F. T.; Cortina, J.; Vallejo, R. 2006. Are Ecosystem Composition, Structure, and Functional Status Related to Restoration Success? A Test from Semiarid Mediterranean Steppes. *Restoration Ecology*, 14, 258–266.
- Majer J. D, Nichols, O.G. 1998. Long - term recolonization patterns of ants in western Australian rehabilitated bauxite mines with reference to their use as indicators of restoration success . *Journal of Applied Ecology*. 35, 161 - 182.
- Oliveira, R.E.; Moraes, L.F.D.; Engel, V.L. (submetido). How do restoration projects integrate with the landscape?
- Ormerod, S.J. 2003. Restoration in applied ecology: editor's introduction. *Journal of Applied Ecology*, 40, 44–50.
- Petenon, D.; Pivello, V.R. 2008. Plantas invasoras: representatividade da pesquisa dos países tropicais no contexto mundial. *Natureza & Conservação*, 6, 66 - 77.
- Rayfield, B.; Anand, M.; Laurence S. 2005. Assessing simple versus complex restoration strategies for industrially disturbed forests . *Restoration Ecology*, 13, 639 - 650.
- Siles, G; Rey, P.J.; Alcantara, J.M. 2008. Assessing the long - term contribution of nurse plants to restoration of Mediterranean forests through Markovian models. *Journal of Applied Ecology*, 45, 1790 - 1798.
- Temperton, V.M. 2007. The Recent Double Paradigm Shift in Restoration Ecology. *Restoration Ecology* 15, 2, 344 - 347.
- Whitmore, T.D. 1988. Forty years of Rain Forest Ecology 1948 - 1988 in perspective. *Geo Journal*, 19, 347 - 360.
- Zahawi, R.A. 2008 Instant trees: Using giant vegetative stakes in tropical forest restoration. *Forest Ecology and Management*, 255, 3013 - 3016.