



Modelos de categorização, metafísica e cognição: aspectos teórico-metodológicos

Models of categorization, metaphysics and cognition: theoretical and methodological issues

Francisco Ângelo Coutinho

Departamento de Métodos e Técnicas de Ensino/Faculdade de Educação
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
fac01@terra.com.br

Eduardo Fleury Mortimer

Departamento de Métodos e Técnicas de Ensino/Faculdade de Educação
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
mortimer@ufmg.br

Santer Alvares de Matos

Centro Pedagógico da Escola de Educação Básica e Profissional
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
santer@ufmg.br

Rogério Parentoni Martins

Instituto de Biologia
Universidade Federal do Ceará (UFCE)
wasp@icb.ufmg.br

Resumo

Este artigo, a partir da constatação de que o processo de categorização é básico para a cognição e, portanto, fundamental no processo de ensino/aprendizagem de ciências, apresenta o modelo clássico de categorização e a concepção metafísica subjacente a ele. Visando apontar algumas críticas e alternativas ao modelo clássico, o presente

trabalho indica alguns aspectos da metafísica de processo com o intuito de demonstrar uma metafísica alternativa ao essencialismo. Nesse contexto, os argumentos, construídos a partir de conceitos e teorias da biologia e da química, relacionam-se a dois estudos de caso vinculados ao conceito de ecossistema. Um deles consiste num exame em torno de livros didáticos, enquanto o outro corresponde a uma análise sobre o entendimento do conceito de ecossistema por parte de alunos de pós-graduação em ecologia.

Palavras-chave: Categorização; metafísica; epistemologia; ensino de ciências.

Abstract

Assuming that the process of categorization is basic to cognition and thus crucial to scientific teaching and learning, this article evaluates the classical model of categorization and the metaphysical conception behind it. We offer both a critique of and alternatives to the classical model. More specifically, we discuss why essentialism should be replaced with process metaphysics. We build our argument on theoretical Biology and Chemistry and present two case studies focusing on the concept of ecosystem: an analysis of the concept as stated in Ecology textbooks and of the way it is understood by Ecology graduate students.

Keywords: Categorization; metaphysics; epistemology; Science Teaching.

INTRODUÇÃO

Categorização, ou seja, o processo pelo qual identificamos semelhanças entre entidades e as agrupamos (EVANS; GREEN, 2006, p.248), é um processo cognitivo fundamental. Uma categoria é formada por entidades que, por sua vez, foram agrupadas em um mesmo conjunto (CHI, 1997, p.210). Se formos capazes de identificar um objeto ou uma ação, estaremos usando categorias e, sem a capacidade de categorizar, não nos seria possível qualquer atividade no mundo ou em nossas vidas intelectuais e sociais (LAKOFF, 1987, pp.5-6). Por exemplo, por meio da categorização, reduzimos a complexidade do ambiente, identificamos os objetos do mundo e ordenamos e relacionamos classes de objetos e eventos (REED, 2009, p.186). Nesse sentido, a categorização é uma atividade cognitiva fundamental na construção do conhecimento científico e no exercício do cotidiano.

Para a pesquisa em ensino de ciências, torna-se importante se investigar os processos de categorização e a natureza das categorias. Erros de categorização, nos quais estudantes atribuem uma determinada entidade a uma categoria, quando aquela, para a ciência, pertence a uma categoria diferente, são responsáveis pela dificuldade de se compreender muitos conceitos científicos (CHI, 1992; CHI et al., 1994; FERRARI; CHI, 1998). Por exemplo, a designação de “baleias” à categoria “peixes” constitui um erro de categorização em relação ao conhecimento científico.

Erros de categorização são ainda mais problemáticos quando estudantes atribuem um conceito a uma categoria ontologicamente distinta da categoria à qual ele

pertence. Tais categorias são aquelas que não compartilham qualquer atributo ontológico, como artefatos humanos e seres vivos. Um exemplo desse tipo de erro foi o cometido por William Paley (1743-1805). Ao comparar o olho humano a um relógio, argumentou que, assim como a observação de um relógio remete à ideia de um relojoeiro, também a observação do olho humano bem como a constatação de sua perfeição e complexidade deveriam remeter à ideia de um Criador. Esse é um erro típico de categorização ontológica. Ora, por pertencerem a categorias ontologicamente distintas, o olho e o relógio não compartilham atributos ontológicos e, por consequência, o argumento de Paley resulta em uma falsa analogia. Tais categorizações ontológicas incorretas podem impedir a compreensão de certos conceitos e teorias científicas, como Seleção Natural, Adaptação, Acidez e Basicidade¹ (FERRARI; CHI, 1998).

Diante do exposto, apresenta-se uma visão geral dos modelos de categorização e suas influências no que diz respeito ao entendimento de conceitos da Biologia e da Química. Fazendo uso da visão padrão sobre as definições, denominada por Lakoff (1987) modelo clássico de categorização, e da concepção metafísica subjacente a esse modelo, o essencialismo, aponta-se os modelos alternativos ao modelo clássico. Nesse contexto, observa-se que a alternativa ao pensamento essencialista será a metafísica de processo.

Rescher (1996) coteja a metafísica de processo com a metafísica de substâncias e não com o essencialismo. Todavia, ao longo do texto, o termo “essencialismo” será utilizado por uma questão de coerência perante vários autores em educação, história e filosofia da ciência (GELMAN; WELLMAN, 1991; GOULD, 1996; HULL, 1965; MAYR, 1982 e 2009; SHTULMAN, 2006; SHTULMAN; SCHULZ, 2008). Sabe-se que os termos “substância” e “essência” têm seus usos técnicos definidos na filosofia² e, por essa razão, não se pretende nivelar o significado desses dois termos. Além disso, não se verifica neste artigo a intenção de se afirmar que a metafísica de processo serve como fundamento para os modelos não clássicos de categorização. O presente objetivo é o de demonstrar que uma metafísica de processo permite uma melhor compreensão dos conceitos e fenômenos da Biologia e da Química do que aquela fundamentada na noção de essência. Assim, 1) existe um modelo clássico de categorização que, historicamente, dominou a concepção sobre os conceitos; 2) esse modelo clássico é fundamentado em uma metafísica essencialista, segundo a qual definir algo é captar a sua essência; 3) tanto o modelo clássico de categorização quanto a metafísica essencialista não se aplicam à grande parte dos fenômenos e conceitos da Biologia e da Química; 4) existem modelos alternativos de categorização que se ajustam melhor à Biologia e à Química, sinalizando que a metafísica de processo é mais adequada para a compreensão dos fenômenos e conceitos dessas ciências; e, 6) portanto, a fundamentação teórica do processo de ensino/aprendizagem em ciências não pode prescindir dos referenciais da categorização não clássica e da metafísica de processo.

¹ Para uma apresentação e crítica do argumento de Paley, remete-se o leitor a Dawkins (2001) e Silva (2000).

² Veja, por exemplo, Wilkins (2009, p. 10-11).

O MODELO CLÁSSICO DE CATEGORIZAÇÃO E SEUS COMPROMISSOS METAFÍSICOS

O modelo clássico sobre categorização é o de que determinadas coisas pertencem a uma mesma categoria se elas compartilham certas propriedades comuns (LAKOFF 1987, p.6). No entanto, essas propriedades comuns seriam condições necessárias e suficientes para se definir a categoria. Assim, categorias seriam como “recipientes”, com algumas coisas nitidamente dentro e outras nitidamente fora (Figura 1).

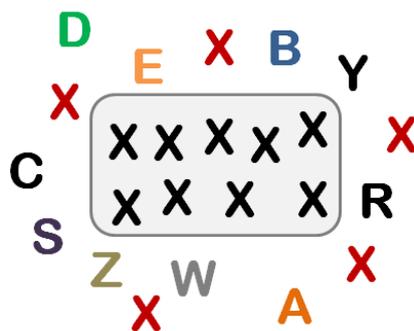


Figura 1: Modelo de categoria como recipiente. Neste caso, tudo que for X preto deve cair sob a categoria e tudo que não for X preto deve ficar fora da categoria.

O modelo clássico de categorização tem profundas raízes na cultura ocidental e é companheiro da metafísica essencialista, segundo a qual as coisas possuem uma natureza íntima que faz com que elas sejam o que são ou sem a qual as coisas não podem ser o que são. Tal natureza íntima corresponde às propriedades essenciais, ou seja, àquilo que uma determinada entidade não poderia perder e continuar a pertencer à categoria. Ao longo da história da filosofia, houve muitas tentativas de se encontrar tais essências, por exemplo, por meio de definições precisas. Muitas vezes, o conhecimento verdadeiro foi concebido como aquele capaz de captar as essências.

Embora o essencialismo remonte aos primeiros filósofos (por volta do século VI e V a.C.), foram Platão e Aristóteles quem o sistematizaram. Segundo Platão, o mundo sensível está metafisicamente fundado nas essências (*eidos*), que são as verdadeiras realidades. Essas essências estariam situadas em um mundo à parte, além do sensível. O mundo sensível seria uma cópia imperfeita dessa realidade suprassensível, eterna e imutável. O conhecimento mais elevado (*noêsis*) seria a apreensão dessas formas eternas. O conhecimento do mundo sensível, mutável, seria o de mera opinião (*doxa*). Tal apreensão dar-se-ia por recordação do mundo suprassensível que a alma um dia experienciou. O que Platão propõe é uma teoria sobre a natureza dos conceitos, de acordo com a qual conhecer algo é recordar-se de sua natureza essencial (REALE, 1994, Vol. II, pp.153-161).

Aristóteles estabelece um ponto de partida diferente (LEAR, 1995, p.269). O que existe é a coisa individual ou substância (*ousia*) (ROSS, 1987, p.172), sendo os indivíduos compostos de matéria (*hylé*), que é o princípio de individuação, e forma (*eidos*), que é a essência ou a natureza íntima. Cada coisa individual é a forma realizada na matéria (LEAR, 1995, p.280). Portanto, a forma é aquilo que há de universal no indivíduo. Desse modo, João e Pedro diferem em suas matérias, mas possuem a mesma forma, pois

ambos são homens. Para Aristóteles, os indivíduos carregam em si as condições de sua própria definição.

De uma forma ou de outra, tanto o platonismo quanto o aristotelismo se comprometem com a ideia de que as coisas encontram nas essências suas fundamentações ontológicas, ou seja, o que possibilita a existência de uma determinada coisa é a sua essência. Essa concepção teve forte influência nas tradições filosófica e científica, inclusive no estabelecimento da crença de que os seres individuais poderiam ser agrupados em categorias bem determinadas e o conhecimento sobre esses seres envolveria a apreensão da essência da categoria em questão. Tal apreensão se daria por meio de conceitos, que seriam justamente as expressões mentais das essências das categorias. Dentro desse entendimento, tem-se a definição de um conceito como a expressão das características necessárias e suficientes da categoria. Formalizando, temos: $(x) \{(x \in \Gamma) \leftrightarrow Px\}$, em que Γ é uma categoria qualquer e P é a propriedade necessária e suficiente para pertencer a essa categoria. Disso, definir Γ seria exatamente expressar “P” e expressar “P” seria referir-se exatamente à categoria Γ .

O essencialismo é a confiança na existência de tipos naturais discretos, cada qual com um conjunto de propriedades definidoras necessárias e suficientes (HULL, 1973). Essa forma de pensar representa um forte obstáculo à compreensão de conceitos e teorias biológicas, sendo, de maneira especial, uma dificuldade primária para se depreender a teoria da evolução e os vários conceitos das ciências naturais (RUDOLPH; STEWART, 1998). A título de exemplificação, apresenta-se o conceito de espécie a fim de se verificar como isto pode acontecer. Essa escolha se justifica pelo fato de que, desde Aristóteles, as espécies foram exemplos de tipos com essências naturais (ERESHEFSKY, 2007).

No século XVIII, Linneu e outros taxonomistas atribuíam espécimes a uma determinada espécie com base na aparência. Um espécime de molusco seria membro da espécie *Biomphalaria glabrata* se ele se parecesse com um *Biomphalaria glabrata*. Tais taxonomistas defendiam o que Mayr (1982, p.256) chamou de conceito tipológico ou essencialista da espécie, segundo o qual uma espécie se caracteriza por sua essência imutável e se difere das demais por uma acentuada descontinuidade. Tal concepção remonta, em última instância, ao conceito platônico de *eidos*. Todos os objetos que compartilham da mesma essência pertencem à mesma espécie e a presença da mesma essência é inferida com base na semelhança. Por esse motivo, as espécies eram simplesmente definidas como grupos de indivíduos semelhante que se diferem dos indivíduos que pertencem à outra espécie. As espécies, assim concebidas, representam diferentes “tipos” de organismos. Os organismos são membros de uma mesma espécie se eles se conformam, em certas características, a um “tipo ideal”. Essas características são consideradas propriedades fixas essenciais (FUTUYMA, 1997, p.448). A variação seria o resultado de manifestações imperfeitas do *eidos* (MAYR, 1982, p.256).

O conceito essencialista de espécie foi também admitido quase unanimemente pelos taxonomistas pós-lineanos. Tal conceito postulava quatro características da espécie: 1) a espécie consiste de indivíduos semelhantes, partícipes da mesma essência; 2) cada espécie é separada de todas as demais por nítida descontinuidade; 3) toda espécie é constante ao longo do tempo; e 4) existem severas limitações para a possível variação de alguma espécie. (MAYR, 1982, p.260).

O critério de similaridade funcionava bem na classificação de “espécies” de minerais e de outros objetos inanimados. Porém, em Biologia, a similaridade se mostrou um critério pouco confiável quando se trata de classificar organismos altamente variáveis. Mayr (1982, p.272) destacou que as pesquisas em Biologia evidenciaram que: 1) a maioria das características varia entre membros de uma única população. Algumas vezes, essa variação é contínua; outras vezes discreta; 2) populações em localizações geográficas diferentes normalmente diferem em uma ou mais características, existindo um espectro de diferenças que vai de superficiais a amplas; 3) às vezes, o que parece ser uma única espécie pode incluir duas ou mais populações que ocupam uma mesma área, mas cujos indivíduos não cruzam entre si. Assim, como saber ao certo quando dois indivíduos compartilham a mesma essência?

Além disso, a interpretação essencialista do conceito de espécie também é inconsistente com o darwinismo, pois o fato de as espécies biológicas mudarem ao longo do tempo requer que a variação entre indivíduos seja a regra, não a exceção (HULL, 1984, p.587). Desse modo, de acordo com a biologia evolutiva, o conceito de espécie não pode ser interpretado como uma categoria clássica. Na estrutura teórica do darwinismo, as formas vivas devem ser compreendidas a partir do conceito de variação. Além do mais, essências são, por definição, imutáveis. Portanto, não poderia haver uma transformação das espécies ao longo do tempo (MAYR, 1982, p.272).

Modelos não clássicos de categorização

Como foi visto, o modelo clássico sustenta que categorias possuem uma estrutura definitiva, ou seja, um conjunto de condições necessárias e suficientes que definem a categoria (EVANS e GREEN, 2006, p.252). Isto significa que uma categoria clássica tem fronteiras nítidas, pois todos os membros de uma mesma categoria têm propriedades comuns, que definem as condições necessárias e suficientes de pertencimento a ela. No entanto, a filosofia de Wittgenstein representa um duro golpe nessa suposição do modelo clássico (LAKOFF, 1982, p.16). Para Wittgenstein, a categoria “jogo”, por exemplo, não se conforma ao modelo clássico, já que não existe um conjunto de propriedades compartilhadas por todos os jogos. Segundo Wittgenstein, a categoria é unida pelo que ele chama de semelhanças de família (*family resemblances*), ou seja, por uma rede complexa de semelhanças que se sobrepõem e se entrecruzam (GLOCK, 1998). Membros de uma família se assemelham uns aos outros em diversos aspectos (compleição, feições, cor dos olhos, sardas no rosto, etc.). Mas não existe uma coleção de propriedades compartilhada por todos os membros da família. Jogos são como famílias (WITTGENSTEIN, 1979, 1, p.66-71). Mais ainda, a categoria jogo também não possui fronteiras fixas. A categoria pode ser ampliada e novos tipos de jogos serem acrescentados.

Lakoff (1982, p.16) cita como exemplos o videogame e a categoria dos números. A introdução do videogame, na década de 1970, estendeu as fronteiras da categoria jogo. A categoria de número passou dos inteiros aos racionais, reais, complexos, transfinitos, e outros tipos de números criados pelos matemáticos. Da mesma forma, as categorias também podem ter suas fronteiras contraídas. O cachalote, por exemplo, hoje não pertence mais à categoria dos peixes. Em alguns sistemas taxionômicos atuais não existe a categoria dos répteis, por mais contraintuitivo que isso possa parecer. No

caso de zebras e peixes³, há pelo menos duas categorizações de coisas vivas, baseadas em critérios científicos incompatíveis. Por critérios do método fenético de análise (similaridade das formas), existem duas categorias taxionômicas: zebras e peixes. No entanto, por critérios do método cladista (compartilhamento de caracteres derivados), nenhum desses “tipos naturais” existe, pois não existem tais categorias na taxionomia cladista. Ao que parece, categorias são partes de nossa concepção do mundo; não uma estrutura objetiva do mundo (cf. LAKOFF, 1982, pp.185-187).

Outra consequência da categoria clássica é a de que nenhum membro é mais central do que outro, uma vez que seus membros compartilham as características essenciais definidoras da categoria. Porém, uma crítica pode ser feita a esse pressuposto, pois algumas categorias exibem efeito de tipicidade, ou seja, alguns membros são melhores representantes da categoria do que outros. Wittgenstein sugere que, para a categoria de números, os inteiros são centrais, possuindo um status mais central do que números complexos ou transfinitos (LAKOFF, 1987, p.17). Nesse caso, toda definição precisa de número deve incluir os inteiros. Porém, nem toda definição inclui os transfinitos. Podemos dizer que azeitonas e tomates não são bons exemplos de frutas; da mesma forma, pinguins e avestruzes não são os melhores exemplos para se ensinar a uma criança o que é ave.

Em uma organização hierárquica de categorias, há três níveis: categorias de nível superior, categorias de nível básico e categorias subordinadas. Fruta, por exemplo, seria o nível superior; maçã seria o nível básico; e, finalmente, maçã verde seria a categoria subordinada. As categorias de nível básico são as mais importantes, por serem as mais diferenciadas e por serem as primeiras que nós aprendemos (ROSCHE *et al.*, 1976). Além disso, diferenças culturais podem resultar na atribuição de diferentes níveis básicos, para uma determinada categoria, por membros dessas diferentes culturas. Assim, para uma criança urbana, passarinho é um nível básico dessa categoria. Já uma criança de origem rural pode distinguir diferentes tipos de passarinho, por exemplo, tico-tico e sabiá, e esses tipos constituírem, assim, o nível básico para essa criança.

Analogamente, de todos os nomes possíveis, em uma hierarquia de categorias, um nome particular, em um nível particular da categorização, tem um *status* superior (BROWN, 1958). Enquanto um “tico-tico” pode ser chamado fringilídeo, passarinho ou *Saltador similis*, de alguma forma as crianças sentem que “passarinho” é o nome real. Tais “nomes reais” parecem ser menores e usados mais frequentemente. Nessa perspectiva, a categorização, para uma criança que vive em um ambiente urbano, começa em um determinado nível, o nível das flores, dos gatos e dos passarinhos e, então, procede para cima e para baixo.

A categorização clássica baseia-se em uma metáfora que aponta categorias como recipientes, que retêm algumas coisas e excluem outras (LAKOFF, 1987, p.6). Algumas categorias são realmente bem definidas e a cada um de seus membros pode ser designado um valor absoluto de pertencer ou não a elas. Por exemplo, uma pessoa pode ou não se apresentar como médico. Isto vai depender de ela ter ou não um diploma em medicina. No entanto, outras categorias não são assim tão bem definidas.

³ Para maiores detalhes sobre este exemplo, veja Gould (1992, pp. 353-364).

Consideremos uma pessoa rica ou homem alto. Tais categorias têm diferentes níveis, simplesmente por que há diversos níveis de riqueza e altura. Para tratar desse tipo de categoria, Zadeh (1965) elaborou uma teoria dos conjuntos nomeada teoria dos conjuntos difusos (*fuzzy set theory*). Em um conjunto clássico, todas as coisas ou estão dentro do conjunto (têm um valor de pertença 1) ou estão fora do conjunto (têm um valor de pertença 0). Em um conjunto difuso, valores intermediários entre 0 e 1 são permitidos. Isto equivale à realidade de que alguns homens não são nem totalmente altos nem totalmente baixos.

A categoria espécie parece se comportar como um conjunto difuso. A estrutura teórica⁴ do darwinismo pode ser sumarizada em cinco princípios: 1) variabilidade individual; 2) herdabilidade de certos traços; 3) taxa diferencial de sobrevivência; 4) taxa diferencial de reprodução, e 5) acúmulo lento e gradual da variação da frequência dos caracteres. Duas lições advêm do darwinismo. Todos os seres vivos, em todas as populações, possuem diferenças intrínsecas, não havendo dois seres iguais na natureza; a variação é a regra, não a exceção (HULL, 1984, p.587). Deve-se recordar que a teoria darwiniana da evolução baseia-se fortemente em um pensamento populacional, que enfatiza as diferenças individuais, e não em um pensamento tipológico, que enfatiza as essências (MAYR, 2009, pp 100-101). Além disso, vivemos em uma natureza inacabada, pois a evolução é um processo que ocorre sempre que forem dadas as condições de variação, herança e seleção. Argumentando, conforme o darwinismo original e a teoria sintética, no sentido de que, se a mudança fenotípica não ocorre por saltos, mas por um processo lento e gradual, as espécies não são unidades discretas, mas um *continuum*. Como exemplo, pode-se pensar as espécies como difundidas entre populações situadas nas extremidades de sua distribuição espacial, as quais se comportam em relação a si próprias como espécies distintas, embora estejam conectadas por uma cadeia de populações intermediárias que se cruzam⁵ (MAYR, 1982, p.536) (Figura 2).



Figura 2: Variação geográfica de uma espécie, onde as letras representam distintas populações. Neste caso, a população A se entrecruza com B, B se entrecruza com C, C se entrecruza com E e E se entrecruza com F. Porém, A e F não se entrecruzam, indicando que, conforme o conceito biológico de espécie, A e F são de espécies distintas.

A categoria biológica de espécie, tal como pensado a partir do darwinismo, não pode ser interpretada como uma categoria definida pelo modelo clássico ou essencialista. Ela não satisfaz os seguintes requisitos: ter estrutura homogênea, ser definida com relação a propriedades individuais e ter fronteiras claras. Ainda mais, uma categoria clássica não é definida em função de seu contexto, mas única e exclusivamente com

⁴ Deve-se ter em mente que o presente texto se refere ao darwinismo originário de Darwin e ao neodarwinismo do início do século XX.

⁵ A esse respeito, veja também o trabalho de Wake (1997).

base em suas propriedades intrínsecas. O estatuto de uma espécie biológica, porém, é dependente de localização geográfica.

METAFÍSICA DE PROCESSO

A metafísica que sustenta a categorização clássica – o essencialismo – é um obstáculo para a compreensão sobre a variação entre os indivíduos e, por conseguinte, do processo de seleção natural e da evolução das espécies (SHTULMAN e SCHULZ, 2008). Além disso, como se verá adiante, o essencialismo também é um obstáculo para a apreensão de conceitos da Química. Porém, durante a história da filosofia, uma forma de pensar alternativa ao essencialismo foi desenvolvida por vários filósofos. Essa metafísica é denominada por Rescher (1996 e 2000) de metafísica de processo. Acredita-se que a afiliação a essa metafísica pode contribuir para uma melhor compreensão de conceitos em Ciências da Natureza.

Embora o maior desenvolvimento da metafísica de processo tenha se dado no século XX, por meio de filósofos, como Whitehead (1978 [1929] e Rescher (1996 e 2000), seus primórdios remontam a Heráclito (540-470 a.C.) (RESCHER, 1996, p.1 e RESCHER, 2008) e passam por autores, como Hegel, Peirce, William James e Bergson, entre outros (RESCHER, 1996). Segundo Rescher, o que caracteriza definitivamente a metafísica de processo como um domínio na história da filosofia não é simplesmente reconhecer os processos naturais como iniciadores de tudo que há na natureza, mas a insistência de que os processos constituem o aspecto fundamental do real (RESCHER, 1996, p.8). Tanto Whitehead quanto Rescher adotam o princípio de Bergson de que “a natureza é um processo” (RESCHER, 2000, p.4) para mostrar que devemos reconhecer a temporalidade, a historicidade, a mudança e a passagem como fundamentais para nossa compreensão sobre o mundo.

Heráclito é o iniciador desse modo de pensamento (RESCHER, 1996, p.9). Ao comparar a realidade ao fluir de um rio – “De quem desce o mesmo rio vêm ao encontro águas sempre novas” (frag. 12, *apud* REALE, vol. 1, p.64) – ele marca a perenidade de todas as coisas e o fato de que nada permanece em estado de imobilidade e estabilidade. Dizia ainda que:

Esta ordem, idêntica para todas as coisas, não a fez nenhum dos Deuses, nem os homens, mas era sempre, é e será fogo eternamente vivo, que em medida se acende e em medida se apaga (frag. 30, apud REALE, 1994, vol. 1, p.68).

Heráclito, portanto, atribui o fundamento de todas as coisas não a uma substância material, mas a um processo natural, nomeadamente, fogo. A variação de diferentes estados e condições do fogo produz toda mudança. O devir é, sem dúvida, o aspecto central da doutrina de Heráclito e que se tornou célebre na fórmula “tudo flui” (*panta rhei*). Assim, para ele, o mundo não é uma coleção de coisas, mas uma constelação de processos (RESCHER, 1996, p.10). Do mesmo modo, Whitehead, no século XX, fixou o processo como a categoria central de sua filosofia, considerando o tempo, a mudança e a criatividade como fatores metafísicos distintivos (RESCHER, 1996, p. 20).

Processo é o aspecto mais característico e crucial da realidade e a metafísica de processo procura compreender o real a partir de conceitos como devir e mudança. Portanto, o ponto de partida da metafísica de processo vai contra a base da metafísica

ocidental, a qual, geralmente, posicionou-se a favor das coisas e das essências das coisas (RESCHER, 1996, pp.28-29). Assim, a metafísica de processo prioriza epistemológica e ontologicamente a atividade, ao invés da substância; o processo, ao invés do produto; a mudança, ao invés da persistência; e, finalmente, a novidade, ao invés da continuidade (RESCHER, 1996, p.31). Pode-se observar, no quadro 1, o contraste entre a metafísica de processo e a metafísica de substância.

Diante dessa perspectiva, a metafísica de processo é mais adequada à compreensão de muitos conceitos da biologia, como é o caso do conceito de Seleção Natural. É comum encontrarmos interpretações da Seleção Natural como um “mecanismo”, um “agente” ou uma “força”, ou seja, como alguma coisa que subsiste no mundo e atua sobre os organismos. Por exemplo, em livros didáticos: “o principal agente de modificações é a ação da seleção natural” (LOPES, 2006, p.226), ou na web: “É algumas vezes útil explicitar as diferenças entre mecanismos da seleção e seus efeitos” (WIKIPEDIA, 2009).

No entanto, a Seleção Natural não é um agente, uma força ou um mecanismo que subsiste e atua no mundo. Na verdade, ela satisfaz todos os critérios da metafísica de processo. Pode-se identificar seis aspectos que caracterizam um processo: suas ações são uniformes; não possui fronteiras nitidamente definidas; os acontecimentos são simultâneos e probabilísticos; os efeitos não são direcionados a um objetivo e são contínuos no tempo (FERRARI e CHI, 1998).

Quadro 1: Contraste conceitual entre metafísica de substância e metafísica de processo (Modificado a partir de RESCHER, 1996, p.35).

Metafísica de Substância	Metafísica de Processo
Individualidade discreta	Relação interativa
Separação	Totalidade
Condição (fixidez da natureza)	Atividade
Uniformidade da natureza	Inovação/novidade
Unidade do ser	Unidade da lei
Fixidez descritiva	Energia produtiva
Estabilidade classificatória	Fluidez e evanescência
Passividade	Atividade

A Seleção Natural é um processo e satisfaz todos os critérios que o caracteriza. O processo ocorre continuamente. Por mais adaptado um organismo, suas características adaptativas estão sendo influenciadas pela Seleção Natural. Não há fronteiras, não há um começo ou um fim predefinidos. A Seleção Natural é observada continuamente em cada geração: não é possível precisar o início e o fim de seu efeito sobre a população. As características dos indivíduos da população estão simultaneamente interagindo com os fatores ambientais (físico-químicos e outros organismos) com os quais essa população se relaciona, resultando em Seleção Natural. Desde que o surgimento de uma nova espécie é resultado da acumulação de determinadas características, no decorrer do tempo, a Seleção Natural não pode ser interpretada como se fosse uma força direcionada para atingir um objetivo específico. A seleção não visa atingir uma meta explícita, pois é passiva. O surgimento de uma nova espécie é resultado de um efeito probabilístico da acumulação de determinadas

características. Finalmente, os processos estão em interações dinâmicas, contínuas e nunca cessam. Assim, em nível histórico, as populações estão continuamente se modificando tanto em relação às suas populações ancestrais, quanto em relação a diferentes populações contemporâneas submetidas a isolamento reprodutivo (para todo esse parágrafo, veja também SHTULMAN, 2006 e SHTULMAN e SCHULZ, 2008).

De modo semelhante, várias propriedades químicas não podem ser reduzidas a propriedades substanciais. Acidez e basicidade, comportamento redox e efeitos de solventes em reações são alguns exemplos de propriedades químicas relacionais que dependem da interação entre moléculas e não unicamente da estrutura de uma molécula isolada. Mesmo ácidos minerais fortes, como os ácidos sulfúrico e clorídrico, podem se comportar como bases quando em presença de poderosos doadores de prótons, por exemplo, os superácidos. Nesses últimos, ácidos fracos como HF e SbF₅ podem se transformar em ácidos muito mais fortes apenas sendo misturados. Essa mistura torna-se ainda mais fortemente ácida na presença de SO₃. A energia dos processos químicos só pode ser entendida em termos relacionais, pois depende da quebra e da formação de ligações. A estrutura molecular é, nesse sentido, algo dinâmico que não pode ser considerado apenas como um grupo de átomos cujos número, tipo e arranjo geométrico determinam todas as suas propriedades químicas.

DOIS ESTUDOS DE CASO

No que segue, observa-se dois estudos de caso no sentido de exemplificar os usos do referencial teórico apresentado neste artigo. O primeiro refere-se às definições do conceito de ecossistema em livros didáticos brasileiros de biologia. O segundo trata da análise das respostas a duas questões de um questionário aplicado a alunos de pós-graduação em ecologia. Em ambos os estudos, primeiramente busca-se entender os significados do conceito de ecossistema tal como ele aparece na ecologia contemporânea a fim de se organizar uma metodologia de análise que considera os resultados da pesquisa científica. Desse modo, o alvo foi o conceito de ecossistema em um artigo de revisão sobre o tema (O'NEILL, 2001).

O'Neill (2001) destaca a importância do conceito de ecossistema como fundamental para o estudo dos sistemas ecológicos. Quando foi criado por Tansley, em 1935, o conceito de ecossistema estava associado a uma visão da natureza como algo relativamente constante. A Teoria de Análise de Sistemas⁶ fez com que o conceito de estabilidade passasse a fundamentar ainda mais essa noção de natureza em constante estado de equilíbrio. Por exemplo, segundo O'Neill, a ideia de estabilidade sustenta a definição de ecossistema de Eugene P. Odum, dada em 1953:

[...] natural unit that includes living and nonliving parts interacting to produce a stable system in which the exchange of materials between the living and nonliving parts follows circular paths [...] (Odum apud O'Neil, 2001)⁷.

⁶ Teoria desenvolvida pelo biólogo alemão Ludwig von Bertalanffy cujo objetivo é compreender a interação e o comportamento de sistemas complexos.

⁷ "Unidade natural que abrange o conjunto de seres vivos e de materiais inorgânicos os quais interagem a fim de constituir um sistema estável no qual o intercâmbio de materiais entre ambos segue trajetórias circulares". (Tradução nossa).

Essa concepção de ecossistema, a qual chamaremos essencialista⁸, é sustentada por uma visão associada à Análise de Sistemas que estabelece uma analogia entre ecossistema e máquina, tornando-se central para muitos ecólogos (O'NEILL 2001). O que garante essa visão do conceito de ecossistema, em particular, e da natureza, em geral, é a filosofia mecanicista, ou seja, a doutrina de que todos os fenômenos do universo são melhor explicados por meio de princípios mecânicos (PEIRCE, 1998 [1935], p.5).

De certa forma, essa analogia teve seus méritos, pois permitiu uma visão holística das propriedades do sistema, tais como ciclagem de nutrientes, e facilitou a comunicação de conceitos ecológicos com o público. Porém, segundo O'Neill, há problemas lógicos e científicos associados a esse conceito e ao da analogia com a máquina. Considerando os problemas enfrentados pelo conceito de ecossistema, tem-se a intenção de buscar os elementos representacionais inerentes à visão de mundo da ecologia. Começaremos abordando os conceitos de "fechamento estrutural", "homogeneidade espacial" e "estabilidade" que expressam propriedades que supostamente definiriam o ecossistema como unidade de organização em ecologia. Para atingir esse objetivo, considera-se a concepção de ecossistema defendida por O'Neill, a qual chamaremos processual.

A concepção essencialista de ecossistema faz uso da noção de fechamento estrutural, pois considera que essa unidade ecológica estaria ocupando um espaço específico. Classicamente, cita-se como exemplo uma microbacia para os sistemas terrestres ou um lago para os sistemas aquáticos. Os limites espaciais que o definiriam foram obviamente considerados abertos, caso contrário não haveria intercâmbio de organismos, energia e matéria dos quais o sistema depende para manter sua estrutura e função. No entanto, esse conceito de ecossistema assume que as interações e *loops de feedback* necessários e suficientes para explicar sua dinâmica ocorreriam em determinados limites espaciais.

Segundo O'Neill, o problema com o pressuposto da concepção essencialista é o de que a distribuição espacial das populações componentes do ecossistema pode ser muito mais ampla do que os limites do ecossistema. Alternativamente, a concepção processual propõe que a área mínima necessária para se definir o ecossistema não seja o limite do ecossistema local, mas a amplitude de dispersão dos seus componentes bióticos. Porém, embora seja mais realista considerar dispersão como indicadora de área de ecossistema, observa-se que esta provoca dificuldades metodológicas e operacionais em estudos empíricos, pois em um ecossistema haverá necessariamente uma diversidade de organismos como amplitudes de dispersão distintas.

A concepção essencialista exige que ecossistemas tenham homogeneidade espacial. O que torna crítica a adoção de tal pressuposto é que uma maior amplitude de área seria exigida para manter toda uma gama de populações necessárias à estabilidade do sistema. Tal como uma espécie muito especializada, um ecossistema espacialmente homogêneo pode não responder a mudanças e, por isso, tornar-se-ia instável. Nesse caso, a concepção processual propõe que a faixa potencial de dispersão não seja constante e uniforme e que a homogeneidade espacial dependa da escala de observação.

⁸ Os argumentos serão desenvolvidos mais adiante.

Finalmente, a concepção essencialista afirma que ecossistemas são entidades estáveis. No entanto, estabilidade também depende da escala de observação. Por exemplo, quando se considera todo o espectro espaço-temporal de distúrbios, percebe-se que ecossistemas são instáveis. A estabilidade é perceptível somente em escalas temporais reduzidas. Dado tempo suficiente, a probabilidade de eventos catastróficos torna-se igual a 1,0. Nesse caso, a concepção processual propõe que a estabilidade de um ecossistema local dependa da escala de tempo de observação. Curiosamente, Clements (1936) que propôs o conceito de superorganismo para caracterizar a sucessão em comunidades vegetais, preconizava que a sucessão seria temporalmente caracterizada em um intervalo de 10 a 300 anos. O que ocorresse antes e depois não seria sucessão ecológica e, portanto, não influenciaria na ocorrência desse processo.

Neste momento, tem-se o objetivo de encontrar os fundamentos metafísicos que sustentem a concepção essencialista e a concepção que é conhecida como processual. O quadro 1 (seção 4 deste artigo) mostra o contraste conceitual entre metafísica de substância e metafísica de processo. Salienta-se que a análise será feita tendo-o como base.

O primeiro par de conceitos refere-se a individualidades discretas, como elemento conceitual da metafísica de substância, em oposição à relação interativa característica da metafísica de processos. A presente análise mostrou que a concepção clássica fundamenta-se no conceito de fechamento estrutural, enquanto a concepção processual foca o conceito a partir de um ponto de vista interacional. Essa visão relacional também vincula a concepção processual ao elemento conceitual de totalidade, em oposição ao de separação, satisfazendo também os critérios da metafísica de processo no que diz respeito ao segundo par de conceitos do quadro 1.

Quanto ao terceiro par de conceitos, condição X atividade, a concepção essencialista fundamenta-se em uma visão estática da realidade, enquanto a concepção processual focaliza na sua atividade, crítica ao conceito de estabilidade, pois a estabilidade depende da escala em que se observa. Essa característica é salientada por Rescher (2008): "as coisas duradouras não são mais do que padrões de estabilidade em um mar de processos". Os conceitos de heterogeneidade e instabilidade também minam a concepção essencialista de uniformidade e estabilidade, pois a novidade (o intercâmbio e dispersão de organismos) bem como a heterogeneidade espacial e a instabilidade ao longo do tempo seriam a regra.

Verifica-se que a análise do conceito de ecossistema revela visões cientificamente estruturadas e diametralmente opostas. Tal conclusão é corroborada pela filosofia da ecologia segundo a qual "para se compreender os sistemas vivos, a ênfase deve mudar de leis fixas para a descrição do processo" (ULANOWICZ, 2009, p.117). Em seguida, faremos a análise do conceito de ecossistema em livros didáticos de biologia e na concepção de alunos de pós-graduação em ecologia.

Primeiro estudo: o conceito de ecossistema em livros didáticos de Biologia

No estudo a seguir, observa-se a pergunta "Que concepção os livros didáticos propagam sobre o modo de categorização do conceito de ecossistema?". Para responder a essa questão, foram analisados nove livros de biologia para o Ensino Médio, aprovados no PNLDEM/MEC-2009 (Quadro 2).

Quadro 2: Livros didáticos de biologia analisados

Livros analisados	Autores e ano
Bio – volume único	Lopes e Mendonça (2006)
Biologia: Biologia das Populações – volume 3	Amabis e Martho (2009)
Biologia Hoje – volume 3	Linhares e Gewandsjander (2008)
Biologia – volume 3	Paulino (2008)
Biologia 3 – volume 3	Silva Júnior e Sasson (2005)
Biologia – volume único	Favaretto e Mercadante (2005)
Biologia – volume único	Adolfo, Crozeta e Lago (2005)
Biologia – volume único	Laurence (2005)
Biologia 2 – volume 2	Frota-Pessoa (2008)

Em Adolfo, Crozeta e Lago (2005), o ecossistema é definido como “[...] conjunto de interações, formado pelo ambiente físico (fatores abióticos) e a comunidade (fatores bióticos). Os fatores abióticos correspondem aos componentes físico-químicos do ambiente, como o solo, a água, o ar, a temperatura, a salinidade, a pressão. Já os fatores bióticos são constituídos pelos seres vivos” (p.15). Assim, é explícita a interação entre os fatores vivos e os abióticos no ecossistema dessa definição. Ao demonstrar que ele apresentaria uma estrutura fechada, apresenta-se de acordo com a concepção essencialista.

Em seguida, esses autores afirmam que “O ecossistema é uma estrutura autossustentável que deve apresentar 3 níveis básicos de seres vivos: os produtores, os consumidores e os decompositores” (p.15). No referido contexto, é claro que a ideia de autossustentabilidade localiza o conceito na concepção essencialista, pois autossustentabilidade sugere um sistema fechado.

Em Amabis e Martho (2009), “O termo ecossistema foi utilizado pela primeira vez em 1935 pelo ecólogo inglês Arthur Tansley (1871-1955) para descrever uma unidade em que seres vivos (biocenose) e componentes não vivos (biótopo) interagem, formando um sistema estável” (p.328). Mais uma vez, a presente a concepção essencialista afirma que ecossistema é uma unidade fechada e estável.

Em seguida, os autores afirmam que “Os princípios que definem um ecossistema aplicam-se em todas as escalas, desde um pequeno lago até o nível planetário. Assim, um ecossistema pode ser tanto uma floresta, um lago, uma ilha ou um recife de corais como um aquário autossuficiente, com plantas, peixes, bactérias, algas etc.” (p.328). Nesse trecho, as ideias de fechamento e estabilidade se consolidam.

Silva Júnior e Sasson (2005) definem o ecossistema da seguinte maneira: “O ecossistema tem uma parte biótica, viva, representada pela comunidade, e uma parte abiótica, não viva, que inclui todos os fatores físicos e químicos do ambiente. Os ecossistemas podem ser pequenos, como uma lagoa, ou grandes, como a Floresta Amazônica. Independentemente de seu tamanho, em todos eles ocorre um intercâmbio de matéria e energia. Além disso, cada ecossistema também troca matéria e energia com os ecossistemas vizinhos” (p.306). Nessa perspectiva, a ideia de haver interação entre os componentes é explícita como também o é a de que os limites de um ecossistema dependem da dispersão de seus componentes. Assim, a concepção desses autores é mais próxima da processual.

Favaretto e Mercadante (2005) definem: “Um ecossistema é um sistema autossustentado, que inclui fatores bióticos (comunidade) e fatores abióticos (físicos e químicos)” (p.9). Ao considerar o ecossistema como autossustentado e nada mais dizer sobre suas propriedades, a definição compromete-se com uma concepção essencialista.

Laurence (2005) define no capítulo 2 (Vida e Energia) ecossistemas como “conjuntos dinâmicos, pois seus diversos componentes interagem permanentemente” (p.33). No capítulo 4 (Ecossistemas e populações) os “conjuntos dinâmicos” são definidos como “populações que interagem entre si e com os fatores abióticos do meio, em determinado local e em um mesmo intervalo de tempo” (p.62). Nesse caso, a natureza dinâmica dos ecossistemas poderia ser exemplificada pelo “fato de seres vivos servirem de alimento para outros seres vivos e a alteração da atividade vital em função das variações climáticas nas diferentes épocas do ano” (p.33). As variações ocorrem, mas “há um relativo equilíbrio, o equilíbrio ecológico, que garante a preservação das diferentes formas vivas” (p.33). Ao enfatizar o dinamismo existente entre os seres vivos de um ecossistema, Laurence aproxima sua definição da concepção processual de ecossistema, porém, a dinâmica e o equilíbrio entre as populações ocorre em “determinado local”, o que evidencia uma estrutura estável e fechada.

De acordo com Linhares e Gewandsjander (2008), “A reunião e a interação da comunidade com o ambiente físico formam um sistema ecológico ou ecossistema. Uma floresta, com sua vegetação, seus animais, seu tipo de solo e seu clima característico, é um ecossistema, assim como um lago, um oceano um tronco de árvore e um simples aquário” (p.326). Nessa citação, percebe-se uma determinação rígida dos limites, deixando claro que o ecossistema é constituído por seus próprios componentes, desconsiderando-se, sobretudo, a abertura e interação com outros ecossistemas.

Em Lopes e Mendonça (2006), vê-se: “O conjunto formado pela comunidade e pelos componentes abióticos que atuam sobre ela corresponde ao ecossistema. Assim, a palavra ecossistema é um termo técnico para a palavra natureza. O conjunto de todos os ecossistemas da Terra, ou seja, a camada da Terra que contem seres vivos forma a biosfera” (p.297). Embora críticas severas possam ser feitas a essa definição, pois se imagina que a natureza seja mais ampla do que a biosfera, nota-se uma intenção de entender os ecossistemas como entidades abertas, o que a aproximaria da concepção processual de ecossistema. No entanto, adiante, afirmam que “Os ecossistemas são (...) unidades funcionais básicas em que os componentes bióticos e abióticos interagem e estão inseparavelmente relacionados” (p.297). Nesse trecho, há a ideia de fechamento estrutural e, assim, pode-se interpretar a visão propagada por esse livro oscilando entre a concepção essencialista e a processual do conceito de ecossistema.

Frota-Pessoa (2008) admite que “estudando também as relações entre a comunidade e o ambiente físico, estaremos tratando do ecossistema como um todo” (p.68). A estrutura fechada aparece nitidamente, o que permite classificá-la como essencialista. Em seguida, afirma que “o aspecto de um ecossistema depende das características de solo e clima de cada local e das espécies que nele se instalaram” (p.68). Na referida parte, percebe-se, mais uma vez, estrutura fechada, pois se considera apenas o solo e o clima do local, bem como a influência das espécies que ali vivem, o que permite enquadrar tal explicação na concepção essencialista.

No livro de Paulino (2008), há a seguinte definição de ecossistema: “Conjunto formado pela comunidade e pelo meio ambiente. O ecossistema – considerado a unidade ecológica básica – compreende o conjunto das interações dos seres vivos de uma comunidade entre si e com os diversos fatores físico-químicos do meio ambiente, como temperatura e água” (p.217). Dessa maneira, o autor concebe o ecossistema como unidade isolada e fechada, caracterizando-a como essencialista.

Os contrastes derivados da análise estão no quadro 3. Percebe-se que, exceto um livro, os demais apresentam a concepção essencialista de ecossistema. No entanto, em dois deles foram também encontradas a concepção processual.

Quadro 3: Resultado da análise da concepção de ecossistema nos livros didáticos de biologia

Obra analisada	Concepção essencialista	Concepção processual
Adolfo, Crozeta e Lago (2005)	X	
Amabis e Martho (2009)	X	
Favaretto e Mercadante (2005)	X	
Frota-Pessoa (2008)	X	
Laurence (2005)	X	X
Linhares e Gewandsjander (2008)	X	
Lopes e Mendonça (2006)	X	X
Paulino (2008)	X	
Silva Júnior e Sasson (2005)		X

Desse modo, a resposta à questão “Que concepção alunos de pós-graduação em ecologia expressam sobre o conceito de ecossistema quanto aos aspectos metafísicos?” é a de que há predomínio da concepção essencialista de ecossistema em livros didáticos de biologia do Ensino Médio. Conseqüentemente, o conceito de ecossistema em tais livros indica o compromisso dos autores com a visão das categorias que é sustentada por uma metafísica de substância. Todavia, como foi visto, tanto essa concepção de categorização quanto a metafísica que a sustenta não são apropriadas para a ecologia.

Segundo estudo: o conceito de ecossistema na concepção de alunos de pós-graduação em ecologia

No segundo estudo, verifica-se a questão “Que concepção alunos de pós-graduação em ecologia expressam sobre o conceito de ecossistema quanto aos aspectos metafísicos?”. Desse modo, torna-se possível examinar a aplicabilidade⁹ do referencial teórico-metodológico apresentado no presente artigo, examinar a concepção expressa por estudantes em processo de qualificação, bem como examinar se o processo de qualificação tem interferido na concepção dos alunos de pós-graduação.

Vinte alunos do programa de pós-graduação em ecologia da Universidade Federal do Ceará foram os sujeitos da pesquisa. Dentre eles, onze eram mestrandos (55%) e nove doutorandos (45%). Todos os alunos concordaram em participar da pesquisa, por meio

⁹ Obviamente, este não pode ser se não fracamente cumprido, dada a natureza interpretativa da pesquisa educacional.

do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e os dados foram coletados durante uma das aulas do programa de pós-graduação.

A coleta de dados ocorreu por meio de um questionário contendo nove itens. No entanto, somente dois se associavam à proposta do presente trabalho. O primeiro item perguntava sobre o conceito de ecossistema mantido pelos alunos (Figura 3).

O que é ecossistema para você?

Figura 3: Primeiro item.

O segundo item (Figura 4), apresentava nove conceitos relacionados à ecossistema e os alunos deveriam categorizá-los em 3 categorias (1 – pouca importância, 3 – média importância e 5 – grande importância).

Após coletados, os dados foram analisados e categorizados segundo o referencial teórico-metodológico apresentado e os resultados foram submetidos à análise estatística com o objetivo de identificar a expressão das concepções essencialista e processual, para o conceito de ecossistema, nos sujeitos da pesquisa. Para o tratamento estatístico, utilizou-se o software SPSS® 19 da IBM®.

O primeiro tratamento estatístico realizado foi a Correlação de Spearman (Tabela 1). Os conceitos apresentados no segundo item do instrumento de coleta de dados possibilitam examinar a expressão da concepção essencialista ou processual nas definições de ecossistema dos pós-graduandos.

Para cada um dos conceitos abaixo, classifique com a nota 1 aqueles de pouca importância, 3 para os de média importância e 5 para os de grande importância em uma definição de ecossistema.

() Estabilidade () Instabilidade () Fechamento espacial
 () Ausência de fronteiras nítidas no espaço () Homogeneidade espacial
 () Heterogeneidade espacial () Homogeneidade temporal
 () Heterogeneidade temporal () Complexidade

Figura 4: Segundo item.

A medida de Correlação de Spearman mede a intensidade da relação entre duas variáveis que sejam ordinais ou não possuam distribuição normal. Essa correlação, além de não necessitar de suposições acerca da distribuição das variáveis, consegue captar relações não lineares. A correlação varia entre -1 e 1. Quanto mais próximo estiver desses extremos, maior será a associação entre as variáveis. O sinal negativo da correlação significa que as variáveis variam em sentido contrário, isto é, as categorias mais elevadas de uma variável estão associadas a categorias mais baixas da outra variável.

A Correlação de Spearman apresenta, como resultado, a oposição entre as concepções essencialista e processual utilizadas no segundo item do instrumento de coleta de dados. Assim, os conceitos propostos para análise teórico-metodológica da definição de ecossistema mostraram-se coerentes e alinhados com as categorias essencialista e processual, ou seja, as concepções de mesma categoria apresentam correlação positiva; já as opostas, correlação negativa.

Outro resultado que se pode observar relaciona-se às correlações que foram estatisticamente significativas (marcadas por * na Tabela 1, apresentando $p < 0,05$ e confiabilidade de 95%). A significância entre as correlações aponta os principais conceitos que, nos dados desta pesquisa, podem ser potencializados para distinguir a expressão da concepção essencialista da processual, nas respostas dadas ao primeiro item do instrumento de coleta de dados. Desse modo, os resultados apontam que é significativo procurar as diferenças por oposição entre os conceitos de estabilidade e de ausência de fronteira nítida no espaço. A significância desses dois conceitos no teste de Correlação de Spearman significa que a grande maioria dos respondentes expressou um ou outro nas respostas.

O teste de Spearman também aponta outros três coeficientes de correlação significativamente positivos (Homogeneidade temporal e espacial – confirmando a concepção essencialista; heterogeneidade temporal e espacial – confirmando a concepção processual; heterogeneidade temporal e ausência de fronteira nítida no espaço – confirmando a concepção processual) que podem ser utilizados para confirmar a pertença em uma concepção (essencialista ou processual). Ou seja, normalmente, os respondentes expressam uma das três duplas de conceitos nas respostas. Vê-se alguns exemplos.

ALUNO 02: “O ecossistema envolve todas as relações entre os organismos, sejam vegetais e/ou animais, e com os fatores abióticos em uma determinada área.”

Na resposta ao primeiro item, o aluno dois expressa a concepção essencialista, pois define ecossistema como uma unidade determinada em relação ao tempo-espaço que ocorre de forma estável. Observa-se a presença da estabilidade em função de um ambiente autorregulável e autossustentável e das homogeneidades espacial e temporal (“[...] em uma determinada área.”)=

ALUNO 11: “É a interação entre fatores bióticos e abióticos, com ênfase em fluxos de massa e de energia.”

Ao responder o primeiro item, o aluno onze expressa a concepção processual. O aluno onze não limita, na resposta, as fronteiras espaciais definidoras do ecossistema. Também denota ênfase ao fluxo de matéria e energia como fundamentais na definição conceitual de ecossistema, expressando a ideia processual.

A análise qualitativa do primeiro item do instrumento de coleta de dados dos vinte alunos da pós-graduação mostrou que 70% das respostas expressam a concepção essencialista para definição de ecossistema. Dessa forma, assim como na análise dos livros didáticos, observou-se a predominância de uma definição sustentada na metafísica essencialista. Tal resultado alinha-se à afirmação de O’Neill (2001) de que o conceito de ecossistema é fundamental para o estudo dos sistemas ecológicos e, também, para o ensino de ciências.

Diante dos resultados observados, levantou-se o seguinte questionamento: Haveria distinta expressão nas concepções essencialista ou processual entre mestrandos e doutorandos? Para responder a tal pergunta, as respostas apresentadas no primeiro e segundo itens do instrumento de coleta de dados foram submetidas ao teste estatístico Qui-Quadrado.

TABELA 1: Índices de correlação de Spearman entre as categorias.

CORRELAÇÃO DE SPEARMAN		CONCEPÇÃO ESSENCIALISTA				CONCEPÇÃO PROCESSUAL				
		Estabilidade	Fechamento Espacial	Homogeneidade Espacial	Homogeneidade Temporal	Ausência de fronteira nítida no espaço	Instabilidade	Heterogeneidade Espacial	Heterogeneidade Temporal	Complexidade
Estabilidade	Coefficiente de correlação	1,000	0,151	0,232	0,326	-0,552*	-0,075	-0,104	-0,262	-0,063
	Significância (2-tailed)	0,000	0,538	0,340	0,173	0,014	0,761	0,673	0,279	0,798
Fechamento Espacial	Coefficiente de correlação		1,000	0,238	0,113	-0,076	-0,318	-0,224	-0,010	-0,396
	Significância (2-tailed)		0,000	0,326	0,646	0,757	0,171	0,358	0,968	0,084
Homogeneidade Espacial	Coefficiente de correlação			1,000	0,467*	-0,283	-0,289	-0,205	-0,026	-0,159
	Significância (2-tailed)			0,000	0,044	0,241	0,230	0,399	0,915	0,515
Homogeneidade Temporal	Coefficiente de correlação				1,000	-0,065	-0,244	-0,223	-0,072	-0,441
	Significância (2-tailed)				0,000	0,792	0,315	0,359	0,771	0,059
Ausência de fronteira nítida no espaço	Coefficiente de correlação					1,000	0,246	0,046	0,461*	0,036
	Significância (2-tailed)					0,000	0,310	0,853	0,047	0,884
Instabilidade	Coefficiente de correlação						1,000	0,099	0,124	0,169
	Significância (2-tailed)						0,000	0,688	0,603	0,476
Heterogeneidade Espacial	Coefficiente de correlação							1,000	0,559*	0,081
	Significância (2-tailed)							0,000	0,013	0,743
Heterogeneidade Temporal	Coefficiente de correlação								1,000	0,158
	Significância (2-tailed)								0,000	0,505
Complexidade	Coefficiente de correlação									1,000
	Significância (2-tailed)									0,000

*Correlação estatisticamente significativa $p < 0.05$ (2-tailed).

O Qui-Quadrado é um teste de hipótese que avalia a associação existente entre variáveis qualitativas, como é o caso das variáveis desse estudo. É um teste não paramétrico, ou seja, não depende dos parâmetros populacionais, como média e variância (SANTOS, 2007). A hipótese testada é a de que as frequências observadas não são diferentes das frequências esperadas, o que significa que não existe diferença entre as frequências (contagens) dos grupos.

O teste Qui-quadrado de tendência só é utilizado se pelo menos uma das variáveis possua categorias que seguem alguma ordenação natural. Por exemplo, alunos da pós-graduação (mestrado e doutorado) deveriam responder ao segundo item em três categorias: 1 – pouca importância, 3 – média importância e 5 – grande importância. Então, o teste é utilizado para avaliar se há diferença de expressão na concepção essencialista e processual entre os pós-graduandos.

Além disso, o teste Qui-quadrado confirmou que a maioria dos pós-graduandos expressa a concepção essencialista. Entretanto, 90% reconhecem que a definição de ecossistema deve possuir conceitos que a aproximam da concepção processual. Tal expressão foi estatisticamente significativa (índice de confiabilidade de 95% – $p < 0,05$).

Por fim, o teste Qui-quadrado mostrou que os doutorandos atribuíram maior importância (nível 5 – grande importância – para o segundo item do instrumento de coleta de dados) aos conceitos processuais. Isto evidencia que a expressão da concepção processual nos doutorandos foi mais evidente, assim como, em ambas as respostas (primeiro e segundos itens do instrumento de coleta de dados).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo clássico de categorização não é adequado para fundamentar conceitos da biologia e da química; esses conceitos não podem ser definidos de acordo com critérios necessários e suficientes. Do mesmo modo, a metafísica essencialista que sustenta o modelo clássico de categorização mostra-se um obstáculo para o entendimento de muitos conceitos científicos. A natureza histórica dos fenômenos biológicos e a necessidade de uma abordagem à variação e à diversidade, em biologia, e a natureza relacional de conceitos químicos requerem o abandono da metafísica essencialista e uma opção pela metafísica dos processos. No entanto, esses aspectos da cognição, bem como sobre os fundamentos metafísicos de nossa compreensão da realidade, ainda são pouco explorados na literatura sobre ensino de ciências.

Na biologia escolar, em uma tentativa de se chegar ao conceito de espécie como foi formulado por Lineu, gasta-se um tempo relativamente grande no estabelecimento de características necessárias e suficientes para se caracterizar morfologicamente seres vivos. Mas esse conceito não tem mais validade do ponto de vista científico. Da mesma forma, na química, a quase totalidade dos ácidos apresentados tem hidrogênio em sua fórmula e, ao final, o aluno fica com a impressão de que ácido é uma substância que contém hidrogênio na sua fórmula e que, ao contrário, não se trata de um comportamento químico que sempre tem sua contrapartida relacional, a base. Seria importante investigar qual a origem dessas distorções nos programas escolares de química e biologia. Por que se mantém essa postura de se ensinar uma metafísica em completo

desacordo com a ciência contemporânea? Será que os professores têm consciência disso? O que poderia ser feito na formação inicial para corrigir esses rumos?

A construção do conhecimento científico em sala de aula requer uma atenção especial ao que foi discutido acima. Tratar conceitos de forma clássica e essencialista pode dificultar a compreensão da maioria dos fenômenos biológicos e químicos.

A presente pesquisa realizou dois estudos de caso e verificou em ambos que a compreensão do conceito de ecossistema encontra-se sustentado pela metafísica essencialista. Tanto livros didáticos de biologia do Ensino Médio quanto alunos de pós-graduação pesquisados expressaram uma visão essencialista de ecossistema. Tais estudos de caso ilustram a validade do referencial teórico-metodológico apresentado neste artigo e apontam para as possibilidades de uso em relação a outros conceitos.

Assim, são necessárias pesquisas que visem construir estratégias para o ensino dessas ciências, sustentadas por modelos de categorização não clássicos e por uma metafísica de processos. Do mesmo modo, fazem-se indispensáveis pesquisas que se proponham a esclarecer as condições de definição dos conceitos e os seus aspectos metafísicos e ontológicos.

REFERÊNCIAS

- ADOLFO, A.; CROZETA, M. e LAGO, S. **Biologia**. São Paulo: IBEP.2005.
- AMABIS, J. M. e MARTHO, G. R. **Biologia das Populações**. São Paulo: Moderna. 2009.
- BROWN, R. How Shall a Thing Be Called? **Psychological Review**, 65: 14-21, 1958.
- CLEMENTS, F. E. Nature and Structure of the Climax. **Journal of Ecology**. 24:252-84, 1936.
- CHI, M. T. H. Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In GIERE, R. N. (Ed.), **Cognitive models of science**, pp.129-186, 1992.
- CHI, M. T. H. Creativity: shifting across ontological categories flexibly. In: WARD, S. M., SMITH; VAID, J. (Eds.), **Creative Thought: An Investigation of Conceptual Structures and Processes**, pp.209-234. Washington: American Psychological Association, 1997.
- CHI, M. T. H., SLOTTA, J. D.; De LEEUW, N. From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts. **Learning and Instruction**, 4: 27-43, 1994.
- DAWKINS, R. **O relojoeiro cego**. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.
- ERESHEFSKY, M. Species. **Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Disponível em: <http://plato.stanford.edu/entries/species/>, 2007. (Acesso em 01/06/2009)
- EVANS, W.; GREEN, M. **Cognitive linguistics. An introduction**. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 2006.
- FAVARETTO, J. A. e MERCADANTE, C. **Biologia**. São Paulo: Moderna. 2005.
- FERRARI, M.; CHI, M. T. H. The nature of naive explanations of natural selection. **International Journal of Science Education**, 20, 1231-1256, 1998.
- FROTA-PESSOA, O. **Biologia 2**. São Paulo: Editora Scipione. 2008.

- FUTUYMA, D. **Biologia Evolutiva**. 2 Ed. Ribeirão Preto: SBG/CNPq, 1997.
- GELMAN, S. A.; WELLMAN, H. M. Insides and essences: early understanding of the nonobvious. **Cognition**, 38: 213-244, 1991.
- GLOCK, H.J. **Dicionário Wittgenstein**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1998.
- GOULD, S. J. **A Galinha e Seus Dentes**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.
- GOULD, S. J. **Full house: the spread of excellence from Plato to Darwin**. New York: Three Rivers Press, 1996.
- HULL, D. The effect of essentialism on taxonomy: 2000 years of stasis. **British Journal for the Philosophy of Science**, 15/16: 314-326, 1965.
- HULL, D. **Darwin and his critics: The Reception of Darwin's Theory of Evolution by the Scientific Community**. Cambridge: Harvard University Press, 1973.
- HULL, D. Contemporary systematic philosophies. In Sober, E. (Ed.). **Conceptual issues in evolutionary biology**. pp.567-602. Cambridge: MIT Press, 1984.
- LAKOFF, G. **Categories and Cognitive Models**. Series A, n. 96, Trier: Linguistic Agency University Trier, 1982.
- LAKOFF, G. **Women, Fire, and Dangerous Things**. Chicago: The University of Chicago Press, 1987.
- LAURENCE, J. 2005. **Biologia**. São Paulo: Nova Geração. 2005.
- LEAR, J. **Aristotle: the desire to understand**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- LINHARES, S. e GEWANDSZNAJDER, F. **Biologia Hoje**. São Paulo: Ática. 2008.
- LOPES, S. **Bio: volume 3**. São Paulo: Saraiva, 2006.
- LOPES, S. e MENDONÇA, V. L. **Bio – volume 3**. São Paulo: Saraiva. 2006.
- MAYR, E. **The growth of biological thought**. Cambridge: Harvard University Press, 1982.
- MAYR, E. **O que é a evolução**. Rio de Janeiro: Rocco, 2009.
- O'NEILL, R. V. Is it time to bury the ecosystem concept? (With full military honors, of course!). **Ecology**, 82 (12): 3275-3284, 2001.
- PAULINO, W. R. **Biologia 3**. São Paulo: Ática. 2008 .
- PEIRCE, C. S. The architecture of theories. In: Browning, D. e Myers, W. T. **Philosophers of process**. Pp.4-14. New York: Fordham University Press. 1998 [1935].
- REALE, G. **História da Filosofia antiga** (Cinco volumes). São Paulo: Loyola, 1994.
- REED, S. K. **Cognition. Theories and applications**. Belmont: Wadsworth, 2009.
- RESCHER, N. **Process metaphysics**. Albany: State University of New York Press, 1996.
- RESCHER, N. **Process philosophy**. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2000.
- RESCHER, N. Process philosophy. **Stanford Encyclopedia of Philosophy**. Disponível em: <http://plato.stanford.edu/entries/process-philosophy/>, 2008 (Acesso: 03/07/09)
- ROSCH, E., Mervis, C. B., Gray, W. D., Johnsen, D. M. and Boyes-Braem, P. Basics objects in natural categories. **Cognitive Psychology**, 8: 382-440, 1976.

-
- ROSS, D. **Aristóteles**. Lisboa: Dom Quixote, 1987.
- RUDOLPH, J. L.; STEWART, J. Evolution and the Nature of Science: On the Historical Discord and Its Implications for Education. **Journal of Research In Science Teaching**, 35: 1069-1089, 1998.
- SANTOS, Carla. **Estatística Descritiva - Manual de Auto-aprendizagem**, Lisboa, Edições Sílabo, 2007.
- SHTULMAN, A. Qualitative differences between naïve and scientific theories of evolution. **Cognitive Psychology**, 52: 170-194, 2006.
- SHTULMAN, A.; SCHULZ, L. The relation between essentialist beliefs and evolutionary reasoning. **Cognitive Science**, 32: 1049-1062, 2008.
- SILVA, F. A. R. **O darwinismo e os biólogos. Um estudo sobre a natureza das concepções alternativas sobre evolução**. (Monografia de Conclusão de Curso). Belo Horizonte: Faculdade de Educação, UFMG, 2000.
- SILVA JÚNIOR, C. e SASSON, S. **Biologia Volume 3**. São Paulo: Saraiva, 2005.
- ULANOWICZ, R. E. **A third window. Natural life beyond Newton and Darwin**. West Conshohocken: Templeton Foundation Press. 2009.
- WAKE, D. B. (1997). Incipient species formation in salamanders of the *Ensatina* complex. **Proceedings of the National Academy of Science of the USA**, 94: 7761–7767.
- WHITEHEAD, A. N. **Process and reality**. New York: Macmillan, 1978 [1929].
- WIKIPEDIA. **Seleção Natural**. In: http://pt.wikipedia.org/wiki/Sele%C3%A7%C3%A3o_natural, 2009. (Acessado em 16/11/2009)
- WILKINS, J. S. **Species. A history of the idea**. Los Angeles: University of California Press, 2009.
- WITTGENSTEIN, L. **Investigações Filosóficas**. São Paulo: Abril Cultural, Coleção Os Pensadores, 1979.
- ZADEH, L. Fuzzy sets. **Information and Control**, 8:338-353, 1965.

Submetido em junho de 2012, aceito em fevereiro de 2013.