



## O conceito de função na ecologia contemporânea

*The concept of function in contemporary ecology*

**Nei Freitas Nunes-Neto<sup>[a]</sup>, Ricardo Santos do Carmo<sup>[b]</sup>, Charbel Niño El-Hani<sup>[c]</sup>**

<sup>[a]</sup> Doutor em Ecologia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), professor do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal da Bahia (UFBA), pesquisador do Laboratório de Ensino, Filosofia e História da Biologia (LEFHBio), Salvador, BA - Brasil, e-mail: nunesneto@gmail.com

<sup>[b]</sup> Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), professor do Departamento de Biociências da Universidade Federal de Sergipe (UFS), pesquisador do Laboratório de Ensino, Filosofia e História da Biologia (LEFHBio), Salvador, BA - Brasil, e-mail: rscarmo@ufba.br

<sup>[c]</sup> Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo (USP), professor do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal da Bahia (UFBA), coordenador do Laboratório de Ensino, Filosofia e História da Biologia (LEFHBio), Salvador, BA - Brasil, e-mail: charbel.elhani@pq.cnpq.br

---

### Resumo

O discurso funcional é tanto ubíquo quanto central na ecologia contemporânea, principalmente no contexto das pesquisas sobre biodiversidade e funcionamento ecossistêmico, que emergiram nos anos 1990 em meio à crise da biodiversidade. Entretanto, a despeito dessa forte presença na ecologia, o discurso funcional ainda não tem sido investigado de maneira adequada nesta ciência (ou em sua filosofia), na medida em que muitos problemas fundamentais a respeito do tema ainda

permanecem sem respostas claras. Por um lado, os ecólogos que lançam mão de explicações funcionais parecem simplesmente tomar como dado ou autoevidente o conceito de função. Contudo, ele nada tem de trivial, tendo em vista os problemas filosóficos suscitados pela linguagem funcional ou teleológica nas explicações biológicas, pelo menos desde Aristóteles. Por outro lado, poucos filósofos da ciência têm se mostrado especialmente interessados nos problemas epistemológicos associados ao discurso funcional em ecologia. Tomando essa situação como ponto de partida, nossa abordagem neste artigo se dá em três etapas. Inicialmente, procedemos a uma análise conceitual de função na ecologia atual, com ênfase nos estudos que relacionam a biodiversidade às propriedades ecossistêmicas. Esboçamos três significados principais do conceito, mostrando os pressupostos e as implicações associados a cada um deles. Num segundo momento, procedemos a uma análise das razões que levam a suspeitas ou objeções contra a linguagem funcional na ecologia. Por fim, num terceiro momento, lançamos algumas sugestões sobre como fundamentar ou dar mais clareza ao discurso funcional na ecologia contemporânea.

**Palavras-chave:** Função. Teleologia. Ecologia. Biodiversidade. Ecossistema.

### **Abstract**

*The functional discourse is both ubiquitous and central in contemporary ecology, mainly in the context of the researches about biodiversity and ecosystem functioning, amidst the biodiversity crisis. However, in spite of this strong presence in ecology, the functional discourse has not been adequately investigated in ecology (or in its philosophy), as many fundamental problems about the theme remain without clear answers. On the one hand, ecologists who use functional explanations seem simply to take the concept of function for granted or as being self-evident. However, this concept is far from trivial, given the philosophical problems raised by the functional or teleological language in biological explanations at least since Aristotle. On the other hand, a few philosophers of science has been showing a special interest in the epistemological problems associated to functional discourse in ecology. Taking this fact as a starting point, our approach in this paper will be developed in three main steps. First, we perform a conceptual analysis of function in contemporary ecology, emphasizing the studies that relate biodiversity to ecosystemic properties. We sketch three main meanings of the concept, showing the presuppositions and implications in each one of them. In a second moment, we proceed to an analysis of the suspicions or objections raised against functional language in*

---

*ecology. Finally, in a third moment, we suggest some ways to ground or give more clarity to functional discourse in contemporary ecology.*

**Keywords:** *Function. Teleology. Ecology. Biodiversity. Ecosystem.*

---

## Introdução

Na ecologia, há uma grande quantidade de problemas filosóficos, alguns dos quais apenas recentemente têm sido discutidos na filosofia da biologia. Até mesmo a própria definição do domínio ou dos objetivos gerais da ecologia aparece como problema a ser enfrentado pela nascente filosofia da ecologia (COLYVAN et al., 2009; PICKETT; KOLASA; JONES, 2007; SARKAR, 2005; SCHEINER; WILLIG, 2011). Entre os problemas fundamentais nesse campo filosófico, merecem atenção aqueles vinculados à linguagem funcional, presente em toda a ecologia (ALMEIDA, 2004; CAPONI, 2010) desde suas origens no final do século XIX (ACOT, 1994; McINTOSH, 1985, p. 69). Nas últimas décadas, contudo, o uso de uma linguagem funcional tem se tornado cada vez mais central nesta ciência, em particular no contexto do Programa de Pesquisa em Biodiversidade e Funcionamento de Ecossistemas (doravante, BFE). Neste âmbito, *função* é um conceito central, ubíquo e polissêmico nas explicações fornecidas pelos cientistas, como discutiremos em mais detalhes ao longo do artigo.

Apesar de sua importância, pouca atenção tem sido dedicada ao conceito de função na ecologia, em particular, desde uma perspectiva epistemológica. Por parte da comunidade científica, a maioria dos cientistas que trabalha no BFE parece simplesmente tomar o conceito de função como autoevidente ou dado<sup>1</sup>, raramente definindo-o de maneira clara ou abordando dificuldades filosóficas associadas ao seu uso<sup>2</sup>. Por parte da comunidade filosófica, surpreendentemente, filósofos

---

<sup>1</sup> Ver, e.g., DÍAZ; CABIDO, 2001; NADROWSKI; WIRTH; SCHERER-LORENZEN, 2010; PETCHEY; GASTON, 2002, 2006.

<sup>2</sup> O ecólogo Naeem (1998), por exemplo, apontou os limites do uso pouco informado do conceito de função nos trabalhos do BFE, mas,

da biologia não parecem muito interessados no assunto, em comparação à atenção dada à linguagem funcional na biologia evolutiva ou na fisiologia, por exemplo. De fato, poucos trabalhos de caráter filosófico discutem o uso da linguagem funcional na ecologia (ALMEIDA, 2004; CAPONI, 2010; JAX, 2005; McLAURIN; STERELNY, 2008; NUNES-NETO; EL-HANI, 2006, 2011). Contudo, na medida em que a linguagem funcional se mostra tão importante na pesquisa ecológica contemporânea, **é necessário e importante construir um entendimento bem informado** acerca dos seus diferentes significados e usos.

Mas, antes de continuarmos, precisamos dizer algumas palavras acerca da relevância, teórica e prática, de realizar um trabalho epistemológico sobre o conceito de função na ecologia. Para isso, focalizemos nos usos sociocientíficos do termo “função”, presentes nas noções de *serviços ecossistêmicos* ou *funções da biodiversidade*. Essas noções são frequentemente vinculadas ao valor de processos ecossistêmicos para atividades humanas, por exemplo, a agricultura, ou para a manutenção de propriedades ecossistêmicas. Elas implicam, assim, uma perspectiva conservacionista teleológica, no sentido de que se comprometem com finalidades ou funções da biodiversidade num contexto natural ou social, e antropocêntrica, por focarem no que é bom em termos ecossistêmicos e/ou no que é bom para os seres humanos, entendidos como beneficiários diretos de serviços prestados pelo ecossistema ou pela biodiversidade<sup>3</sup>. Obviamente há, ainda, a importação de um conceito do âmbito social, *serviço*, para o âmbito dos processos ecossistêmicos, o que em si mesmo merece investigações apropriadas e independentes, que não serão objetos do presente artigo. Para fins do nosso argumento, é suficiente notarmos que há importantes consequências para a tomada de decisão sobre questões sociais e ambientais vinculadas ao uso desse discurso funcional<sup>4</sup>. Por exemplo, é a partir da assunção de que a biodiversidade produz uma série de serviços ecossistêmicos para as sociedades (e.g. formação dos solos, polinização, sequestro de carbono) que governos têm tentado diferentes modos de classificá-los

---

embora importante, isso não é suficiente. Na prática, este autor não realizou uma análise dos problemas filosóficos envolvidos e tem se limitado apenas a dizer que *design* ou propósito não está presente nos usos de *função* no BFE.

<sup>3</sup> E.g. FROMM, 2000; TILMAN, 2000.

<sup>4</sup> E.g. MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005.

para a devida valoração econômica. Interessantes exemplos são as *Diretivas Habitats*<sup>5</sup> e *Marco da Água*<sup>6</sup> da União Europeia, cujo esquema de classificação para as políticas públicas se baseia na abordagem de localização de padrões espaciais de biodiversidade. Trata-se de uma solução política que separa áreas produtoras de serviços (*service production areas*) e áreas de fruição de serviços (*service benefit areas*), com a definição de qualificadores de escala, tais como *omnidirecional*, para o serviço de polinização, ou *costeira*, para a proteção de zonas úmidas costeiras destinadas aos serviços de produção de alimentos e lazer (FISHER; TURNER; MORLING, 2009).

Tais usos do discurso funcional colocam em evidência a necessidade de oferecer uma análise filosófica adequada a seu respeito, bem como da perspectiva antropocêntrica associada a esse discurso no BFE. Obviamente, tais empreitadas estão longe de serem triviais, visto que envolvem problemas (relativos à função e ao antropocentrismo) que têm sido muito debatidos na filosofia pelo menos desde Aristóteles. Neste artigo, nosso foco deve limitar-se a um desses problemas, recaindo sobre a questão da linguagem funcional<sup>7</sup>.

Notemos ainda que a falta de clareza sobre conceitos centrais na ecologia não está restrita ao conceito de função, valendo também para outros, como o de *biodiversidade*<sup>8</sup> e o de *ecossistema*<sup>9</sup>, ambos com implicações tanto teóricas quanto práticas. A necessidade de clareza conceitual é reconhecida pela própria comunidade de ecólogos, que tem recorrido às contribuições de trabalhos filosóficos com este propósito<sup>10</sup>. Como Naeem (2002, p. 1539), um dos principais proponentes do BFE, reconheceu, “a história e a filosofia da ecologia são tão importantes para [...] o desenvolvimento e progresso da [ecologia] quanto avanços em história natural,

<sup>5</sup> Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0043:20070101:PT:PDF.>>.

<sup>6</sup> Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2000L0060:20011216:EN:PDF.>>.

<sup>7</sup> Convém dizer que não é óbvio, como poderia parecer para alguns, que uma perspectiva antropocêntrica no âmbito da conservação seja equivocada, sequer merecendo maiores análises filosóficas. Podemos considerar, por exemplo, a defesa vigorosa feita por Bryan Norton (2003) de um antropocentrismo fraco na ética ambiental. Isso mostra a importância de uma análise não somente epistemológica, mas também axiológica do discurso funcional e antropocêntrico do BFE, como apontaremos nas considerações finais do artigo.

<sup>8</sup> E.g. OKSANEN; PIETARINEN, 2004; SARKAR, 2007.

<sup>9</sup> E.g. JAX, 2007.

<sup>10</sup> E.g. COLYVAN et al., 2009; PICKETT; KOLASA; JONES, 2007; SCHEINER; WILLIG, 2011.

tecnologia, matemática, modelagem, experimentos e estatística”. Não obstante essa atenção dos ecólogos a estudos filosóficos, a mesma atenção não tem acompanhado o uso do conceito de função no BFE.

Portanto, tomando como ponto de partida a discussão anterior, propomos neste artigo uma análise epistemológica do conceito de função no BFE, em três passos. Primeiro, realizamos uma análise conceitual de função no BFE, distinguindo três significados centrais associados a ele, bem como os discutindo criticamente. Num segundo momento, avaliamos as suspeitas ou objeções contra o uso de uma linguagem funcional na ecologia. Por fim, num terceiro momento, propomos, brevemente, alguns caminhos para a construção de uma abordagem consistente de *função* na ecologia. Essas sugestões se afiguram como possibilidades para a construção de uma teoria da função em filosofia da ecologia, o que permanece no horizonte deste campo filosófico para os próximos anos.

### **A ubiquidade e a polissemia de função na ecologia contemporânea**

De modo geral, as explicações funcionais (*grosso modo*, explicações que apelam para alguma noção de função biológica) são muito comuns na ecologia, como podemos notar a partir de uma análise dos trabalhos de influentes cientistas associados a diferentes abordagens dentro desta ciência<sup>11</sup>.

No início do século XX, Clements em 1916 já fazia uso de uma linguagem funcional ao tratar a formação vegetal como um organismo complexo, o que representaria “a única visão adequada e completa da vegetação” (CLEMENTS, 1916, p. 3). Nesse autor, há uma forte analogia entre a sucessão ecológica e o processo de desenvolvimento embriológico do organismo, o que, parece ter gerado resistência por parte dos ecólogos à linguagem funcional, como discutiremos mais à frente:

---

<sup>11</sup> E.g. Frederic Clements (2000), Charles Elton (1927), Eugene Odum (1988), James Lovelock (1990), Shahid Naeem (1998, 2002), entre outros.

Como um organismo, a formação surge, cresce, amadurece e morre. Sua resposta ao *habitat* é apresentada nos processos ou nas funções e nas estruturas que são o registro, bem como o resultado destas funções. Além disso, cada formação clímax é capaz de reproduzir a si mesma, repetindo com essencial fidelidade os estágios de seu desenvolvimento (CLEMENTS, 1916, p. 33).

Elton (1927) é bem conhecido pela sua noção de nicho funcional:

É, portanto, conveniente ter algum termo para descrever o *status* de um animal em sua comunidade, para indicar o que ele está fazendo e não apenas qual a sua aparência, e o termo usado é 'nicho' (ELTON, 1927, p. 63).

Nesse ecólogo, podemos notar, ainda, uma referência à ideia de nicho como profissão, que tanto representa uma antropomorfização como busca exprimir a ideia de um papel funcional do animal como parte de um sistema maior:

Quando um ecólogo diz 'ali vai um texugo', ele deve incluir em seus pensamentos alguma ideia definida do lugar do animal na comunidade à qual ele pertence, exatamente como se ele tivesse dito, 'ali vai o vigário' (ELTON, 1927, p. 64).

Mais contemporaneamente, James Lovelock (2000, p. 84), no contexto da teoria Gaia, defendeu o uso de um discurso funcional, porém agora num nível de organização hierárquico muito mais elevado (visto que a teoria Gaia possui como seu objeto de estudo os ciclos de retroalimentação entre seres vivos e ambiente físico-químico num nível global):

"Qual a função de cada gás no ar?" Fora do contexto de Gaia, essa pergunta seria considerada redundante e ilógica, mas dentro deste contexto não será mais ilógica do que a pergunta: "Qual é a função da hemoglobina ou da insulina no sangue?" Temos postulado um sistema cibernético; portanto, é razoável indagar a função das partes componentes (LOVELOCK, 2000, p. 84).

Para Caponi (2010, p. 350), o principal objetivo cognitivo da ecologia é explicar como certos processos e ordenamentos da biosfera

se mantêm, se repetem, não obstante sua relativa improbabilidade<sup>12</sup>. A caracterização fornecida por Caponi — apesar de não ser usual — tem o mérito de colocar em relevo a importância da análise funcional para a explicação ecológica. Os ecólogos, de acordo com ele, costumam realizar análises funcionais dos sistemas ecológicos, de modo a mostrar como certa “reiteração do improvável” é mantida nos sistemas ecológicos, mediante a análise das capacidades sistêmicas por eles exibidas em termos de contribuições causais das capacidades das partes componentes. Ou seja, desta perspectiva, a explicação consiste, em termos gerais, na atribuição de *função* a cada parte do sistema visando o entendimento da manutenção de determinados processos e ordenamentos no sistema como um todo. Este é basicamente o projeto de explicação funcional desenvolvido pelo filósofo Robert Cummins (1975).

Na ecologia das últimas três décadas, *função* surgiu como um complemento necessário do conceito de biodiversidade. Por isso, não podemos perder de vista esse último conceito numa análise de função na ecologia atual. Tradicionalmente, a biodiversidade é definida na ecologia como diversidade de espécies<sup>13</sup> (MAGURRAN, 2004); mais precisamente, como riqueza e abundância de espécies<sup>14</sup> (HUBBEL, 2001), ou somente como riqueza de espécies<sup>15</sup>. No entanto, essas definições geram algumas ambiguidades e imprecisões. Por exemplo, é possível atribuir o mesmo valor de biodiversidade (concebida como riqueza ou riqueza e abundância de espécies), pela aplicação de um

<sup>12</sup> Esta não é, sem dúvida, uma formulação usual do objeto da ecologia. Uma caracterização que nos parece mais usual — ainda que não mais apropriada, visto que não contempla a ecologia de ecossistemas, mas apenas a ecologia de comunidades — pode ser encontrada, por exemplo, em Scheiner e Willig (2008, p. 1): “o domínio da ecologia são os padrões espaciais e temporais de distribuição e abundância de organismos, incluindo causas e consequências”. Tal definição não é apropriada, pelo menos no âmbito de nossa análise, por reduzir *ecologia* a *ecologia de comunidades*. O que há da abordagem ecossistêmica nesta definição de Scheiner e Willig (2008) está meramente implícito em “causas e consequências”, o que é insuficiente para dar conta da atual integração proposta pelo BFE, como veremos adiante.

<sup>13</sup> Claro, há problemas epistemológicos envolvidos nos usos do termo “espécie” e todos os significados a ele vinculados. Não podemos, entretanto, abordar este problema aqui, porque nos distanciaria dos nossos objetivos neste trabalho. Para mais detalhes sobre o conceito de espécie no âmbito de uma discussão sobre biodiversidade, ver MCLAURIN; STERELNY, 2008.

<sup>14</sup> Riqueza de espécies é simplesmente o número de espécies presentes numa certa área. A abundância se refere ao número de indivíduos estimados que compõem a população da espécie na referida área. Para mais detalhes, ver BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2007.

<sup>15</sup> E.g. MCARTHUR; WILSON, 1963.

índice como o de Shannon<sup>16</sup> (SHANNON; WEAVER, 1949), para comunidades ecológicas muito diferentes, formadas por espécies diferentes. Trata-se simplesmente de contar as espécies e suas abundâncias relativas. Contudo, dessa maneira, obtém-se não mais que uma imagem estática da comunidade ecológica em questão. Essa tradicional definição de *biodiversidade* negligencia, por exemplo, as atividades ou funções realizadas pelas espécies no ecossistema do qual elas são parte e, conseqüentemente, também a contribuição delas para determinadas propriedades dos ecossistemas, como estabilidade, resiliência, decomposição ou produção global de matéria orgânica.

Por volta do início da década de 1990, as limitações dessa abordagem estática da biodiversidade trouxeram a necessidade urgente de construir um tratamento mais dinâmico e sistêmico dos sistemas ecológicos. Só desse modo se poderia ter na devida conta sua complexidade, como um requisito, entre outras coisas, para estratégias de conservação mais consistentes. O BFE emergiu como uma resposta a esse desafio (ALMEIDA, 2004; LANARI; COUTINHO, 2010), colocando mais ênfase na natureza dinâmica da biodiversidade.

Entre os antecedentes históricos do BFE, estão os desenvolvimentos prévios no século XX acerca da relação entre diversidade e estabilidade. Charles Elton, por exemplo, propôs que a estabilidade (definida como a capacidade de recuperação do sistema após perturbações) e a produção primária dos ecossistemas (isto é, a produção de biomassa por meio da fotossíntese) aumentam linearmente com a diversidade de espécies, de fato, uma ideia muito intuitiva<sup>17</sup>. Essa proposta de Elton (1958) foi obscurecida, entretanto, pelos resultados contrários obtidos

---

<sup>16</sup> O índice de Shannon foi aplicado para medir diversidade na ecologia pela primeira vez em 1958, pelo ecólogo espanhol Ramon Margalef (SARKAR, 2007, p. 389). Desde então, tornou-se comum na ecologia como o índice de biodiversidade mais usado. De qualquer maneira, note-se que o índice de Shannon não mede exatamente a diversidade, mas a improbabilidade de uma sequência de sinais num canal de comunicação (SHANNON; WEAVER, 1949; ver também GLEICK, 2011). No contexto da ecologia, ele é usado como um substituto (*surrogate*) para diversidade, não como uma medida direta dela (JOST, 2006). Neste artigo, não temos como avançar na discussão dos índices matemáticos de biodiversidade e todas as questões epistemológicas e metodológicas implicadas neles. Por isso, devemos manter nosso foco na linguagem funcional relacionada ao conceito de biodiversidade na ecologia contemporânea, deixando a questão dos índices de diversidade para trabalhos futuros. Para mais detalhes a esse respeito, ver RICOTTA (2005) e JOST (2006).

<sup>17</sup> Ver ALMEIDA, 2004.

por Robert May (1973), que mostrou que sistemas mais diversos são menos estáveis. Isso levou a um eclipse dos estudos centrados na relação entre diversidade biológica e estabilidade ou outras propriedades ecossistêmicas. Esse eclipse durou até o início da década de 1990, quando investigações que abordam essa relação reapareceram como uma forte tendência na agenda ecológica, notadamente sob o rótulo de “Biodiversidade e Funcionamento de Ecossistemas” (BFE).

O BFE pode ser caracterizado, em linhas gerais, por meio dos seguintes aspectos:

Primeiro, tem a tendência de *conceber a biodiversidade desde uma perspectiva mais ampla*, não apenas como riqueza e/ou abundância de espécies, mas incluindo outros itens além das espécies como constituintes da diversidade. Como aponta Naeem (2002, p. 1539, grifo nosso), “os ecólogos agora se concentram menos sobre a diversidade como conceitualizada através da taxonomia ou de noções de equilíbrio da diversidade da comunidade [isto é, número de espécies] *em favor de um conceito mais inclusivo de ‘biodiversidade’*”. Especial atenção tem sido dada à diversidade de traços ou atributos funcionais dos organismos.

Segundo, o BFE transforma o papel atribuído à biodiversidade em sistemas ecológicos, entendendo-a como *uma importante causa dos processos ecossistêmicos*<sup>18</sup>, em vez de apenas como um *efeito* dos processos bióticos e abióticos, como na Tese Central da Ecologia de Comunidades (TCEC), conforme apresentada por Naeem (2002, p. 1538). De modo breve, a TCEC propõe que o número de espécies é uma função matemática de um conjunto de variáveis, incluindo variáveis físico-químicas. Isso significa que a biodiversidade seria somente um efeito dos fatores ambientais bióticos e abióticos. A tese central do BFE, por sua vez, propõe o contrário: algumas propriedades dos ecossistemas são uma função matemática de um conjunto de variáveis, incluindo fatores abióticos e bióticos, e a biodiversidade está entre os fatores bióticos,

<sup>18</sup> Este é um movimento similar ao proporcionado pela teoria Gaia, que propõe que a biota tem um papel fundamental na construção e regulação das propriedades físico-químicas da Terra (LOVELOCK, 2000), e também pela ideia de construção de nicho, cada vez mais relevante em biologia evolutiva (ODLING-SMEE, LALAND; FELDMAN, 2003). Apesar das diferenças entre tais perspectivas, quanto a escalas espaciais ou temporais, é notável a convergência que há entre elas no sentido de reconhecer um papel ativo para a vida na Terra na construção ou remodelação do ambiente físico-químico.

como uma variável independente. Em termos epistemológicos, isso significa que enquanto a biodiversidade é assumida como *explanandum* na ecologia de comunidades tradicional, o BFE a concebe como *explanans* nas explicações, cujo objetivo central é fornecer uma compreensão das propriedades ecossistêmicas, que são, por seu turno, o *explanandum*. É nesse sentido que o próprio *status* epistemológico da biodiversidade muda com o BFE: de um mero efeito passa a ser uma relevante causa.

Terceiro, o BFE é um esforço para integrar ecologia de comunidades e ecologia de ecossistemas, duas escolas de pensamento que estiveram separadas dentro da ecologia durante muito tempo<sup>19</sup>. Ambas lidam com questões que são centrais para o entendimento dos sistemas ecológicos, mas que foram abordadas por teorias e modelos isolados até recentemente: de um lado, o estudo das interações biológicas, da diversidade (concebida como riqueza e abundância de espécies) e distribuição de organismos, na ecologia de comunidades; de outro, os fluxos de energia e os ciclos de matéria nos sistemas ecológicos, na ecologia de ecossistemas, em que os organismos são tipicamente representados como caixas-pretas na modelagem (NAEEM, 2002, p. 1547).

Quarto, há uma forte tendência de realização de estudos experimentais (não apenas descritivos) no BFE, inclusive, buscando-se relacionar estudos de campo e de laboratório para construir modelos preditivos. É comum a realização de experimentos em grandes áreas abertas ou mesmo dentro de grandes instalações. Por exemplo, os experimentos de Cedar Creek, nos Estados Unidos (TILMAN, 2001; TILMAN et al., 2001), BIODDEPTH, por vários países da Europa (PFISTERER et al., 2004), ou as instalações do Ecotron (MILCU et al., 2012), na Inglaterra, tornam possível dizer que os estudos realizados no BFE estão transformando a ecologia numa *Big Science*<sup>20</sup>. Além disso, o abismo entre a modelagem teórica e os estudos empíricos que marcou a ecologia durante longo tempo (PETERS, 1991; CRUZ; ROCHA; EL-HANI, 2007) se apresenta de forma significativamente reduzida no âmbito do BFE.

<sup>19</sup> Ver PICKETT; KOLASA; JONES, 2007.

<sup>20</sup> Por este termo, entendemos investigações com grande suporte financeiro e alta tecnologia disponível, de modo semelhante ao que o Projeto Manhattan significou para a Física no século XX ou o Projeto Genoma para a Biologia Molecular na virada do século XX para o século XXI.

No que se refere a *função*, esta é uma noção ubíqua e também associada a uma diversidade de significados nesse programa de pesquisa. Um exemplo de falta de clareza no uso de *função* no BFE pode ser visto no seguinte trecho:

[...] confrontadas com uma acelerada perda de espécies, as futuras florestas serão capazes de manter suas funções e seus serviços? Estamos enfrentando o risco de nos aproximarmos de níveis inferiores de funções e serviços das florestas num mundo com menos espécies de árvores [...]? Esta questão está no âmago da pesquisa sobre a biodiversidade funcional, o estudo dos efeitos da biodiversidade sobre o funcionamento ecossistêmico (NADROWSKI; WIRTH; SCHERER-LORENZEN, 2010, p. 75).

As funções e os serviços mencionados por estes autores possuem, como eles mesmos notam, uma grande importância prática em termos ambientais. Nessa citação, estão presentes os três significados de “função” no BFE, que explicitaremos adiante. Contudo, não fica claro, no trecho acima, o que é *função* (o que ocorre em todo o artigo, que menciona *função* ou algum derivado, como *funcional* ou *funcionamento*, 59 vezes!). No final da citação, de forma implícita, define-se a “pesquisa sobre a biodiversidade funcional” como “o estudo dos efeitos da biodiversidade sobre o funcionamento ecossistêmico”. Se o “funcionamento ecossistêmico” é para ser compreendido em termos de uma explicação que faça referência à “biodiversidade funcional” ou mesmo que a explicação tenha o sentido inverso, ela será sempre circular: explica-se o funcionamento apelando-se ao funcional ou vice-versa. A questão “o que é função?” permanece clamando por uma resposta, por uma definição clara<sup>21</sup>. A breve análise de trechos da literatura ecológica contemporânea, como esse que citamos acima, deixa marcada a necessidade de uma análise epistemológica de função em ecologia.

Há duas dimensões importantes no trabalho para responder à pergunta “o que é função?” no contexto ecológico: uma dimensão diz

<sup>21</sup> Uma circularidade similar nas definições de diversidade funcional passa despercebida na análise de Petchey e Gaston (2006, p. 741-742).

respeito à realização, a partir de uma análise da literatura ecológica (portanto, de produtos da prática científica real), de uma crítica dos significados atribuídos à “função” pelos ecólogos. Isso permitirá obter uma maior clareza sobre o problema da linguagem funcional na ecologia. A outra dimensão se refere ao uso das abordagens de *função* existentes na filosofia da biologia contemporânea como marcos de referência para a derivação de um conceito abstrato de função aplicável à ecologia. As duas dimensões — a primeira, de uma crítica dirigida aos produtos das práticas de pesquisa em ecologia, e a segunda, de uma proposta de normas para o uso de *função* na prática ecológica com base no conhecimento filosófico estabelecido — se influenciam dialeticamente, podendo ambas contribuir para uma abordagem filosófica consistente e útil de função na ecologia. Neste trabalho, avançaremos mais na primeira dimensão apontada, apenas comentando de maneira breve sobre a segunda dimensão nas considerações finais.

Para alcançar mais clareza, notemos a importância, pois, de construir um sistema de classificação de *função* na ecologia, como destacou Jax (2005, p. 646): “O que é urgentemente necessário é construir uma classificação completa dos diferentes tipos de funções e sistemas. Para tais domínios mais restritos da teoria, é muito mais desejável que generalizações apareçam”. No que segue, daremos um passo no sentido de construir tal sistema de classificação dos significados de “função”, apontando três usos principais desse termo (e seus derivativos) no BFE, capturados nas expressões “diversidade funcional”, “função da biodiversidade” e “funcionamento/função ecossistêmica”. Nas próximas subseções, discutiremos criticamente cada um desses usos.

Um quarto significado de “função” está associado às funções matemáticas usadas na modelagem ecológica. Esse uso é, obviamente, comum dentro e fora da ecologia, bem como no BFE. Estamos mais interessados, contudo, em funções como atributos de sistemas biológicos e ecológicos. Assim, não discutiremos este uso do termo aqui. Tampouco pretendemos defender que estes são os únicos usos de *função* na ecologia contemporânea ou no BFE. De qualquer maneira, eles nos parecem usos ou significados especialmente relevantes no contexto deste programa de pesquisa.

### Diversidade funcional: funções como itens de diversidade

Um primeiro uso da noção de função no BFE se refere a uma classe de objetos variantes, i.e., funções podem ser vistas como itens da biodiversidade, como explicaremos abaixo. Em termos simples, do mesmo modo como falamos de *diversidade de espécies*, podemos também falar de *diversidade de funções* ou *diversidade funcional*. Por exemplo, Naeem (2002, p. 1537, grifo nosso) propõe que o BFE deve focar sobre “*diversidade funcional* em vez de *diversidade taxonômica*”. Assim, frequentemente, a característica de “ser diverso” é atribuída a traços ou características funcionais dos organismos, como as características químicas das folhas no solo (HÄTTENSCHWILLER FROMIN; BARANTAL, 2011). Díaz e Cabido (2001, p. 654) definem da seguinte maneira diversidade funcional e traços funcionais, respectivamente:

*Diversidade funcional*: o valor e o espectro de traços funcionais dos organismos presentes num dado ecossistema. O valor dos traços se refere à presença e abundância relativa de certos valores (ou tipos) de tamanho de folhas, conteúdo de nitrogênio, alturas de dossel, características de dispersão e dormência de sementes, fenologia vegetativa e reprodutiva etc. O espectro dos traços se refere à diferença entre os valores extremos dos traços funcionais, por exemplo, o espectro de tamanhos de folhas, alturas de dossel, ou profundidades de enraizamento exibidas pelas diferentes plantas num ecossistema.

*Traços funcionais*: as características de um organismo que são consideradas relevantes para sua resposta ao ambiente e/ou seus efeitos sobre o funcionamento ecossistêmico. Exemplos de traços funcionais são tamanhos de folhas, resistência e longevidade, tamanho e modo de dispersão das sementes, altura e estrutura do dossel, capacidade de rebrotar e capacidade de fixação simbiótica de nitrogênio.

Evidentemente, como podemos perceber nas passagens acima, muitas vezes está implicada uma circularidade na concepção de diversidade funcional pelos ecólogos: diversidade funcional é simplesmente definida como diversidade de traços ou atributos funcionais. Isso deriva de tomar como dado ou autoevidente o conceito de função nas ciências biológicas, o que é comum entre biólogos das mais distintas áreas. Para escapar dessa

circularidade, é fundamental olhar para a filosofia da biologia contemporânea, extraindo dela um conceito de função válido para a ecologia.

### **A função da biodiversidade: o papel causal da biodiversidade nos ecossistemas**

Outro uso do termo “função” está relacionado à segunda característica do BFE apontada acima, i.e., ao papel causal atribuído à diversidade nesse programa de pesquisa. Como já mencionamos, este é um movimento epistemológico relevante nas bases da ecologia contemporânea: da biodiversidade como efeito, na TCEC, e como um componente mais ativo na dinâmica ecológica, no BFE (NAEEM, 2002). Dessa perspectiva, o uso de *função* diz respeito às influências da biodiversidade sobre a operação dos ecossistemas ou suas propriedades. Alguns exemplos da aplicação do conceito de função neste sentido são:

*A biodiversidade planejada tem uma função direta. [...] A biodiversidade associada também tem uma função, mas é mediada pela biodiversidade planejada. Desse modo, a biodiversidade planejada também tem uma função indireta [...] que é realizada através de sua influência sobre a biodiversidade associada. Por exemplo, as árvores em um sistema agroflorestal criam sombra, o que torna possível cultivar apenas culturas intolerantes ao Sol. Assim, a função direta desta segunda espécie (as árvores) é criar sombra (ALTIERI, 1999, p. 21, grifo nosso).*

*A questão de se a diversidade de plantas influencia os processos ecossistêmicos tem recebido atenção crescente nos últimos cinco anos, como consequência da publicação de vários desenvolvimentos teóricos e experimentos revolucionários (DÍAZ; CABIDO, 2001, p. 646, grifo nosso).*

*[O BFE é] um corpo recente de trabalho teórico e experimental que sugere que a função ecossistêmica é governada, em parte, pela biodiversidade (NAEEM, 2002, p. 1538, grifo nosso).*

Na primeira citação, podemos ver uma atribuição explícita de *função* à biodiversidade planejada (*planned biodiversity*) e à biodiversidade associada (*associated biodiversity*), no começo do argumento.

Contudo, ao final do mesmo, *função* é atribuída a espécies, e não à biodiversidade em si. Essa oscilação quanto ao item ao qual é atribuída *função* é comum em trabalhos relacionados ao BFE e constitui ainda outra maneira de ilustrar a necessidade de analisar o modo como a noção de função é usada nesse programa de pesquisa.

As atribuições de *função* à biodiversidade estão relacionadas com estratégias para a conservação dos bens e serviços ecossistêmicos (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). De modo diferente, nas duas citações seguintes, podemos reconhecer apenas implicitamente no discurso a adoção de uma linguagem funcional, a saber, nas noções de que a diversidade de plantas *influencia* os processos ecossistêmicos (DÍAZ; CABIDO, 2001) e de que a função do ecossistema é *governada* pela biodiversidade (NAEEM, 2002). Estas ideias podem ser atreladas à noção de função como um papel causal ou uma disposição de um item dentro de um todo complexo, como proposto, por exemplo, por Cummins (1975). Isso já foi observado por alguns autores (ALMEIDA, 2004; ALMEIDA; EL-HANI, 2006; CAPONI, 2010; McLaurin; STERELNY, 2008; NUNES-NETO; EL-HANI, 2011).

Nesse contexto do uso de *função*, é importante dizer algo acerca da palavra “biodiversidade”. Na medida em que significa, essencialmente, “variedade”<sup>22</sup>, não podemos atribuir à biodiversidade o *status* de uma causa e, conseqüentemente, não podemos dizer que ela tem um papel funcional no ecossistema. Variedade é algo inferido, não observado. Inferimos a variação a partir da observação dos variantes. Na prática ecológica, um valor da biodiversidade é **inferido a partir de observações** dos organismos (embora este seja um processo de extrapolação que se faz tendo em conta uma amostra da comunidade), mas a biodiversidade em si mesma é uma entidade teórica, à qual não se pode, de fato, atribuir uma função no ecossistema (ALMEIDA; EL-HANI, 2006, p. 35). Isso explica, em parte, a oscilação que vemos na citação de Altieri acima, na qual *função* é inicialmente atribuída à biodiversidade,

---

<sup>22</sup> De modo análogo, podemos falar em diversidade linguística, diversidade cultural, diversidade de legislação e muitos outros tipos de diversidade. É bastante óbvio que, em todos esses casos, bem como nos biológicos, estamos falando de variedade, uma qualificação que se aplica a entidades ou processos que diferem em um ou mais aspectos. A estas entidades ou processos podemos atribuir função, mas não à sua variedade.

mas, sintomaticamente, quando se traz um exemplo, passa a ser atribuída a uma espécie. Não obstante, o mesmo que argumentamos acima sobre atribuição de *função* à biodiversidade se aplica à sua atribuição a uma espécie, a não ser que se assuma o conceito biológico de espécie como uma realidade biológica, e não somente um conceito teórico. Dessa maneira, talvez o mais preciso fosse atribuir *função* aos organismos de uma dada espécie, e não à biodiversidade ou à espécie em si.

No contexto das explicações ecológicas estritas, o *locus* das atribuições funcionais parece ser, frequentemente, o que chamamos “itens da biodiversidade”, i.e., as entidades ou processos que podem ser biodiversos (organismos, populações, guildas ecológicas<sup>23</sup>, características dos organismos, interações etc.). Por sua vez, num contexto mais sociocientífico ou mesmo político, a biodiversidade pode ser ela mesma um *locus* de atribuição funcional. Isso não pode ser feito em relação às propriedades ecossistêmicas, mas sim no que tange ao mundo sociocultural humano. A biodiversidade como entidade abstrata pode cumprir papéis importantes nas estratégias de conservação, administração dos recursos naturais e educação de novas gerações. Nessas atividades humanas, funções podem ser atribuídas à biodiversidade. No entanto, esses são papéis cumpridos por um conceito em um sistema cultural, não por um suposto fenômeno ao qual *biodiversidade* se refere, nos ecossistemas em si mesmos.

### **Funcionamento do ecossistema ou função do ecossistema**

Um terceiro uso do conceito de função no BFE está mais diretamente ligado à operação ou dinâmica do ecossistema. Por exemplo, Naeem (2002) propõe que “condições físicas e químicas do ambiente são cada vez mais reconhecidas como impelidas (*driven*), pelo menos em parte, pela *função ecossistêmica* (e.g., ciclagem de nutrientes e fluxo de energia)” (NAEEM, 2002, p. 1539, grifo nosso). É importante perceber que, ao exemplificar a função ecossistêmica mediante referência à ciclagem de

---

<sup>23</sup> Uma guilda ecológica é um grupo de organismos que exercem um mesmo papel ecológico, independente de seu grau de parentesco ou proximidade taxonômica.

nutrientes e ao fluxo de energia — processos no nível do ecossistema —, Naeem deixa claro que ele não está tratando de alguma atividade da biota ou dos organismos em separado, mas de processos em um nível mais elevado de organização que inclui a biota como parte.

Uma conclusão similar pode ser extraída da definição oferecida pela Sociedade Ecológica Norte-Americana (ESA), na qual o funcionamento do ecossistema é tratado como um efeito (*reflection*) das atividades no nível dos organismos:

O funcionamento ecossistêmico reflete a vida coletiva das atividades das plantas, dos animais e microorganismos e os efeitos destas atividades, 'alimentação, crescimento, movimentação, eliminação de resíduos etc.', sobre as condições físicas e químicas do ambiente. [...] 'funcionamento' significa 'atividades exibidas' e não implica que os organismos realizam propositadamente papéis no nível dos processos ecossistêmicos [...] (ESA, 1999, p. 3 apud JAX, 2005, p. 644).

É importante notar que essa noção de função não é suficientemente clara, especialmente quando a consideramos juntamente com um dos significados anteriores, relativo à função da biodiversidade. A *função* é uma capacidade no nível ecossistêmico ou é uma capacidade contida no ecossistema e, assim, executada pelas suas partes? Quais são as funções nesse contexto: a própria ciclagem de nutrientes (uma capacidade do ecossistema como um todo) ou o papel que os itens da biodiversidade desempenham *em relação à* ciclagem dos nutrientes (uma capacidade dos itens da biodiversidade: organismos, populações, guildas ecológicas etc.)? Um dos usos mais comuns do conceito de função no BFE diz respeito à "função ecossistêmica". Por isso, é fundamental ter clareza sobre dois pontos: (i) qual é o objeto da atribuição funcional (ecossistema? itens da biodiversidade?) e (ii) em que contexto existem ou são significativas as funções ecossistêmicas (para a paisagem? Para um ecossistema maior? Para a sociedade humana?).

Uma solução que poderia, em princípio, acomodar aspectos pragmáticos da linguagem, ao tempo em que evitaria confusões conceituais, seria adicionar qualificações ao termo "função" para tornar claro qual significado estamos atribuindo a um determinado uso, dentro da

polissemia do termo. Ao tomarmos o termo “função” como capacidade ecossistêmica, poderíamos falar acerca das *funções dos ecossistemas* em um contexto mais amplo. Por exemplo, a ciclagem de nutrientes pode ter uma *função*, mas somente no contexto de um sistema mais inclusivo, que a inclui como parte, por exemplo, um sistema sociocultural humano, no qual a ciclagem de nutrientes propiciasse serviços ambientais. Este é, também, um elemento comum do discurso do BFE, no qual se discorre, com frequência, sobre os “serviços” fornecidos pelos ecossistemas às atividades humanas, por exemplo, os serviços de polinização para cultivos agrícolas. Ao tomarmos, porém, o termo “função” para fazermos referência a uma capacidade das partes dos ecossistemas, poderíamos falar sobre as *funções nos ecossistemas*, o que transmitiria a ideia de que as funções estão dentro do ecossistema, como uma capacidade de suas partes, não como uma capacidade do ecossistema como um todo. Isso talvez resolva o problema, desde que o nível a partir do qual estamos falando sobre *função* esteja fixado.

Porém, tal coerência com relação ao nível hierárquico para o qual nosso discurso se dirige nem sempre está claro na ciência. Um exemplo dessa falta de clareza é a falácia da média em genética de populações, em que modelos acerca de processos no nível de grupos de organismos tentam dar conta desses processos calculando o *fitness* médio de organismos individuais dentro do grupo. Contudo, o uso dessa estratégia simplesmente coloca de lado a estrutura populacional subdividida em grupos, ao reduzir o *fitness* ao organismo individual, e não mais trabalhar com o *fitness* diferencial dos grupos nas populações (SOBER; WILSON, 1998). Assim, mesmo usando as qualificações acima, continuamos tendo motivos para nos preocupar com o discurso funcional na ecologia.

### Suspeitas acerca da linguagem funcional na ecologia

A despeito do uso frequente da noção de função na ecologia, há suspeitas ou objeções a ela. Naeem (1998, p. 40, grifo nosso), por exemplo, se mostra preocupado com a associação do discurso funcional à noção de comportamento intencional ou *design*:

[...] a produção de animais de caça, produtos florestais, peixes e outros recursos biológicos propiciados pelos ecossistemas e importantes para os humanos podem ser referidos como bens ecossistêmicos (*ecosystem goods*). Note que *função não implica propósito ou design, apenas atividade*.

A Sociedade Ecológica Norte-Americana também expressa preocupação quanto a este possível perigo:

Note que '*funcionamento*' significa '*exibição de atividades*' e não implica que os organismos realizem papéis propositais (*purposeful*) nos processos no nível do ecossistema. [...] Um funcionamento ecossistêmico é aquele que apresenta atividades biológicas e químicas características para seu tipo (ESA, 1999, p. 3 apud JAX, 2005, p. 644, grifo nosso).

Em geral, concordamos com Caponi (2010, p. 352-353), que analisou a questão da legitimidade da linguagem funcional na ecologia e propôs que há duas razões principais para as suspeitas levantadas a respeito do discurso funcional nessa ciência: primeiro, a ligação entre o discurso funcional e o organicismo; segundo, a identificação da análise funcional com atribuições de *design*.

No que concerne à ligação com o organicismo, parece que a origem do problema reside na proposta e adoção de uma abordagem superorganísmica para a transformação da comunidade por Frederic Clements (1916), nas próprias origens da ecologia. Essa perspectiva sobre a dinâmica da comunidade foi descartada ao longo das décadas seguintes em favor da visão individualista de Henry Gleason (1926). Essa rejeição, ao que parece, criou dentro da ecologia uma aversão à linguagem teleológica e funcional (associada com o ponto de vista de Clements), conforme Almeida (2004) também destacou. Porém, deve-se notar que, do uso de uma linguagem funcional na ecologia, não segue a adoção de uma visão clementsiana sobre a dinâmica dos sistemas ecológicos. O domínio de aplicação de uma linguagem funcional não está restrito ao domínio dos organismos e suas capacidades, como Cummins e Roth (2010) mostram.

Quanto ao segundo ponto discutido por Caponi (2010), é importante reconhecer, assim como ele, que atribuições de *design* não se seguem necessariamente de atribuições de *função*. Embora estas últimas se apliquem a sistemas ecológicos, o mesmo não vale para as primeiras.

As atribuições de *função* na ecologia são um modo de entender como alguns estados preferenciais do sistema são mantidos — a despeito de sua improbabilidade — e esta é uma característica que a ecologia compartilha com a fisiologia. Entretanto, não segue da legitimidade das atribuições funcionais no contexto da ecologia que os objetos da atribuição funcional sejam resultado de um processo de *design*<sup>24</sup>, e esta é uma importante diferença entre a ecologia e a fisiologia (CAPONI, 2010)<sup>25</sup>.

Por exemplo, embora seja, por um lado, epistemologicamente legítimo e cientificamente útil atribuir a função de decomposição da matéria orgânica às guildas de artrópodes decompositores no solo da Floresta Amazônica, uma vez que esta é uma contribuição para a ciclagem de nutrientes no contexto ecossistêmico, não podemos dizer, de modo legítimo, que a guilda de artrópodes seja resultado de um processo de *design*. O mesmo ponto foi colocado por McLaurin e Sterelny (2008, p. 114):

Função na ecologia não é como função em biologia evolutiva ou morfologia funcional. Nesses campos, funções derivam da história seletiva [...]. Não apenas os organismos são muito mais fortemente integrados e delimitados do que a comunidade típica, mas também, via de regra, assembleias locais não têm histórias seletivas. Elas não são parte de linhagens.

Ou seja, não podemos apelar para a seleção natural para explicar a existência dos próprios organismos, ou guildas, assembleias ou comunidades ecológicas. É verdade que poderíamos apelar para a seleção no nível do ecossistema (SWENSON; ARENDT; WILSON, 2000, SWENSON; WILSON; ELIAS, 2000) para defender que funções ecológicas também podem ser resultados de processos de *design*, mas esta é

<sup>24</sup> A seleção natural, no domínio da Biologia, e a seleção artificial, no contexto cultural, são exemplos de processos de *design*. Isso não significa, porém, que exista um *designer* no processo de geração e manutenção dos traços biológicos ao longo da evolução. Seleção natural é um processo de "*design* sem um *designer*", como argumentou Francisco Ayala (2004) (ver também CAPONI, 2010, p. 353-363), ou, dito de outra maneira, o darwinismo nos mostrou como naturalizar a origem do *design*.

<sup>25</sup> O mesmo ponto pode ser colocado também com referência ao conceito de indivíduo, que não é o mesmo para organismos e ecossistemas, como Huneman (2011) reconhece e desenvolve, baseando-se na ideia de quase-independência, de Herbert Simon. Enquanto os organismos apresentam uma individualidade forte, de acordo com a qual ser um indivíduo é ser uma unidade de seleção, ecossistemas possuem apenas uma individualidade fraca. Esse tipo de individualidade não requer seleção natural, mas apenas a existência de interações ou relações fortes entre subcomponentes, os quais, por sua vez, interagem de modo relativamente mais fraco com outros subcomponentes, assumidos como externos ao sistema.

uma ideia bastante controversa na atual biologia evolutiva, e isso significa que, para os nossos propósitos, esse movimento geraria problemas ainda maiores do que aqueles que estamos enfrentando. Mesmo que não tenhamos a intenção de fechar completamente a porta para essa possibilidade, esta certamente não é a melhor opção argumentativa no estado atual do conhecimento sobre evolução.

Uma ideia apresentada por Dagg (2003) nos permite sustentar a mesma conclusão geral. Para ele, a organização do ecossistema (que inclui os ciclos de matéria e as redes de interações) é um efeito colateral das ações de replicadores e interatores dentro do ecossistema. Dito de outro modo, a evolução por seleção natural atua sobre interatores, as entidades que interagem como um todo com o regime seletivo, e o maior ou menor sucesso dos interatores na obtenção de recursos naquele regime seletivo em que se encontram resulta em cópia diferencial de replicadores. A organização do ecossistema na forma de ciclos e redes de relações entre interatores é um resultado colateral, não funcional, de processos seletivos que estão operando no nível das populações de organismos. Mas, ainda assim, pode-se atribuir funções às partes dos ecossistemas, uma vez que elas contribuam para capacidades ecossistêmicas, como a ciclagem de nutrientes, mesmo que o ecossistema não seja resultado de processo de *design*. Alcançamos, dessa maneira, a mesma conclusão: atribuição de *função* a partes de ecossistemas não implica afirmar que ecossistemas sejam produtos de processos de *design*.

Com base nisso, podemos dizer que as objeções ou preocupações levantadas contra o uso de *função* na ecologia podem ser deixadas de lado. No que segue, apresentaremos nossas considerações finais, com algumas sugestões para a construção de uma abordagem filosófica abrangente de *função* na filosofia da ecologia.

### **Considerações finais: a importância de uma teoria das funções na ecologia**

Nossa intenção aqui foi realizar uma análise do discurso funcional no BFE, que, como mostramos, é um importante programa de pesquisa da ecologia atual. Além de ser usada frequentemente, a noção de

função é importante como recurso explanatório na pesquisa ecológica. Contudo, é importante notar que a falta de uma base adequada para a linguagem funcional na pesquisa ecológica, como vemos no caso do BFE, parece gerar problemas para o progresso teórico no campo, como notaram Almeida e El-Hani (2006, p. 23), que realizaram uma análise detalhada da literatura deste programa de pesquisa. Como vimos neste artigo, as objeções ao uso de *função* na ecologia não são suficientemente sólidas, de modo que devem ser rejeitadas a favor da aceitação do discurso funcional. Entretanto, para um uso consistente desse discurso, não podemos prescindir de uma fundamentação epistemológica apropriada. Isso nos parece inevitável se tivermos em conta os problemas de confusão semântica e falta de clareza decorrentes da polissemia do termo “função”, como apontamos anteriormente.

Uma abordagem epistemológica consistente de *função* na filosofia da ecologia deve normatizar, prescrever, dizer como o conceito de função e outros conceitos associados devem ser usados na ecologia, de modo a tornar mais provável o avanço dessa ciência. Não se trata, contudo, de derivar uma abordagem normatizadora de um tratamento meramente lógico, mas antes de construir tal abordagem a partir do exame sistemático dos usos efetivos de função na ecologia pelos cientistas praticantes, derivando normas dos empregos deste conceito que pareçam mais férteis, no espírito da lógica deweyana da investigação (DEWEY, 1938). Isso significa, também, que, por mais prescritivas que sejam tais normas, elas próprias são abertas à revisão, a partir de sua maior ou menor eficácia ou utilidade no domínio da investigação propriamente dita, conforme verificada pelas práticas dos próprios cientistas. A abordagem normatizadora, por sua vez, contribui para iluminar uma melhor descrição, um exame mais minucioso da própria prática científica, o que mostra a relação de interdependência das duas empreitadas.

Há ainda muitos problemas em aberto quanto ao uso de *função* em ecologia, como: A analogia deve ser com fisiologia ou com a sociologia? (JAX, 2005) Que abordagem filosófica, entre aquelas encontradas na filosofia da biologia atual (etiológica, sistêmica ou organizacional<sup>26</sup>),

---

<sup>26</sup> Na filosofia da biologia atual há três grandes grupos de abordagens sobre função: as perspectivas etiológica (GODFREY-

pode fundamentar os usos de *função* em ecologia? Como se daria tal fundamentação? Quais os fundamentos axiológicos do discurso funcional e antropocêntrico com vistas à conservação dos recursos no BFE?

Um resultado possível (e desejável) de respostas a estas questões pode ser uma teoria consistente de *função* em filosofia da ecologia, contemplando ao mesmo tempo e de forma integrada os seguintes elementos: (1) deve capturar os usos efetivos de *função* pelos ecólogos, o que significa que precisa estar fortemente conectada à prática científica, com todas as suas nuances; (2) deve construir um fundamento epistemológico consistente (seja etiológico, sistêmico ou organizacional) e cientificamente útil para os usos de *função* (isto é, a partir do qual possamos derivar índices matemáticos de determinação de diversidade funcional, por exemplo); e, por fim, (3) deve dar conta de uma abordagem das implicações morais e políticas do discurso funcional no que diz respeito à conservação dos recursos naturais e da biodiversidade. Tal teoria de *função* permanece como algo a ser buscado no horizonte da filosofia da ecologia para as próximas décadas.

## Agradecimentos

N. F. N.-N. agradece à Fapesb pela concessão de bolsa de doutorado, à Capes por bolsa PDSE (n. 6084/11-7) e por apoios financeiros para pesquisa; R. S. C. agradece à Capes pela concessão de bolsa de doutorado; C. N. E. H. agradece ao CNPq por bolsa de produtividade em pesquisa nível 1-C (n. 301259/2010-0) e à Fapesb e ao CNPq por financiamentos de projetos de pesquisa.

---

SMITH, 1993; WRIGHT, 1973), sistêmica ou disposicional (CUMMINS, 1975; CRAVER, 2001) e perspectiva organizacional (COLLIER, 2000; MOSSIO; SABORIDO; MORENO, 2009; SABORIDO; MOSSIO; MORENO, 2011). Os dois primeiros grupos são muito mais conhecidos no debate filosófico contemporâneo, visto que, de alguma forma, se consolidou na filosofia da biologia dos anos 1990 a ideia de um consenso sem unidade (GODFREY-SMITH, 1993) incluindo estas duas posições, ou seja, a ideia de que em filosofia da biologia função pode ser concebida etiológica ou sistemicamente. Contudo, a emergência e o aprofundamento das abordagens organizacionais de função ao longo dos anos 1990 e 2000 não permite a sua exclusão de uma análise detalhada do conceito de função. Não analisaremos em mais detalhes estas abordagens neste artigo. A análise que aqui empreendemos visou, sobretudo, uma clarificação do problema dos usos de função na ecologia atual, por meio de um exame minucioso de um programa de pesquisas muito importante na atualidade, o BFE.

---

## Referências

ACOT, P. **Histoire de l'écologie (Que sais-je?)**. Paris: Presses universitaires de France, 1994.

AYALA, F. In William Paley shadow: Darwin explanation of design. **Ludus Vitalis**, v. 12, p. 53-66, 2004.

ALMEIDA, A. M. **O papel funcional da biodiversidade**: uma análise epistemológica do Programa de Pesquisa Biodiversidade - Funcionamento Eossistêmico. 2004. 156 f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2004.

ALMEIDA, A. M.; EL-HANI, C. N. A atribuição de função à biodiversidade segundo a visão do 'papel causal': uma análise epistemológica do discurso ecológico das últimas duas décadas. **Filosofia e História da Biologia**, v. 1, p. 21-39, 2006.

ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 19-31, 1999. doi:10.1016/S0167-8809(99)00028-6.

BEGON, M.; TOWNSEND, C.; HARPER, J. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CAPONI, G. La ciencia de lo sustentable: razón de ser del discurso funcional en ecología. **Principia**, v. 14, p. 349-373, 2010.

COLLIER, J. Autonomy and process closure as the basis for functionality. **Annals of the New York Academy of Science**, v. 901, p. 280-291, 2000. doi:10.1111/j.1749-6632.2000.tb06287.x.

COLYVAN, M. et al. Philosophical issues in ecology: recent trends and future directions. **Ecology and Society**, v. 14, p. 22, 2009.

CUMMINS, R. Functional analysis. **The Journal of Philosophy**, v. 72, p. 741-765, 1975. doi:10.2307/2024640.

CUMMINS, R.; ROTH, M. Traits have not evolved to function the way they do because of a past advantage. In: AYALA, M. F. J.; ARP, R. (Ed.). **Contemporary debates in philosophy of biology**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010. p. 72-85.

CLEMENTS, F. E. Nature and structure of the climax. **Journal of Ecology**, v. 24, p. 252-284, 1936. doi:10.2307/2256278.

CLEMENTS, F. E. **Plant succession**: an analysis of the development of vegetation. Publication n. 242. Washington: Carnegie Institution of Washington, 1916.

CRAVER, C. F. Role functions, mechanisms, and hierarchy. **Philosophy of Science**, v. 68, p. 53-74. 2001. doi:10.1086/392866.

CRUZ, L. C.; ROCHA, P. L. B.; EL-HANI, C. N. A prática científica na ecologia de comunidades: diálogos entre empirismo e teoria na literatura científica. **Filosofia e História da Biologia**, v. 2, p. 257-278, 2007.

DAGG, J. Ecosystem organization as side-effects of replicator and interactor activities. **Biology and Philosophy**, v. 18, p. 491-492, 2003. doi:10.1023/A:1024128115666.

DEWEY, J. **Logic**: the theory of inquiry. New York: Henry Holt and Co., 1938.

DÍAZ, S.; CABIDO, M. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 16, p. 646-655, 2001. doi:10.1016/S0169-5347(01)02283-2.

ELTON, C. **Animal ecology**. New York: Macmillan, 1927.

ELTON, C. **The ecology of invasions by animals and plants**. London: Methuen, 1958.

FISHER, B.; TURNER, R. K.; MORLING, P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics**, v. 68, p. 643-653, 2009. doi:10.1016/j.ecolecon.2008.09.014.

FROMM, O. Ecological structure and functions of biodiversity as elements of its total economic value. **Environmental and Resource Economics**, v. 16, p. 303-328, 2000. doi:10.1023/A:1008359022814.

GODFREY-SMITH, P. Functions: consensus without unity. **Pacific Philosophical Quarterly**, v. 74, p. 196-208, 1993.

GLEASON, H. A. The individualistic concept of the plant association. **Bulletin of the Torrey Botanical Club**, v. 53, p. 7-26, 1926. doi:10.2307/2479933.

GLEICK, J. **The information: a history, a theory, a flood**. New York: Pantheon, 2011.

HÄTTENSCHWILLER, S.; FROMIN, N.; BARANTAL, S. Functional diversity of terrestrial microbial decomposers and their substrates. **Comptes Rendus Biologies**, v. 334, p. 392-402, 2011. doi:10.1016/j.crvi.2011.03.001.

HUBBELL, S. P. **The unified neutral theory of biodiversity and biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 2001.

HUNEMAN, P. About the conceptual foundations of ecological engineering: stability, individuality and values. **Procedia Environmental Sciences** v. 9, p. 72-82, 2011. doi:10.1016/j.proenv.2011.11.013.

JAX, K. Function and “functioning” in ecology: what does it mean? **Oikos**, v. 111, p. 641-648, 2005. doi:10.1111/j.1600-0706.2005.13851.x.

JAX, K. Can we define ecosystems? on the confusion between definition and description of ecological concepts. **Acta Biotheoretica**, v. 55, p. 341-355, 2007. doi:10.1007/s10441-007-9024-7.

JOST, L. Entropy and diversity. **Oikos**, v. 113, p. 363-375, 2006. doi:10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x.

LANARI, M. O.; COUTINHO, R. Biodiversidade e Funcionamento de Ecossistemas: síntese de um paradigma e sua expansão em ambientes marinhos. **Oecologia Australis**, v. 14, p. 959-988, 2010. doi:10.4257/oeco.2010.1404.09.

LOVELOCK, J. E. Hands up for the Gaia hypothesis. **Nature**, v. 344, p.100-102, 1990. doi:10.1038/344100a0

LOVELOCK, J. E. Gaia um Modelo para a Dinâmica Planetária e Celular. In: THOMPSON, W. I. (Org.). **Gaia uma Teoria do Conhecimento**. São Paulo: Editora Gaia, 2000. p. 77-90.

MAY, R. M. **Stability and complexity in model ecosystems**. Princeton: Princeton University Press, 1973.

McLAURIN, J.; STERELNY, K. **What is Biodiversity?** Chicago: Chicago University Press, 2008. doi:10.7208/chicago/9780226500829.001.0001.

MAGURRAN, A. **Measuring biological diversity**. Oxford: Blackwell Science, 2004.

MOSSIO, M., SABORIDO, C.; MORENO, A. An organizational account for biological functions. **British Journal for the Philosophy of Science**, v. 60, p. 813-841, 2009. doi:10.1093/bjps/axp036.

McARTHUR, R.; WILSON, E. O. An equilibrium theory of insular zoogeography. **Evolution**, v. 17, p. 373-387, 1963. doi:10.2307/2407089.

McINTOSH, R. P. **The background of ecology: concept and theory**. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. doi:10.1017/CBO9780511608537.

MILCU, A. et al. Biotic carbon feedbacks in a materially closed soil-vegetation-atmosphere system. **Nature Climate Change**, v. 2, p. 281-284, 2012. doi:10.1038/nclimate1448.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis**. Washington: World Resources Institute, 2005.

NADROWSKI, K.; WIRTH, C.; SCHERER-LORENZEN, M. Is forest diversity driving ecosystem function and service? **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 2, p. 75-79, 2010. doi:10.1016/j.cosust.2010.02.003.

NAEEM, S. Species redundancy and ecosystem reliability. **Conservation Biology**, v. 12, p. 39-45, 1998. doi:10.1111/j.1523-1739.1998.96379.x.

NAEEM, S. Ecosystem consequences of biodiversity loss: the evolution of a paradigm. **Ecology**, v. 83, p. 1537-1522, 2002. doi:10.1890/0012-9658(2002)083[1537:ECOBLT]2.0.CO;2.

NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Gaia, teleologia e função. **Episteme**, v. 11, p. 15-48, 2006.

NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Functional explanations in biology, ecology, and earth system science: contributions from philosophy of biology. **Boston Studies in the Philosophy of Science**, v. 290, p. 185-200, 2011. doi:10.1007/978-90-481-9422-3\_13.

NORTON, B. Environmental ethics and weak anthropocentrism. In: LIGHT, A.; ROLSTON III, H. (Ed.). **Environmental ethics: an anthology**. Malden: Blackwell, 2003. p. 163-174.

ODLING-SMEE, F. J.; LALAND, K. N.; FELDMAN, M. W. **niche construction: the neglected process in evolution**. New Jersey: Princeton University Press, 2003.

ODUM, E. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

OKSANEN, M.; PIETARINEN, J. (Org.). **Philosophy and biodiversity**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. doi:10.1017/CBO9780511498527.

PETERS, R. H. **A critique for ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

PFISTERER, A. B. et al. Rapid decay of diversity–productivity relationships after invasion in experimental plant communities. **Basic and Applied Ecology**, v. 5, p. 5-14, 2004. doi:10.1078/1439-1791-00215.

PICKETT, S.; KOLASA, J.; JONES, C. **Ecological understanding: the nature of theory and the theory of nature**. London: Elsevier, 2007.

PETCHEY, O.; GASTON, K. Functional diversity, species richness and community composition. **Ecology letters**, v. 5, p. 402-411, 2002. doi:10.1046/j.1461-0248.2002.00339.x.

PETCHEY, O.; GASTON, K. Functional diversity: back to basics and looking forward. **Ecology Letters**, v. 9, p. 741-758, 2006. doi:10.1111/j.1461-0248.2006.00924.x.

RICOTTA, C. Through the jungle of biological diversity. **Acta Biotheoretica**, v. 53, p. 29-38, 2005. doi:10.1007/s10441-005-7001-6.

SABORIDO, C.; MOSSIO, M.; MORENO, A. Biological organization and cross-generation functions. **British Journal for the Philosophy of Science**, v. 62, p. 583-606, 2011. doi:10.1093/bjps/axq034.

SARKAR, S. Ecology. **Stanford Encyclopedia of Philosophy**. 2005. Available at: <<http://plato.stanford.edu/entries/ecology/>>. Access on: 27 jun. 2012.

SARKAR, S. From ecological diversity to biodiversity. In: HULL, D.; RUSE, M. (Ed.). **The Cambridge Companion to the Philosophy of Biology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. p. 388-409. doi:10.1017/CCOL9780521851282.021.

SCHEINER, S. M.; WILLIG, M. R. A general theory of ecology. **Theoretical Ecology**, v. 1, p. 21-28, 2008. doi:10.1007/s12080-007-0002-0.

SCHEINER, S.; WILLIG, M. **The theory of ecology**. London: University of Chicago Press, 2011. doi:10.7208/chicago/9780226736877.001.0001.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949.

SOBER, E.; WILSON, D. S. **Unto others: the evolution and psychology of unselfish behavior**. Cambridge: Harvard University Press, 1998.

SWENSON, W.; ARENDT, J.; WILSON, D. S. Artificial selection of microbial ecosystems for 3-chloroaniline biodegradation. **Environmental Microbiology**, v. 2, p. 564-571, 2000. doi:10.1046/j.1462-2920.2000.00140.x.

SWENSON, W.; WILSON, D. S.; ELIAS, R. Artificial ecosystem selection. **PNAS**, v. 97, p. 9110-9114, 2000. doi:10.1073/pnas.150237597.

TILMAN, D. Causes, consequences and ethics of biodiversity. **Nature**, v. 405, p. 208-211, 2000. doi:10.1038/35012217.

TILMAN, D. Effects of diversity and composition on grassland stability and productivity. In: PRESS, M. C.; HUNTLY, N. J.; LEVIN, S. (Ed.). **Ecology: achievement and challenge**. Blackwell Science: Oxford, 2001. p. 183-207.

TILMAN, D. et al. Forecasting agriculturally driven global environmental change. **Science**, v. 292, p. 281-284, 2001. doi:10.1126/science.1057544.

WRIGHT, L. Functions. **The Philosophical Review**, v. 82, n. 2, p. 139-168, 1973. doi:10.2307/2183766.

Recebido: 06/08/2012

*Received:* 08/06/2012

Aprovado: 14/11/2012

*Approved:* 11/14/2012