

A prática científica na ecologia de comunidades: diálogos entre empirismo e teoria na literatura científica

Leila Cruz
Pedro Rocha
Charbel El-Hani

Resumo: A ecologia de comunidades tem encontrado dificuldades para responder algumas de suas perguntas básicas e superar debates sobre aspectos fundamentais de sua prática científica. Uma das causas sugeridas para este insucesso corresponde a deficiências no processo de construção do conhecimento ecológico. Para avaliar esta hipótese, analisamos qualitativamente a literatura de ecologia de comunidades de lagartos a partir de uma amostragem das publicações da área entre 1940 e 2002. Foram avaliados: o desenvolvimento teórico do campo; a utilização, pelos pesquisadores, das teorias disponíveis, particularmente a teoria da competição; e a interação entre a produção teórica e a produção empírica. Os resultados sugerem que o campo apresenta desenvolvimento teórico: novas hipóteses foram propostas e várias foram superadas ao longo do período. Contudo, detectou-se uma frequência muito baixa de testes empíricos dessas hipóteses: poucos artigos empíricos referenciam as hipóteses disponíveis em sua época e as testam formalmente. Sugerimos que o desenvolvimento do conhecimento na ecologia de comunidades se deu sem que as teorias ecológicas fossem exploradas de modo aprofundado devido a falhas no diálogo entre as tradições teórica e empírica do campo, e que a superação do programa de pesquisa das interações, dessa disciplina, pode ter sido ocasionado por seu reduzido progresso empírico.

Palavras-chave: ecologia de comunidades; teoria da competição; prática científica; teste de hipóteses; progresso empírico; progresso teórico

Historical dialogues between the empirical and the theoretical literature on lizard community ecology

Abstract: The field of community ecology has been facing difficulties at answering some of the basic questions of this area, as well as to overcome some recurring debates on fundamental aspects of its practice. One of the causes that have been suggested to explain this limited success are the alleged deficiencies in the construction of ecological knowledge. In order to evaluate this hypothesis, we performed a qualitative analysis of the literature on lizard community ecology, based on a sampling of publications between 1940 and 2002. We evaluated (1) the theoretical development of the field, (2) the use of the available theories and, particularly, the use of the theory of competition by researchers, and (3) the interaction between the theoretical and empirical publications. The results suggest that there has been theoretical developments in this field: new hypotheses were proposed and several others were overcome during

this period. However, we detected a very low rate of empirical tests of these hypotheses: few empirical articles refer to the hypotheses previously proposed and test them formally. We suggest that the development of knowledge on lizard community ecology have taken place without the ecological theories being explored in depth, due to failures in the dialogue between the theoretical and empirical traditions of the field, and that overcoming the research program of ecological interactions, in this discipline, may have been caused by low empirical progress due to few tests of the hypotheses proposed.

Keywords: community ecology; competition theory; scientific practice; hypothesis testing; empirical progress; theoretical progress

A prática científica na ecologia de comunidades: diálogos entre empirismo e teoria na literatura científica

Leila Cruz*

Pedro Rocha**

Charbel El-Hani**

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a ecologia enfrenta o duro desafio de oferecer respostas e estratégias rápidas e eficazes para que se possam minorar as consequências da exploração e degradação do meio ambiente. Para muitos autores, contudo, o conhecimento ecológico ainda se mostra insuficiente e insatisfatório como instrumento para a resolução da crise ambiental, embora se reconheça, de um lado, a existência de avanços importantes na compreensão dos sistemas ecológicos ao longo do tempo (por exemplo, Hansson, 2003; Simberloff, 2004; Krebs, 2006) e, de outro, que não depende somente da ecologia, a construção de saídas para os problemas ambientais atuais.

As críticas ao estado de desenvolvimento da ecologia não são novas. Embora seja reconhecido que esta ciência passou por um grande processo de institucionalização desde sua fundação (Hagen, 1989), os ecólogos têm se ocupado de diversas críticas ao seu *status* científico desde pelo menos a década de 1980. O sentimento de que o conhecimento ecológico deveria estar avançando mais rápida e consistentemente do que o observado

* Faculdade de Tecnologia e Ciências. R. Conselheiro Saraiva, 149, Edifício 15 de Julho, Comércio – Salvador, BA. CEP 40015-100. Endereço eletrônico: leilacruz@gmail.com

** Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, R. Barão de Geremoabo, 147, Campus de Ondina – Salvador, BA, CEP 40170-290. Endereços eletrônicos: peurocha@ufba.br; charbel@ufba.br

deriva, muitas vezes, de comparações entre os resultados alcançados na ecologia e aqueles de outras disciplinas, principalmente a biologia celular e molecular e a genética (por exemplo, Weiner, 1995; O'Connor, 2000). As críticas giram em torno de três questões principais:

- (1) a carência de unificação teórica;
- (2) a falta de generalizações que se aproximem do *status* de leis com poder preditivo; e
- (3) a existência de falhas nos métodos de construção de conhecimentos teóricos e empíricos.

A carência de unificação teórica do campo pelo estabelecimento de um paradigma integrador é apontada por alguns ecólogos (por exemplo, Peters, 1991; Weiner, 1995) como um dos possíveis motivos para o estado de “subdesenvolvimento” da ecologia. A fragmentação da ecologia, vista por Joel B. Hagen (1989) como derivada da diversidade de abordagens e interesses encontrada desde a sua fundação como disciplina científica, não tem sido sempre considerada, contudo, como um fator negativo. Hagen (1989), ao analisar a questão, identifica pelo menos duas grandes tradições intelectuais que demarcam diferentes questões e tipos de explicações que os ecólogos consideram aceitáveis, argumentando que elas possivelmente são complementares, já que abordam conjuntos diferentes de problemas. A defesa de abordagens pluralísticas em lugar da existência de um único paradigma unificador também tem sido feita por muitos ecólogos (por exemplo, Schoener, 1982; Ghilarov, 2001; Simberloff, 2004).

A outra crítica, referente à falta de generalizações que se aproximem do *status* de leis com poder preditivo, tem suscitado debates mais acalorados e parece estar presente também desde a fundação da ecologia como disciplina científica. A preocupação com a pobreza teórica frente à abundância de observações empíricas já pode ser identificada desde a década de 1910 (Kingsland, 1985). Nos últimos anos, diversos autores têm questionado a afirmação de que a ecologia não disporia de generalizações semelhantes a leis (por exemplo, Turchin, 2001; Berryman, 2003; Colyvan & Ginzburg, 2003). O argumento destes autores geralmente se apóia em análises que (1) desmistificam noções ingênuas acerca da natureza das leis ou (2) procuram demonstrar a existência de princípios teóricos na ecologia que podem desempenhar papéis semelhantes às leis físicas, conforme usualmente entendidas (mas cf. Cartwright, 1983). No outro extremo, há aqueles que defendem o abandono completo do projeto da generalidade, defendendo que a ecologia deve apoiar-se em estudos de caso capazes de resolver efetivamente questões ecológicas em escalas locais (Shrader-

Frechette & McCoy, 1994; Simberloff, 2004).

O terceiro tipo de crítica é também muito comum e, como os outros dois, constitui uma preocupação bastante antiga dentro da disciplina. Embora Hagen considere improvável a explicação de que “os ecólogos falharam em empregar métodos experimentais rigorosos que se provaram muito bem sucedidos em outras disciplinas científicas” (Hagen, 1989, p. 449), diversos ecólogos dirigem críticas não só aos métodos empregados em trabalhos empíricos, mas também àqueles empregados na elaboração de teorias (por exemplo, Ford & Ishii, 2001). Charles J. Krebs sumariza a maior parte das críticas relacionadas aos métodos empíricos na ecologia nos seguintes termos:

- (1) hipóteses de pesquisa fracas ou não-testáveis;
- (2) falta de replicação experimental;
- (3) falta de adequação à escala temporal e espacial dos fenômenos;
- (4) análise estatística inadequada, dentre outros (Krebs, 2006, p. 8).

Em relação ao papel e desenvolvimento das teorias ecológicas, a crítica mais comum considera que os modelos teóricos são elaborados de maneira apenas abstrata, sem conexão com os fenômenos empíricos (Weiner, 1995; Smith, 2000; Krebs, 2006). Para Krebs, “há uma disjunção completa entre o tempo necessário para construir um modelo e o tempo que leva para testar uma hipótese” (Krebs, 2006, p. 7), o que impede que os dados empíricos sejam utilizados para o teste e a validação da produção teórica.

O resultado final de tantas discussões é a sensação de que

- (1) o crescimento da literatura em ecologia consiste em um acúmulo de informação que não representa necessariamente uma maior compreensão dos fenômenos ecológicos e
- (2) os problemas ecológicos nunca são resolvidos, mas simplesmente entram ou saem de moda (Pigliucci, 2002).

Neste artigo, relatamos os resultados de um estudo acerca do desenvolvimento histórico de uma das mais importantes teorias da ecologia de comunidades, com o intuito de investigar o modo como o conhecimento ecológico vem sendo produzido pela comunidade científica. Em particular, investigamos a hipótese de que o sucesso limitado da ecologia se deve, pelo menos em parte, a deficiências no processo de construção do conhecimento ecológico.

Para analisar este processo, realizamos uma análise qualitativa da literatura de ecologia de comunidades de lagartos, a partir de uma perspectiva histórica. Foram abordados quatro aspectos relacionados à produção teórica e empírica do campo, na forma dos seguintes objetivos

específicos:

1. Investigar a evolução teórica na ecologia de comunidades de lagartos, identificando suas principais escolas de pensamento.
2. Avaliar a situação da teoria da competição no repertório teórico dos pesquisadores da ecologia de comunidades de lagartos, em termos da importância relativa da sua utilização na formulação de hipóteses e na explicação dos resultados alcançados nos trabalhos empíricos.
3. Investigar o funcionamento científico da disciplina, enfocando especificamente a produção de evidências empíricas, identificando as principais hipóteses estudadas e os resultados alcançados pela literatura.
4. Investigar o funcionamento científico da disciplina, avaliando a conexão entre a produção teórica e a empírica, através da identificação das teorias que geraram as hipóteses estudadas empiricamente.

A teoria da competição, por sua importância histórica e teórica, se mostra bastante apropriada para tal análise, uma vez que seu desenvolvimento se confunde com o desenvolvimento da própria ecologia de comunidades. Além disso, a história de sua abordagem exhibe o padrão de persistência das questões propostas e dos mesmos debates que têm sido apontados em estudos críticos da ecologia. Como a literatura sobre competição é muito extensa no campo da ecologia de comunidades, optou-se por concentrar as análises na literatura relativa a um táxon específico, o dos lagartos. O enfoque de um táxon específico deve permitir a representação das principais linhas de pesquisa em ecologia: estas linhas são desenvolvidas em torno de conceitos e princípios teóricos que se aplicam a qualquer organismo, contanto que este não apresente peculiaridades muito especiais, que impeçam ou direcionem muito fortemente sua utilização. Assim, pode-se argumentar que um estudo sobre a ecologia de comunidades de lagartos permite traçar um retrato consistente do modo de construção do conhecimento ecológico.

2 MÉTODOS

2.1 Levantamento bibliográfico e amostragem

Os trabalhos analisados foram obtidos a partir de um levantamento bibliográfico em duas bases de dados, *Web of science* e *Zoological records*. Foram incluídos no levantamento trabalhos que tratassem de qualquer aspecto ecológico de pelo menos duas espécies de lagartos, publicados a partir da década de 1940 e até o ano 2002. A seguir, foram sorteados 40 artigos em

cada década, que tiveram as referências bibliográficas registradas em um banco de dados. A obtenção de 40 trabalhos em cada década foi proposta com base em uma estimativa do volume da produção científica para diversas áreas da ecologia de lagartos, realizada por Raymond B. Huey, Eric R. Pianka e Thomas W. Schoener a partir de dados da literatura (Huey, Pianka & Schoener, 1983). De acordo com esses autores, o crescimento da produção científica no campo de ecologia de comunidades de lagartos parecia estar se estabilizando a uma taxa de 16 a 20 novos trabalhos a cada dois anos, o que resultaria em um total de aproximadamente 100 publicações a cada década.

Optou-se pelo sorteio, e não por uma seleção das publicações, por dois motivos. Em primeiro lugar, o sorteio foi necessário, porque esta análise qualitativa foi acompanhada de uma análise quantitativa das referências bibliográficas. A realização de amostragem aleatória por grupos definidos de acordo com períodos de 10 anos teve por objetivo permitir a identificação de padrões temporais na composição das referências bibliográficas das publicações, que foram objeto de outra parte do trabalho. Neste estudo, a análise de padrões temporais nas variáveis de interesse foi necessária para a compreensão do desenvolvimento histórico dos estudos desse campo do conhecimento. Em segundo lugar, o objeto de estudo do trabalho foi a literatura de ecologia de comunidades de lagartos em geral, e não os trabalhos dos pesquisadores mais destacados do campo, o que poderia acontecer, caso a escolha das publicações seguisse critérios subjetivos.

Uma vez que as referências bibliográficas haviam sido registradas, realizou-se uma sub-amostragem: dentre os 40 trabalhos de cada década, sorteamos novamente 10 deles para a análise qualitativa. Estes trabalhos sub-amostrados compuseram o que chamamos de *grupo amostral*. As referências bibliográficas dos 40 trabalhos do grupo amostral foram registradas em um banco de dados, a partir do qual foram identificados os 10 trabalhos mais citados de cada década. Os trabalhos mais citados foram também adquiridos para compor o que chamamos de *grupo de referência*.

2.2 Coleta e análise de dados no grupo amostral

A coleta de dados correspondeu à leitura analítica dos trabalhos do grupo amostral e do grupo de referência, cujos resultados foram computados por década. Os itens analisados no grupo amostral são descritos nas próximas subseções.

2.2.1 Classificação da publicação como teórica ou empírica

Toda publicação contendo uma apresentação de dados primários foi classificada como empírica, enquanto que aquelas em que se verificava a discussão de conceitos, teorias ou modelos foram classificadas como teóricas.

2.2.2 Identificação dos objetivos, das hipóteses de trabalho e dos métodos utilizados

A leitura das seções introdutórias dos trabalhos permitiu registrar os objetivos e as hipóteses de trabalho construídas pelos autores de cada publicação. As hipóteses de trabalho poderiam referir-se à identificação de padrões e correlações entre variáveis, ou à detecção de mecanismos causais envolvidos na produção de padrões observados. Na seção de métodos, buscamos identificar os procedimentos utilizados pelos autores para coleta e análise de dados.

2.2.3 Identificação do emprego de abordagens observacionais ou experimentais

Os métodos utilizados nos trabalhos analisados foram considerados experimentais quando havia manipulação intencional de variáveis para a averiguação de suas conseqüências. As abordagens foram consideradas observacionais quando havia ocorrido apenas observação dos estados das variáveis dos sistemas naturais.

2.2.4 Classificação como trabalhos de identificação de padrões ou de testes de processo

Todo estudo com objetivos descritivos foi considerado como um trabalho sobre identificação de padrões, enquanto que os trabalhos que tinham por objetivo testar pelo menos uma hipótese de causalidade acerca de um determinado fenômeno foram considerados estudos sobre teste de processos.

2.2.5 Identificação dos principais referenciais teóricos dos trabalhos

Foram identificados os principais referenciais teóricos que os autores utilizaram para discutir os resultados previstos e alcançados, ao longo de todo o texto da publicação. Foi dada atenção especial ao papel que a teoria da competição desempenhava na exposição do problema de pesquisa e na proposição de explicações dos resultados.

Após a identificação desses elementos e a classificação dos trabalhos, realizou-se uma avaliação qualitativa de sua importância relativa, de modo a buscar a composição de um “perfil científico” de cada década.

2.3 Coleta e análise de dados no grupo de referência

Entre os trabalhos do grupo de referência, foram coletados dados referentes aos objetivos, aos métodos e às hipóteses encontradas ao longo de todas as publicações analisadas. O objetivo aqui foi identificar que elementos tiveram papel heurístico para a elaboração dos trabalhos do grupo amostral. Esse papel heurístico foi associado à utilização desses elementos, pelos trabalhos do grupo amostral, como (1) referência empírica; (2) referência teórica, ou (3) referência metodológica. A classificação foi realizada identificando-se, nas instâncias em que as publicações do grupo de referência foram citadas pelas publicações do grupo amostral, o tipo de informação referenciada. Caso a informação dissesse respeito a dados empíricos, como no caso, por exemplo, de dados de outros trabalhos com as mesmas espécies, na mesma localidade ou em situações semelhantes, atribuía-se a categoria “referência empírica”; caso a informação correspondesse a uma hipótese ou fosse mobilizada para a construção de uma hipótese, ou ainda se a informação fosse utilizada na discussão de um conceito ou teoria, atribuía-se a categoria “referência teórica”; e caso a informação servisse para subsidiar a aplicação de um método, atribuía-se a categoria “referência metodológica”.

3 RESULTADOS

O levantamento bibliográfico resultou em um universo amostral de 1.429 trabalhos publicados desde 1940 até 2002. Dentre estes, foram sorteados 425 trabalhos: o número excede a quantidade de 40 trabalhos por década, que resultaria em um total de 280 trabalhos, porque foi necessário realizar sorteios sucessivos devido à dificuldade de aquisição de várias publicações, sobretudo aquelas das décadas de 1940 e 1950, bem como de compreensão dos idiomas usados em alguns trabalhos, como o russo, o chinês mandarim e o japonês. Algumas das publicações que foram adquiridas tiveram de ser substituídas, contudo, porque durante a análise foi considerado que não se referiam à ecologia de comunidades de lagartos, tendo entrado no universo amostral equivocadamente. Caso um trabalho sorteado não pudesse ser adquirido em nenhuma biblioteca brasileira, por meio do sistema COMUT, não pudesse ser compreendido por ser escrito em um dos idiomas supra-citados ou tivesse sido incluído equivocadamente no

levantamento, era substituído mediante um novo sorteio. Do total de 425 publicações sorteadas, 132 foram substituídas por não estarem acessíveis por meio do sistema COMUT, 5 foram substituídas devido ao idioma e 22 foram substituídas devido a erro de levantamento.

Foi possível adquirir, com os recursos disponíveis, 226 trabalhos, que tiveram suas referências bibliográficas armazenadas em um banco de dados, o que resultou no registro de 4.608 referências. A seguir, foram amostrados 10 artigos por década para compor o grupo amostral e identificados os 10 trabalhos mais citados em cada década, também adquiridos para compor o grupo de referência. Na Tabela 1 estão indicadas as proporções que os artigos do grupo amostral e do grupo de referência representaram no universo amostral em cada década; os anos de 2000 a 2002 foram excluídos da comparação já que a amostragem desse período não foi feita no levantamento de uma década completa.

Nas seções seguintes, descreveremos os resultados relativos a cada item analisado em cada um dos grupos.

Tabela 1. Proporção da quantidade de publicações dos grupos amostral e de referência em relação ao total de publicações sorteadas em cada década. O total de publicações na tabela difere do total mencionado no texto porque abaixo foram excluídos os 38 trabalhos do universo amostral do período de 2000 a 2002.

Décadas	Total de publicações no universo amostral	Proporção representada pelos grupos:	
		Amostral (40 publicações)	Referência (10 publicações)
1940	57	70,18 %	17,54 %
1950	107	37,38 %	9,35 %
1960	211	18,96 %	4,74 %
1970	369	10,84 %	2,71 %
1980	322	12,42 %	3,11 %
1990	325	12,31 %	3,08 %
Total	1391	2,88 %	0,72 %

3.1 Análise do grupo amostral

A análise dos 70 trabalhos do grupo amostral revelou que 69 corres-

pondiam a estudos empíricos e apenas 1 consistia em um estudo teórico. Uma explicação provável para este resultado é a de que ele foi consequência dos critérios de busca utilizados no levantamento bibliográfico. Estes critérios tinham como objetivo restringir o levantamento à literatura de ecologia de comunidades de lagartos, mas podem ter dificultado a inclusão de trabalhos teóricos, devido à exigência da referência a espécies de lagartos.

Entre os 69 trabalhos empíricos, 60 tinham como objetivo a identificação de padrões, 8 almejavam testar hipóteses de causalidade sobre processos ecológicos, e 1 realizava uma revisão da literatura. A utilização de abordagens experimentais com o objetivo de testar hipóteses sobre processos ecológicos foi identificada em 3 trabalhos. Observamos um progressivo aumento do rigor metodológico ao longo das décadas: enquanto nas décadas de 1940 a 1960, a maioria das publicações não especificava nenhum tipo de método utilizado na coleta e análise dos dados ecológicos, a partir de 1970, todos os trabalhos, com exceção de 1 trabalho da década de 1980, descreviam os métodos empregados. Os métodos empregados também se tornaram mais numerosos e refinados ao longo das décadas, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Identificação de diferentes métodos de coleta e análise de dados ao longo das décadas.

Décadas	Quantidade de métodos diferentes identificados	
	Coleta de dados	Análise de dados
1940	9	0
1950	2	0
1960	5	1
1970	23	9
1980	35	10
1990	39	15
2000	30	24

3.2 “Perfis” científicos

A leitura dos artigos do grupo amostral permitiu identificar traços característicos da literatura em cada período estudado, que serão apresentados a seguir.

3.2.1 *Década de 1940*

Dentre os 10 trabalhos analisados, 6 correspondiam a listagens de fauna, com algumas observações sobre a ecologia dos espécimes, que frequentemente haviam sido coletados incidentalmente. Os objetivos destes trabalhos eram descritivos, justificados pela falta de conhecimento sobre a região e/ou sobre as espécies estudadas. Os demais trabalhos apresentaram uma abordagem ecológica mais aprofundada, buscando a caracterização e classificação das comunidades estudadas. A teoria da competição foi citada explicitamente em apenas três trabalhos, nos quais parecia assumir importância causal secundária ou paralela a outras teorias, já que os autores invocavam também fatores históricos e geográficos nas explicações dos resultados.

3.2.2 *Década de 1950*

Os artigos do grupo amostral da década de 1950 seguem perfil semelhante aos da década de 1940. Os artigos ainda consistiam de relatos cujo objetivo era contribuir para o acúmulo de conhecimentos sobre espécies e/ou regiões. Quatro artigos se destacavam por apresentarem uma inclinação maior para investigações sobre questões de distribuição geográfica, mas de resto o grupo continua sendo caracterizado pelas listas comentadas de espécies, com notas variadas sobre ecologia. A competição também continuou tendo pouca influência nos trabalhos empíricos desta década, uma vez que apenas um deles continha uma referência explícita a esta teoria.

3.2.3 *Década de 1960*

Nesta década, listas comentadas de espécies ainda apareciam em 5 trabalhos. Contudo, as justificativas para sua realização com base em problemas ecológicos começaram a substituir as “contribuições para o conhecimento”: os autores se preocupavam com a transformação dos habitats e a perda de espécies, com a dinâmica de colonização de locais impactados, ou, ainda, com as diferenças ecológicas entre espécies proximamente aparentadas. A relação entre ecologia e biogeografia também foi estabelecida nesta década, já que 2 trabalhos consideravam que fatores ecológicos e biogeográficos são complementares e outros 2 trabalhos consideravam que as informações ecológicas auxiliam na compreensão dos padrões biogeográficos. A presença da competição no repertório teórico dos pesquisadores aumentou na década de 1960, uma vez que 4 dos 10 trabalhos a men-

cionavam especificamente na seção de discussão e conclusões; nos demais, ou não havia referência a mecanismos causadores dos padrões (5 artigos) ou estes eram explicados com base em aspectos ambientais ou fisiológicos (um artigo).

3.2.4 *Década de 1970*

A década de 1970 foi marcada por uma mudança considerável na estrutura e no conteúdo dos trabalhos. Primeiramente, 7 dos 10 artigos já apresentavam o texto dividido nas seções de introdução, métodos, resultados e discussão. Nas décadas anteriores, a maioria dos artigos não exibia esta divisão, estando às vezes organizados em seções temáticas, como, por exemplo, “descrição da área”, “lista de espécies”, “vegetação” ou “ecologia”. O maior rigor técnico parece ser acompanhado também por um maior rigor teórico: dentre os 10 artigos analisados, 7 situavam seu objeto de estudo no contexto de algum princípio ou alguma teoria ecológica. Quatro questões teóricas foram abordadas nos artigos analisados: determinação da diversidade nas comunidades, partição de recursos, relação entre morfologia e utilização de recursos, e, finalmente, a relação entre fisiologia e ecologia. Em 8 dos 10 artigos analisados, identificou-se a presença da teoria da competição, seja pela sua utilização ou rejeição como mecanismo causal dos padrões observados. À exceção de 2 trabalhos, os artigos amostrados nesta década se apoiaram fortemente em mecanismos ecológicos locais para explicar a estrutura das comunidades estudadas. Uma outra indicação desta nova tendência foi a ausência, em 9 das 10 publicações, das discussões de padrões biogeográficos, que eram frequentes nas décadas anteriores.

3.2.5 *Década de 1980*

A década de 1980 apresentou uma extensão do perfil encontrado na década de 1970, uma vez que todos os 10 trabalhos abordavam de alguma maneira o papel desempenhado pelas interações ecológicas na organização das comunidades, embora tenha sido possível observar divergências acerca da sua importância. Três temas teóricos que marcaram a década de 1970 se mantiveram, com algumas variações: determinação da diversidade, utilização e partição de recursos, e relação entre morfologia e ecologia. Em 5 trabalhos observacionais, os autores consideraram que a competição desempenhava um papel causal muito importante na produção dos fenômenos estudados. No entanto, em 2 outros trabalhos observacionais e nos 2 trabalhos experimentais da década, não foram encontradas evidências de

que a competição era tratada como mecanismo causal subjacente aos padrões de utilização de recursos e de morfologia nas comunidades estudadas. Os dois trabalhos experimentais mencionados tinham como objetivo testar hipóteses de causalidade acerca dos mecanismos responsáveis pela organização das comunidades de lagartos estudadas, um deles testando explicitamente a ocorrência da competição e o outro testando a relação entre a morfologia e o uso do hábitat, que poderia também estar relacionada à ocorrência de interações competitivas.

3.2.6 *Década de 1990*

Na década de 1990, o mesmo tipo de estudo predominante nas décadas de 1970 e 1980 foi encontrado, a saber, investigações sobre os padrões de utilização de recursos. A divergência acerca do papel da competição também se manifestou aqui, mas a tendência de considerar que a competição e outros mecanismos, como, por exemplo, processos em escala regional e efeitos históricos, interagem de forma complexa na estruturação das comunidades se acentuou. Dos 6 artigos que abordavam a utilização de recursos, em apenas 2 se considerava que a competição era o principal processo produzindo os padrões observados, enquanto nos quatro restantes se levantava a possibilidade de influência de outros processos ecológicos. Os demais artigos se debruçavam sobre outros problemas ecológicos: o efeito das perturbações e da introdução de predadores sobre as comunidades, e a ocorrência de interações agressivas entre espécies com populações simpátricas e alopátricas. Nesta década, três artigos testaram hipóteses acerca dos processos que influenciavam na estrutura das comunidades, mas apenas um deles utilizou abordagem experimental.

3.2.7 *De 2000 a 2002*

No período de 2000 a 2002, foram identificados três trabalhos que realizavam teste de hipótese. Nesse período, pôde-se observar ainda mais claramente a retomada de teorias sobre mecanismos históricos e regionais, em detrimento de processos ecológicos locais, nas explicações dos padrões de estruturação das comunidades. Os processos ecológicos locais envolvem, principalmente, interações entre as espécies nas comunidades, como a competição, a predação e o parasitismo. Sendo assim, observa-se uma diminuição relativa da importância da teoria da competição na explicação dos padrões de distribuição e abundância das espécies nas comunidades de lagartos. O papel dos fatores históricos e geográficos passou a ocupar o centro das discussões, especialmente nos trabalhos que investigavam os

mecanismos de determinação da diversidade nas comunidades, embora não tenha sido abandonada a idéia de que as interações locais possam exercer alguma influência.

3.3 Análise do grupo de referência

Foram analisados 40 dos 57 trabalhos mais citados de 1940 a 2002. O total de artigos mais citados não corresponde a 70, como esperado, porque alguns artigos figuraram entre os mais citados repetidamente em duas, três, ou até mesmo quatro décadas. A aquisição dos artigos do grupo de referência esteve sujeita às mesmas restrições sofridas quando da aquisição dos trabalhos para a construção do banco de citações. Além disso, foram excluídos dos grupos de referência de cada década artigos cujo tema se centrava obviamente na sistemática, taxonomia ou biogeografia de grupos animais outros que não os lagartos.

Na Tabela 3, pode-se observar a freqüência dos diferentes tipos de referenciamento realizados pelos trabalhos do grupo amostral ao citar os trabalhos do grupo de referência. Para a realização dessa análise nas décadas de 1960 ao período de 2000 a 2002, foram utilizados todos os 40 trabalhos sorteados para a composição do banco de citações.

Tabela 3. Freqüência das modalidades de referenciamento das citações dos trabalhos do grupo de referência. Cada trabalho do grupo amostral pode citar nenhum ou vários dos trabalhos mais citados de cada década, e de maneiras diferentes.

Década	No. de citações do grupo de referência	No. de possíveis hipóteses identificadas	Freqüência das modalidades de referenciamento no grupo amostral		
			Empírico	Teórico	Método-lógico
1940	21	2	16	2	0
1950	26	11	7	0	0
1960	36	18	14	6	0
1970	59	40	17	10	0
1980	82	30	24	16	4
1990	71	34	20	9	1
2000-2002	30	47	12	10	0

Na coluna “No. de citações do grupo de referência”, observa-se as frequências em que os trabalhos do grupo de referência apareceram nas referências bibliográficas dos 40 artigos sorteados em cada década para a construção do banco de citações. Na coluna “No. de possíveis hipóteses identificadas”, indicamos a quantidade de proposições que poderiam ser utilizadas como hipóteses de trabalho, dentre as afirmações e conjecturas presentes nas publicações mais citadas. Apesar do grande número de proposições identificadas, apenas uma publicação na década de 1970, 4 publicações da década de 1980, 2 publicações da década de 1990 e 4 publicações do período de 2002 a 2002 utilizaram tais proposições explicitamente como hipóteses de trabalho, ou como parte do raciocínio que levou à formulação de hipóteses originais. Como exemplo de proposições identificadas que poderiam ser utilizadas como hipóteses de trabalho, sendo consideradas, portanto, de potencial heurístico, são citadas abaixo 6 proposições formuladas por Thomas Schoener (1974), do total de 33 proposições destacadas daquela publicação. Estas proposições relacionam-se entre si, culminando especialmente nas duas últimas, em que se delinea uma situação produzida por interações competitivas:

Proposição 1: A competição deve resultar numa dispersão regular e generalizada de nichos, em oposição a um padrão randômico.

Proposição 2: Presas de tamanho grande devem ter menor disponibilidade que presas de tamanho intermediário ou pequeno.

Proposição 3: Por causa dessa baixa disponibilidade, espécies grandes têm que aumentar a variância de tamanhos de sua dieta.

Proposição 4: O aumento da variância deve aumentar também a sobreposição e a competição com vizinhos de nicho.

Proposição 5: Assim, espécies grandes, que dependem de itens alimentares grandes, devem espaçar-se mais amplamente que espécies pequenas na dimensão do nicho alimentar, para compensar a maior sobreposição das dietas.

Proposição 6: Num sistema competitivo, à medida que aumenta o número de espécies, aumenta também o número de dimensões a serem segregadas para manter a sobreposição mínima. Esta proposição seria falsa caso o sistema se organizasse ao acaso.

4 DISCUSSÃO

A análise relatada neste estudo seguiu um protocolo simples, em que foi estabelecido um universo de interesse (artigos publicados em cada década resgatados pela *Web of Science* e *Zoological Records*), a partir do qual se realizou um esforço relativamente grande de amostragem, completamente randomizada. A utilização de amostragem aleatória simples mostrou-se mais adequada que uma amostragem estratificada porque a definição dos grupos foi feita de acordo com um critério temporal, o que resultou em grupos não necessariamente homogêneos em relação às variáveis de interesse.

Uma amostragem estratificada exige que a variação interna nos estratos seja menor que a variação entre os estratos; no entanto, uma vez que o comportamento das variáveis de interesse não era conhecido *a priori*, a estratificação implicaria em um viés metodológico relacionado à estimativa da variabilidade dos dados coletados. A amostragem completamente aleatória, por outro lado, é em geral não-enviesada, o que contribui para sua representatividade. A amostragem utilizando-se décadas como grupos permitiu a detecção de tendência temporal dos dados, e especialmente da sucessão de teorias utilizadas como referenciais teóricos para o estudo das comunidades de lagartos. O agrupamento dos dados em qualquer unidade temporal é arbitrária; contudo, o uso de décadas como unidades temporais permitiu a avaliação de uma quantidade relativamente grande de artigos por unidade (40; 10) e de uma quantidade razoável de unidades (7 décadas) para se detectar um padrão temporal. Além disso, sendo a abordagem completamente qualitativa, o exame das 10 publicações de cada década, sorteadas aleatoriamente dentre os trabalhos do grupo amostral, exigiu uma análise detalhada e rigorosa das informações.

Esta análise complexa permitiu relacionar os mais diversos protocolos metodológicos e interpretações teóricas contidas nas publicações ao corpo de referenciais teóricos da ecologia em geral. Dado que as variáveis de interesse são qualitativas e resultam da interação de diversos elementos cognitivos, é evidente que será verificada grande variabilidade entre pesquisadores, trabalhos e períodos históricos, mas não é possível estimar erro de amostragem uma vez que não foi calculado nenhum parâmetro estatístico. Sendo assim, o exame detalhado de 10 trabalhos de cada década, totalizando 70 publicações amostradas aleatoriamente, representa o esforço máximo de análise da pesquisa, dados seus limites de recursos.

Os principais resultados que emergem deste estudo são os seguintes:

- (1) a baixa frequência de trabalhos que realizam testes de hipóteses de causalidade acerca dos mecanismos que estruturam as comunidades de lagartos;
- (2) a aparente ocorrência de pelo menos duas mudanças nos referenciais teóricos utilizados pelos autores ao longo das décadas; e
- (3) a utilização dos trabalhos mais citados de cada década predominantemente como referenciais empíricos, apesar da identificação de numerosas proposições que poderiam servir para a formulação de hipóteses a serem testadas.

Estudos empíricos que continham testes de processos se mostraram raros ao longo das sete décadas analisadas, sendo identificados apenas a partir da década de 1980, ao passo que aqueles destinados à detecção de padrões proliferaram. Embora estudos com o objetivo de descrever e analisar padrões naturais sejam importantes por fornecerem informações imprescindíveis sobre os sistemas estudados, o simples acúmulo destas não conduz necessariamente a um aumento do conteúdo empírico das teorias. Além disso, testes acerca das causas dos fenômenos têm o poder de discriminar entre explicações teoricamente adequadas ou não. Apenas este tipo de resultado poderá converter-se de fato em evidência convincente, apontando para a manutenção e o aperfeiçoamento do conteúdo teórico existente, ou para a necessidade de sua substituição. Robert K. Swihart, John B. Dunning e Peter M. Waser, realizando também uma avaliação de trabalhos publicados na revista *Ecology*, buscaram testar a hipótese de que os ecólogos se concentram predominantemente em perguntas do tipo “o quê?” (Swihart, Dunning & Waser, 2002), típicas de trabalhos descritivos, ao invés de se concentrarem em perguntas do tipo “como?” e “por quê?”, características de trabalhos que propõem explicações causais. Estes autores chegaram à conclusão de que o tipo de trabalho convencional publicado no periódico mais importante do campo de fato busca identificar, confirmar ou sintetizar o conhecimento a respeito de padrões, sugerindo apenas ocasionalmente um processo que poderia produzi-los.

A escassez de testes a respeito dos processos causais dos fenômenos observados parece não haver impedido, contudo, que os referenciais teóricos utilizados pelos ecólogos mudassem ao longo do tempo. A mudança de referenciais teóricos parece não ter sido ocasionada pela refutação dos referenciais superados, como resultado de sucessivos testes de sua adequação explicativa. Durante a leitura dos trabalhos do grupo amostral, tornou-se evidente a sucessão de dominância das idéias no pensamento da comunidade de ecólogos investigada. Podem ser reconhecidos três períodos

distintos: um marcado pelas interpretações e teorias biogeográficas; o seguinte, pelas interações ecológicas locais; e o último caracterizado por uma união dos dois pontos de vista anteriores.

Embora a análise conduzida neste estudo possa ser considerada limitada, dado o número de trabalhos e a delimitação da análise a publicações acerca de ecologia de comunidades de lagartos, transições similares nos referenciais teóricos utilizados pelos ecólogos já foram apontadas por outros autores, como, por exemplo, Sharon E. Kingsland (1985), Schoener (1982) e Robert E. Ricklefs (1987).

Kingsland desenha um cenário similar ao encontrado aqui, tanto em termos das idéias que figuram ao longo da história do desenvolvimento do conhecimento ecológico quanto em relação à cronologia de sua evolução. Esta autora narra o surgimento e a consolidação da abordagem enfatizando a determinação da estrutura das comunidades através de mecanismos locais, ou seja, interações ecológicas, desde a formação da ecologia como ciência, no final do século XIX, até 1970 (Kingsland, 1985). A partir das primeiras décadas de pesquisas ecológicas, marcadas pela ecologia clementiana, nas décadas de 1910 e 1920, passando pelo desenvolvimento dos modelos matemáticos de crescimento populacional e de competição e predação, na década de 20 a 50, a ecologia das interações locais finalmente se estabeleceu como um promissor programa de pesquisa nas décadas de 1960 e 1970. Antes disso, os padrões de diversidade eram explicados através de hipóteses históricas, de maneira então considerada satisfatória (McIntosh, 1985, *apud* Ricklefs, 1987).

Schoener (1982), por sua vez, estabelece uma cronologia semelhante à de Kingsland (1985), afirmando que a tradição de pesquisa que poderíamos chamar de “programa das interações”, que enfatizava a importância das interações ecológicas na estruturação das comunidades, se estruturou ao longo de aproximadamente 30 anos. Para estes dois autores, portanto, esse desenvolvimento pode ser reconhecido pelo menos desde a década de 50, enquanto que no presente estudo a predominância de explicações provenientes do programa de interações se deu apenas a partir da década de 1970. No entanto, esse desacoplamento é explicado porque os trabalhos de Kingsland (1985) e Schoener (1982) analisam publicações dos pesquisadores que lideravam a ecologia de comunidades, definindo os cursos da pesquisa dentro desse campo.

Neste trabalho, a realização de uma amostragem aleatória intencionalmente evitou concentrar a análise nos trabalhos e periódicos considerados mais importantes, de modo a investigar como o conhecimento ecológico

foi construído na comunidade de pesquisa como um todo. Sendo assim, parece natural que os primeiros desenvolvimentos de um programa de pesquisa apareçam inicialmente na produção dos pesquisadores que o lideraram, e que depois se espalhem para a comunidade científica como um todo, à medida que essa comunidade adere ao programa. Finalmente, a partir da década de 1980, alguns autores começam a defender a necessidade da ampliação da escala de compreensão dos fenômenos ecológicos, e a reconsideração da influência de fatores históricos e biogeográficos na composição das comunidades (por exemplo, Ricklefs, 1987; Hubbell, 1997). A necessidade de ampliar a escala dos estudos ecológicos é defendida, por exemplo, no artigo de John H. Lawton, em que o autor argumenta a favor das vantagens de abordagens chamadas “macroecológicas”, resultantes de uma “combinação de ecologia, biogeografia e evolução” (Lawton, 1999, p. 183) em relação a abordagens de comunidades locais. Dessa forma, verifica-se mais uma vez a concordância entre os resultados alcançados neste estudo e as transições nos referenciais teóricos discutidas na literatura.

Apesar dos poucos testes de hipóteses de causalidade, a abundância de proposições que pudessem ser utilizadas na formulação de hipóteses identificadas nos trabalhos do grupo amostral, como evidenciado pela Tabela 3, sugere a existência de uma abundante reflexão teórica na ecologia de comunidades de lagartos. Estas proposições poderiam ser consideradas como um elemento heurístico positivo, pois consistiam em indicações, por parte dos proponentes, de vias de pesquisa capazes de adicionar conhecimentos acerca de aspectos pontuais das teorias sobre os processos que estruturam as comunidades. No entanto, os produtos dessa reflexão teórica apenas em poucos casos se viram refletidos nos trabalhos empíricos. Caso as citações dos trabalhos do grupo de referência indicassem a utilização de evidências e idéias já publicadas na construção de hipóteses, cujo teste contribuisse para o aperfeiçoamento de conceitos, teorias e modelos, poderia ser estabelecida a série de proposições e testes que geralmente caracteriza da prática científica. Contudo, poucos trabalhos se referiram aos artigos do grupo de referência dessa maneira.

Em todas as décadas, a maioria utilizou o grupo de referência como exemplos de trabalhos com abordagem, grupo taxonômico ou localidade semelhante. Da mesma maneira, a falta de diálogo entre as produções empíricas e teóricas na ecologia como um todo já foram assinaladas por diversos autores (por exemplo, Weiner, 1995; Smith, 2000; Krebs, 2006, citado acima). Para Jacob Weiner, por exemplo, “parece haver uma força centrí-

fuga na ecologia que mantém a teoria e os dados afastados entre si e do que estamos tentando entender” (*ibidem*, 1995, p. 156). A mesma preocupação é expressa de outra forma por Jim Smith: “apesar da literatura científica estar repleta de modelos matemáticos, estes são raramente aplicados e testados por meio de previsões formais acerca do comportamento real dos sistemas ambientais” (Smith, 2000, p. 293).

A utilização de hipóteses de trabalho na ecologia foi também avaliada por Paul Grogan, que examinou trabalhos publicados nos volumes de 2004 de diversos periódicos da área, entre eles *Ecology*, *Oikos* e *Journal of Ecology*, detectando a utilização de hipóteses explicitamente especificadas em cerca de 44% dos trabalhos analisados naquele ano (Grogan, 2005). Para este autor, contudo, a ausência de hipóteses explícitas pode indicar não uma disjunção entre a produção teórica e a empírica na ecologia, mas simplesmente a possibilidade de que os pesquisadores não considerem útil ou necessária a formalização das hipóteses. Uma outra possibilidade é que os pesquisadores adotem posturas indutivistas ingênuas (ver Chalmers, 1993), considerando que precisam conduzir as pesquisas sem a interferência de idéias pré-concebidas e por isso descartando o uso de hipóteses.

Qualquer que seja o caso, trata-se de uma constatação também alarmante já que, como afirmado pelo próprio autor, a proposição de hipóteses explícitas permite a avaliação da lógica e dos pressupostos do raciocínio envolvido na sua formulação, bem como a identificação dos recursos, tratamentos estatísticos e métodos necessários ao seu teste. Sendo assim, pode-se considerar que a explicitação de hipóteses tem o potencial de elevar o rigor teórico e metodológico da pesquisa empírica; resta saber quais as conseqüências, para a ecologia, da baixa freqüência dessa explicitação. Neste trabalho, não foi possível avaliar a utilização de hipóteses ou outros construtos de potencial heurístico na produção teórica do campo, embora seja presumido que aqui também seja imprescindível a explicitação clara dos elementos que compõem a argumentação.

O conjunto desses resultados sugere que, pelo menos no campo da ecologia de comunidades de lagartos, há um hiato entre as produções empíricas e teóricas, refletido tanto na escassez de trabalhos empíricos com testes de hipóteses, quanto na utilização dos trabalhos mais citados principalmente na discussão de padrões empíricos. Como conseqüência, é possível que o desenvolvimento do conhecimento na ecologia de comunidades de lagartos tenha se dado sem que as teorias ecológicas fossem exploradas de modo aprofundado. O cenário que se insinua é o de uma superação de programas de pesquisa devido à degeneração empírica, ocasionada pelo

pouco sucesso na produção de evidências empíricas poderosas, que representassem instâncias de confirmação dos referenciais teóricos ou que fossem capazes de sugerir modificações que aumentassem o conteúdo empírico desses referenciais. A investigação dessas sugestões requer, no entanto, esforços de pesquisa histórica e epistemológica com esse objetivo específico, inclusive ampliando o objeto de estudo para abarcar todo o campo da ecologia de comunidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERRYMAN, Alan A. On principles, laws and theory in population ecology. *Oikos* **103** (3): 695-701, 2003.
- CARTWRIGHT, Nancy. *How the laws of physics lie*. Clarendon: Oxford, 1983.
- CHALMERS, Alan F. *O que é ciência afinal?* Tradução por Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CITTADINO, Eugene. Ecology and the professionalization of botany in America, 1890-1905. *Studies in History of Biology* **4**: 171-198, 1980.
- COLYVAN, Mark; GINZBURG, Lev R. Laws of nature and laws of ecology. *Oikos* **101** (3): 649-653, 2003.
- COWLES, Henry C. Present problems in plant ecology: The trend of ecological philosophy. *The American Naturalist* **43** (510): 356-368, 1909.
- FORD, E. David; ISHII, Hiroaki. The method of synthesis in ecology. *Oikos* **93**: 153-160, 2001.
- GHILAROV, Alexei M. The changing place of theory in 20th century ecology: from universal laws to array of methodologies. *Oikos* **92** (2): 357-362, 2001.
- GROGAN, Paul. The use of hypotheses in ecology. *British Ecological Society Bulletin* **36** (1): 43-47, 2005.
- HAGEN, Joel B. Research perspectives and the anomalous status of ecology. *Biology and Philosophy* **4**: 433-455, 1989.
- HANSSON, Lars-Anders. Why ecology fails at application: should we consider variability more than regularity? *Oikos* **100**: 624-627, 2003.

- HUBBELL, Stephen P. A unified theory of biogeography and relative species abundance and its application to tropical rain forests and coral reefs. *Coral Reefs* **16** (suppl.): S9-S21, 1997.
- HUEY, Raymond B.; PIANKA, Eric R.; SCHOENER, Thomas W. *Lizard ecology: studies of a model organism*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.
- KINGSLAND, Sharon E. *Modeling Nature: Episodes in the history of population ecology*. Chicago: University of Chicago Press, 1985.
- KREBS, Charles J. Ecology after 100 years: progress and pseudo-progress. *New Zealand Journal of Ecology* **30** (1): 3-11, 2006.
- LAWTON, John H. Are there general laws in ecology? *Oikos* **84**: 177-192, 1999.
- O'CONNOR, Raymond J. Why ecology lags behind biology. *The Scientist* **14** (20): 35, 2000.
- PETERS, Robert H. *A critique for ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- PIGLIUCCI, Massimo. Are ecology and evolutionary biology “soft” sciences? *Annales Zoologici Fennici* **39**: 87-98, 2002.
- RICKLEFS, Robert E. Community diversity: relative roles of local and regional processes. *Science* **235**: 167-171, 1987.
- SCHOENER, Thomas W. Resource partitioning in ecological communities. *Science* **185**: 27-38, 1974.
- . The controversy over interspecific competition. *American Scientist* **70**: 586-595, 1982.
- SHRADER-FRECHETTE, Kristin S.; McCOY, Earl D. Applied ecology and the logic of case studies. *Philosophy of Science* **61**: 228-249, 1994.
- SIMBERLOFF, Daniel. Community ecology: is it time to move on? *The American Naturalist* **163** (6): 787-799, 2004.
- SMITH, Jim. Nice work – but is it science? Untestable ecological theory won't help solve environmental problems. *Nature* **408**: 293, 2000.
- SWIHART, Robert K.; DUNNING, John B.; WASER, Peter M. Gray matters in ecology: dynamics of pattern, process, and science.

tific progress. *Bulletin of the Ecological Society of America* **83**: 149-155, 2002.

TURCHIN, Peter. Does population ecology have general laws? *Oikos* **94**: 17-26, 2001.

WEINER, Jacob. On the practice of ecology. *Journal of Ecology* **83**: 153-158, 1995.