



## PROPOSTA DE INSTRUMENTO DIAGNÓSTICO PARA FORNECER INDICATIVOS ACERCA DA COMPREENSÃO DOS CONHECIMENTOS BIOLÓGICOS E SUAS INTER-RELAÇÕES

Proposition of diagnostic tool to provide indicatives about the understanding of biological knowledge and their interrelationships

**Ana Maria de Andrade Caldeira<sup>1</sup>**  
**Paloma Rodrigues Siebert<sup>2</sup>**  
**André Luis Corrêa<sup>3</sup>**  
**Fernanda Aparecida Meghioratti<sup>4</sup>**  
**Fernanda da Rocha Brando<sup>5</sup>**  
**Fúlvia Eloá Maricato<sup>6</sup>**  
**Lourdes Aparecida Della Justina<sup>7</sup>**  
**Mariana Aparecida Bologna Soares de Andrade<sup>8</sup>**  
**Thais Benetti de Oliveira<sup>9</sup>**  
**Thais Gimenez da Silva Augusto<sup>10</sup>**

Cómo citar este artículo: Caldeira, A.M.A., Siebert, P.R., Corrêa, A.L., Meghioratti, F.A., Brando, F.R., Maricato, F.E., Justina, L.A.D., Andrade, M.B.S., Oliveira, T.B. y Augusto, T.G.S. (2016). Proposta de instrumento diagnóstico para fornecer indicativos acerca da compreensão dos conhecimentos biológicos e suas inter-relações. *Góndola, Ensêñ Aprend Cienc*, 11(1), 128-146. doi: 10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n1.a9

Recibido: 16 de marzo 2016 / Aceptado: 24 de junio de 2016

1. Professora Doutora da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Bauru/SP, Brasil. [anacaldeira@fc.unesp.br](mailto:anacaldeira@fc.unesp.br).
2. Professora Doutora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), Santarém/PA, Brasil. [paloma.siebert@ifpa.edu.br](mailto:paloma.siebert@ifpa.edu.br).
3. Professor Doutor Visitante da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus/BA, Brasil.
4. Professora Doutora da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel/PR, Brasil. [meghioratti@gmail.com](mailto:meghioratti@gmail.com).
5. Professora Doutora da Universidade de São Paulo (USP), Ribeirão Preto/SP, Brasil. [ferbrando@ffclrp.usp.br](mailto:ferbrando@ffclrp.usp.br).
6. Professora Doutora da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá/PR, Brasil. [femaricato@gmail.com](mailto:femaricato@gmail.com).
7. Professora Doutora da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel/PR, Brasil. [lourdesjustina@gmail.com](mailto:lourdesjustina@gmail.com).
8. Professora Doutora da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina/PR, Brasil. [mariana.bologna@gmail.com](mailto:mariana.bologna@gmail.com).
9. Doutor(a) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Bauru/SP, Brasil. [thaisbbb@hotmail.com](mailto:thaisbbb@hotmail.com).
10. Professora Doutora da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Jaboticabal/SP, Brasil. [thaisgime@gmail.com](mailto:thaisgime@gmail.com).

## Resumo

Nesse artigo são descritas as etapas do processo de elaboração e validação de uma escala avaliativa do tipo Likert, com o objetivo de sistematizar as respostas dos alunos de graduação em Ciências Biológicas em relação: 1) à presença ou não da compreensão do conhecimento científico; e 2) à existência ou não da articulação entre os conhecimentos científicos, de modo a contemplar um pensamento sistêmico sobre os fenômenos naturais. A escala proposta foi validada pelos testes Alpha de Cronbach ( $\alpha = 0,741$ ), KMO (0,779) e Bartlett (0,000). Foi realizada uma Análise Multivariada, tipo Análise dos Componentes Principais (ACP). Entendese que este tipo de instrumento permite que uma ampla quantidade de dados seja coletada e que grupos possam ser eficientemente comparados, o que justificou a elaboração da escala avaliativa aqui apresentada.

**Palabras claves:** ensino de biologia, escala avaliativa, likert, conhecimento sistêmico, conhecimento fragmentado.

## Abstract

This paper describes the developing and validating steps of a Likert's evaluative scale. The aim is to systematize the answers of Biological Sciences students about to: 1) Understanding or not understanding the scientific knowledge, and 2) If there is a relationship among scientific concepts in order to contemplate a systemic thinking about natural phenomena. The described scale was validated by Cronbach's Alpha tests ( $\alpha = 0.741$ ), KMO (0.779) and Bartlett (0.000). A multivariate analysis was fulfilled type Principal Component Analysis (PCA). We understood this kind of instrument allows us a large amount of data to be collected and it groups can be compared efficiently, which justified the development of evaluative scale presented here.

**Keywords:** biology education, evaluative scale, likert, systemic knowledge, fragmented knowledge.

---

## Introdução

A ciência moderna, desde sua constituição, tem sido caracterizada pela crescente especialização das subáreas de conhecimento, o que interfere ou, muitas vezes, determina as abordagens epistemológicas e didáticas do Ensino de Ciências. Os fenômenos naturais, que eram estudados de forma integrada e sistêmica pela História Natural, começam a ser

delineados em campos disciplinares específicos, tais como a Biologia, Química, Física e Geologia, sendo constituídos por meio de linguagens e metodologias próprias (Schneider, E.M.; Meglioratti, F.A.; Oliveira, J.M.P., 2014). Essa fragmentação, que caracterizou grandes campos dos saberes no século XIX e início do século XX, acentuou-se com a construção de conhecimentos extremamente especializados e pontuais na atualidade. Os campos

disciplinares fundaram objetos, epistemologias e metodologias de pesquisas próprias, pautados em um paradigma cartesiano, a partir do qual a solução de um problema estaria relacionada à investigação e análise de suas partes (Augusto, T.G.S.; Caldeira, A.M.A., 2008).

A visão analítica e fragmentada da ciência fundou não apenas grandes campos dos saberes, mas, também, dividiu esses campos em diferentes especialidades. A Biologia, assim como os demais campos de saber, sofreu um processo de fragmentação e acentuada especialização ao longo do século XX. Os biólogos modernos tendem a ser extremamente especializados e, raramente, saem de seus campos de estudo para procurar entender a ciência da vida em sua totalidade (Mayr, E., 2009). Contudo, a compreensão dos fenômenos naturais demanda pesquisadores que não apenas dominem a especificidade de uma área do conhecimento, mas que sejam capazes de dialogar e reconhecer as aproximações processuais, heurísticas e epistêmicas existentes entre as diferentes áreas do conhecimento. Assim, apesar da importância da visão analítica e da especialização de diferentes campos disciplinares “é imprescindível o diálogo entre áreas e a busca de soluções conjuntas frente às complexas demandas sociais e científicas” (Schneider, E.M.; Meglhioratti, F.A.; Oliveira, J.M.P., 2014, Pg.2). A questão é encontrar caminhos de diálogos, já que as pesquisas científicas, muitas vezes, desenvolveram linguagens e metodologias próprias à custa de uma perda de compreensão da complexidade e totalidade dos fenômenos (Morin, E., 2002).

Essa fragmentação do conhecimento biológico não se restringe apenas ao âmbito da pesquisa, mas, também, incide nos cursos de graduação em Ciências Biológicas – Bacharelado e Licenciatura, os quais apresentam, em geral, organizações curriculares nas quais as disciplinas específicas são tratadas isoladas uma das outras (Polinarski, C.A., 2013). Essa estrutura curricular,

[...] caracteriza-se por dividir e classificar, para depois estabelecer relações entre aquilo que foi separado, garantindo a apreensão da parte. E a partir do quantificado, apreender a ordem, as leis e princípios que garantem a estabilidade e as relações causais entre os fenômenos (Anastasiou, L.G.C., 2005, Pg. 122).

J. H. Wandersee, K. M. Fisher e D. E. Moody (2001) argumentam a respeito da dificuldade dos campos conceituais da Ciência e da Educação em Ciência produzirem um currículo articulado, destacando que um currículo fragmentado propiciaria poucas possibilidades didáticas para que os futuros professores e pesquisadores sejam capazes de uma reorganização epistemológica consistente do conhecimento biológico.

A fragmentação do currículo na formação de professores e pesquisadores em cursos de Ciências Biológicas foi identificada, também, em pesquisas anteriores realizadas pelos autores do presente texto (por exemplo, Meglhioratti, F.A., 2009; Brando, F.R., 2010; Andrade, M.A.B.S., 2011; Justina, L.A.D., 2011, Oliveira, T. B., 2015). Essas pesquisas investigaram o papel de grupos de pesquisas sobre epistemologia da biologia na formação de professores e pesquisadores em Cursos de Ciências Biológicas. Os resultados indicaram a possibilidade de os alunos reorganizarem o conhecimento biológico de forma mais sistêmica e menos linear, o que contribui para uma formação científica pautada na natureza da Ciência e na integração dos fenômenos tanto para o pesquisador das Ciências Biológicas quanto para o professor de Biologia. Os dados analisados qualitativamente permitiram a identificação das mudanças nas argumentações e proposições dos alunos ao longo das reuniões dos grupos de pesquisa, permitindo a visualização e a explicação dos fenômenos biológicos a partir da mobilização de diferentes subáreas das Ciências Biológicas.

Os dados qualitativos sistematizados em diferentes pesquisas, contemplando os estados do Paraná e São Paulo (Meglhioratti, F.A. 2009; Brando,

F.R. 2010; Andrade, M.A.B.S. 2011; Justina, L.A.D. 2011; Justina, L.A.D.; Meghioratti, F.A.; Caldeira, A.M.A. 2012) permitiram a elaboração da seguinte hipótese de pesquisa: “Os cursos de Ciências Biológicas, do modo como são organizados, enfatizam mais o domínio de conceitos específicos e pouco propiciam espaços para o desenvolvimento de um pensar sistêmico sobre os fenômenos naturais”. Para que essa hipótese pudesse ser validada, planejou-se a construção de um instrumento diagnóstico, caracterizado como uma escala avaliativa do tipo Likert. O objetivo desse instrumento foi sistematizar as respostas dos alunos de graduação em Ciências Biológicas em relação: 1) à presença ou não da compreensão do conhecimento científico; 2) à existência ou não da articulação entre os conhecimentos científicos das diferentes subáreas das Ciências Biológicas, de modo a contemplar um pensamento sistêmico sobre os fenômenos naturais. Neste artigo é explicado o processo de elaboração da escala avaliativa, sua fundamentação teórica e validação. O instrumento, até o momento, foi aplicado em seis diferentes Cursos de Ciências Biológicas, em Universidades Públicas dos estados do Paraná e São Paulo no Brasil. Os dados referentes à aplicação da escala avaliativa serão contemplados em outro artigo.

Compreende-se que a utilização de uma escala avaliativa e a realização de análises quantitativas podem contribuir - juntamente com dados qualitativos obtidos em diferentes momentos de pesquisas - para uma visão geral da organização e caracterização dos Cursos de Ciências Biológicas. Desse modo, esse trabalho tem por objetivo propor e descrever um instrumento de análise quantitativa do conhecimento biológico pautado em aportes teóricos da epistemologia da Biologia e apresentar a validação desse instrumento.

## **A elaboração do instrumento de coleta de dados**

A escala avaliativa proposta é do tipo Likert, caracterizada por uma série de assertivas em que o

respondente deve expressar seu grau de concordância ou discordância, sendo cada posição em relação à afirmação representada por um valor numérico (Babbie, E., 2005). A escala proposta é constituída por trinta e sete assertivas e teve sua construção fundamentada na identificação de conceitos estruturantes do pensamento biológico. Um conceito estruturante possibilita a transformação do sistema cognitivo e a organização dos dados (Gagliardi, R., 1986). Aqui, compreende-se os conceitos estruturantes como conceitos centrais de determinada área do conhecimento e que estão interconectados a muitos outros conceitos, possibilitando a construção de uma rede conceitual consistente. Assim, os conceitos estruturantes podem ser vistos como aqueles conceitos centrais que oferecem sustentação para uma área específica do conhecimento, e, portanto, devem ser compreendidos em diferentes contextos (Meghioratti, F.A., 2009).

A seleção dos conceitos estruturantes para orientar a construção da escala avaliativa esteve fundamentada em estudos anteriores referentes à proposição de uma estrutura hierárquica de organização do conhecimento biológico (Meghioratti et al, 2008; Meghioratti et al, 2009) e na revisão da literatura na área de Ensino de Biologia que indicou a Evolução Biológica como elemento estruturante e organizador da Biologia (Gastal et al., 2009; Meyer, D.; El-Hani, C.N., 2005; Meghioratti, F.A., 2004; Goedert, L., 2004; Futuyama, D., 2002). Desse modo, um dos conceitos estruturantes que pautou a construção da escala avaliativa descrita foi o de Evolução Biológica.

A estrutura hierárquica que fundamentou a seleção dos outros conceitos, pode ser descrita pela interação entre três diferentes níveis de organização biológica: o ambiente externo ao organismo (aspectos ecológicos), o organismo (como conceito articulador da hierarquia proposta) e o ambiente interno do organismo (aspectos moleculares, genéticos e epigenéticos). Desse modo, os outros conceitos estruturantes que fundamentaram a

elaboração da escala avaliativa foram: Organismo, Sucessão Ecológica e Nicho Ecológico (aspectos ecológicos) e Herança Biológica (genética e epigenética).

Os conceitos estruturantes selecionados nortearam a construção das assertivas. Para que essas fossem consonantes aos objetivos elencados para a escala avaliativa (verificar a presença da compreensão do conhecimento científico e sua articulação), foram pensadas de modo que as afirmações tivessem as seguintes variações: ausência de conhecimentos biológicos; presença de conhecimentos biológicos; conhecimento fragmentado ou desarticulado; e conhecimentos relacional e sistêmico. Para cada assertiva elaborada, corresponderam as seguintes opções de respostas: 1) concordo plenamente; 2) concordo; 3) discordo; 4) discordo plenamente; 5) não sei. As escalas do tipo Likert permitem fornecer direções sobre a concepção do respondente em relação a cada item do instrumento, além de evitar a ambiguidade das categorias de respostas, uma vez que elas já estão previamente determinadas (Silva et al, 2012).

Na sequência, descreveremos os conceitos estruturantes que nortearam a elaboração da escala avaliativa proposta.

### **Os conceitos estruturantes que fundamentam a escala avaliativa**

Os estudos em Biologia englobam uma ampla gama de fenômenos os quais perpassam desde os níveis moleculares e celulares, até os níveis das populações, dos ecossistemas e da biosfera, constituindo-se, portanto, por fenômenos integrados, complexos e dinâmicos, coesos por uma atividade sistêmica interdependente em vários níveis (Sterelny, K.; Griffiths, P.E., 1999; Grene, M.; Depew, D., 2004; Meghioratti et al, 2008). Acordamos que o instrumento proposto deveria possibilitar a identificação do domínio do conhecimento biológico e da presença de um pensamento sistêmico em alunos participantes da

pesquisa. Entendemos que o pensamento sistêmico possibilita ao aluno o estabelecimento de relações entre as diversas áreas das Ciências Biológicas. Para tanto, as assertivas contemplaram os conceitos de Organismo, Sucessão Ecológica, Nicho Ecológico, Herança Biológica e Evolução Biológica, bem como a articulação entre eles. Cabe destacar que, dada à complexidade dos fenômenos naturais e a visão sistêmica apresentada em parte das assertivas, uma mesma afirmação poderia contemplar mais de um conceito estruturante.

### ***O conceito estruturante “Organismo”***

O conceito de organismo, em uma visão tradicional, tem sido considerado como produto de um processo interativo entre seus genes (entendidos, em geral, como correspondentes às moléculas de DNA) e determinados ambientes. Nesse sentido, o desenvolvimento orgânico se resume a interações entre DNA e ambiente externo, configurando-se em dois tipos de reducionismo: um DNA-centrismo e um reducionismo ambiental, a partir dos quais o conceito de organismo assume aspecto secundário para a Biologia. Para que a ideia do organismo como ponto de encontro passivo entre gene/DNA e ambiente seja superada é importante compreender que os organismos estão agindo e transformando os ambientes em que vivem e que são sistemas complexos que envolvem uma multiplicidade de fatores em seus desenvolvimentos (Oyama, S.; Griffiths, P.E.; Gray, R., 2001). Isto é, os organismos não são reduzíveis ao DNA ou ao ambiente no qual se inserem. Os organismos (seres vivos) são ativos e constroem seus ambientes e, portanto, também selecionam o regime seletivo no qual eles vivem e se reproduzem (Jablonka, E., 2001). Por meio de suas atividades e comportamentos, os organismos constroem os nichos ecológicos e sociais que eles ocupam, possibilitando que as condições que eles vivem possam ser regeneradas e reexperenciadas pelos descendentes. Esse ponto de vista é endossado por R. Lewontin (2002, p. 24) ao afirmar que:

[...] A ontogenia de um organismo é consequência de uma interação singular entre seus genes, a sequência temporal dos ambientes externos aos quais está sujeito durante a vida e eventos aleatórios de interações moleculares que ocorrem dentro das células individuais.

Para elaboração do instrumento avaliativo, as assertivas prioritariamente vinculadas ao conceito de organismo foram pensadas para compreender o posicionamento do respondente em relação a uma visão determinista - genética e ambiental e/ou uma visão sistêmica, mediante a qual se reconhece a complexidade e multiplicidade dos fatores envolvidos no desenvolvimento do organismo, inclusive a própria ação do organismo na modificação do ambiente.

### **O conceito estruturante “Evolução Biológica”**

O conceito de evolução biológica constitui-se em um eixo unificador do conhecimento biológico pois fornece subsídios para compreensão da biologia moderna e possibilita a interpretação dos múltiplos cenários que se formaram desde a origem da vida até os dias atuais (Corrêa, A.L.; Meghioratti, F.A.; Caldeira, A.M.A., 2011), permitindo uma base conceitual para diferentes campos de estudos da Biologia.

A visão paradigmática da evolução (Teoria Sintética da Evolução) tem como pressuposto básico a modificação da frequência de genes em uma população, sendo a variação na frequência dependente de um complexo de relações, como: competições, fatores aleatórios, fluxo de genes e capacidade reprodutiva dos indivíduos (Futuyma, D. 2002). Entre os conceitos centrais que compõe a Teoria Sintética da Evolução está o conceito de seleção natural, ou seja, a ideia da ocorrência de sobrevivência diferencial de indivíduos influenciados pela atuação de regimes seletivos em diferentes ambientes.

Após a consolidação da Teoria Sintética, a seleção natural passou a ser aceita como causa primária

na mudança evolutiva e como única explicação para as adaptações (Sepúlveda, C.; El-Hani, C.N., 2008). A centralidade da seleção natural nas explicações evolutivas fundou um programa adaptacionista que busca significados funcionais e valor adaptativo para uma diversidade de traços biológicos, sem considerar outras possibilidades de explicações que se distanciem de um viés seletivista (Sepúlveda, C.; El-Hani, C.N., 2008). Uma crítica central ao programa adaptacionista foi realizada por S. Gould e R. Lewontin (1979) ao destacarem que por meio dessa proposta o organismo fora pensado de maneira fracionada, dividido em traços característicos associados a histórias adaptativas para cada um destes traços. Em contraposição, os autores defendem a necessidade de se pensar os organismos como um todo integrado, no qual as restrições que limitam as possibilidades de organização corporal (como a história filogenética e as vias de desenvolvimento orgânico) são tão importantes quanto às forças seletivas que podem mediar as mudanças que ocorrem nos seres vivos.

As críticas ao programa adaptacionista se consolidaram nas últimas décadas, evidenciando que nem todos os processos evolutivos e características encontradas nas populações se fixaram por meio de regimes seletivos, ou seja, nem todos os traços sofreram uma ação da seleção natural em sua origem e/ou manutenção. Somado aos regimes seletivos foram destacadas explicações evolutivas que tomam como base: processos do desenvolvimento orgânico; evolução de características correlacionadas; restrições das formas às possibilidades de organização corporal no desenvolvimento e à história filogenética do grupo; deriva genética; inserção de nova função a um traço que não tinha caráter adaptativo ou que foi selecionado no exercício de outra função na história evolutiva – exaptação; plasticidade fenotípica; mecanismos epigenéticos; auto-organização, entre outros (Sepúlveda, C.; El-Hani, C.N., 2008; Santos, W.B.; El-Hani, C.N., 2013). Essas discussões contemporâneas evidenciam que a evolução biológica deve ser explicada por um pluralismo de processos,

ou seja, pela compreensão de que múltiplos mecanismos ou fatores evolutivos atuam de modo complementar no processo evolutivo (Sepúlveda, C.; El-Hani, C. N., 2008).

Percebe-se que a construção do conceito de evolução biológica, na atualidade, assume uma maior complexidade e uma pluralidade de processos e padrões. Por outro lado, ao avaliar a forma como o ensino de Evolução Biológica vem ocorrendo mediante os resultados destacados por diferentes pesquisas, verifica-se que, mesmo a compreensão paradigmática da síntese evolutiva apresenta dificuldades para ser compreendida na Educação Básica e Ensino Superior. Entre os obstáculos para a compreensão da síntese evolutiva estão: 1) concepção de evolução ancorada na noção de progresso (Agnolotto, R.; Bellini, M., 2012); 2) apresentação de uma compreensão equivocada da história da ciência por manuais e livros didáticos, por exemplo, pela ênfase no papel de Darwin como modelo de cientista e de Lamarck como um teórico especulativo (Carneiro, A.P.N., 2004; Almeida, A.V.; Falcão, J.T.R., 2010; Corrêa, A.L. *et al* 2010); 3) interferência de crenças, valores e práticas sociais na compreensão evolutiva, promovendo visões alternativas que se distanciam de uma metodologia e raciocínio científico (Araújo, E.S.N.N. *et al* 2009; Nicolini, L.P.; Falcão, E.B.M.; Faria, F.S., 2010; Costa, L. *et al* 2011; Santos, W.B.; El-Hani, C.N., 2013); 4) compreensão do tempo geológico (Bonito, J. *et al* 2011; Bizzo, N.; Almeida, A.V.; Falcão, T.R., 2007; Dodick, J., 2007); 5) polissemia da palavra “evolução” utilizada no contexto da mudança cultural e no campo da Biologia (Meghioratti, F.A., 2004); 5) aquisição de um pensamento populacional (Araújo, L.A., 2012). Adiciona-se a essas dificuldades, já bem documentadas na literatura, a compreensão reducionista da evolução, restringindo a explicação evolutiva ao conceito de seleção natural e a uma visão apenas adaptacionista (Santos, W.B.; El-Hani, C.N., 2013).

Por meio das assertivas que contemplam o conceito de Evolução Biológica buscou-se verificar se

a compreensão da evolução biológica está restrita apenas a seleção natural ou remete a um pluralismo de processos.

### ***Os conceitos estruturantes “Sucessão Ecológica” e “Nicho Ecológico”***

No âmbito da Ecologia, buscou-se enfatizar dois conceitos: sucessão ecológica e nicho ecológico. O conceito de sucessão ecológica foi selecionado pela facilidade de articulá-lo com diferentes conceitos ecológicos, com o organismo e seu papel na transformação do meio e com a evolução biológica. Para E. P. Odum (1998), a sucessão ecológica seria o desenvolvimento do ecossistema, envolvendo mudanças na estrutura de espécies e processos da comunidade ao longo do tempo. Ainda, de acordo com R. M. Pinto-Coelho (2000), a sucessão ecológica corresponde a uma sequência de mudanças estruturais e funcionais na comunidade, que seguiriam padrões mais ou menos definidos, atingindo um equilíbrio dinâmico. M. Begon *et al* (2007, p. 479) consideram a sucessão ecológica “como um padrão de colonização e extinção de populações de espécies não sazonal, direcionado e contínuo em um dado local”. Esses autores admitem que a sucessão é um processo complexo guiado, principalmente, por vários fatores que interagem simultaneamente. Assim, os efeitos de fatores como competição, entrada de sementes, herbivoria de insetos e mamíferos e eventos estocásticos variam em importância de acordo com o estágio sucessional.

Assim sendo, nas assertivas sobre o conceito de sucessão buscou-se investigar se os respondentes compreendem a sucessão como um processo complexo que engloba toda a dinâmica de um ecossistema, como as interações entre os fatores bióticos e abióticos, ciclos biogeoquímicos, fatores como tempo e espaço em gradiente evolutivo, bem como a evolução de organismos, levando em consideração todos os fatores que o influenciam (Brando, F.R.; Cavassan, O.; Caldeira, A.M.A., 2009).

No que concerne ao conceito de nicho ecológico, em uma visão tradicional, este é definido como o papel ocupado pelos organismos em um determinado tempo e espaço. Nesse sentido, E. P. Odum (1998, p. 233) explica que nicho ecológico inclui, não só o ambiente físico ocupado pelo organismo, mas, também, “seu papel funcional na comunidade e a sua posição em gradientes ambientais de temperatura, umidade, pH, solo e outras condições de existência”. Ainda, R. E. Ricklefs (2003, p.9) refere-se ao conceito de nicho ecológico como a representação de intervalos de condições que o organismo pode tolerar e os modos de vida que ele possui, concluindo, assim, como “seu papel no sistema ecológico”. Contudo, essa noção de nicho, apresenta a ideia de que existem espaços e papéis já predefinidos que podem ser ocupados por determinada espécie, ou seja, que podem existir nichos vazios a serem ocupados pelas espécies.

R. Lewontin (2002, p. 49) descreve alguns problemas causados pela definição arbitrária de nichos ecológicos na ausência de organismos. Para o autor, o “nicho ecológico consiste em um termo técnico usado universalmente para denotar o complexo de relações entre uma espécie particular e o mundo exterior”. As ideias de que “o ambiente de um organismo é causalmente independente dele e de que as alterações no ambiente são autônomas e independentes das alterações na própria espécie” estariam claramente equivocadas (Lewontin, R, 2002, p.53). Reforça-se a ideia de que para compreender esse conceito, faz-se necessário entendê-lo como consequência da natureza dos próprios organismos que o compõem. Em uma perspectiva de entendimento sistêmico dos fenômenos biológicos, o nicho estaria em construção e reconstrução constante e seria dependente das relações dos organismos e seus ambientes.

Para a elaboração das assertivas, buscou-se investigar a compreensão dos respondentes quanto ao caráter relacional dos processos biológicos ou a presença de visões reducionistas e deterministas

desses processos. Desse modo, foram abordados os padrões observáveis na natureza e presentes na estrutura e dinâmica das comunidades; as interações ecológicas e sua influência na evolução das espécies envolvidas; as relações entre o organismo e seu ambiente externo, bem como os processos que envolvem o fluxo de energia e os nutrientes nos ecossistemas.

### ***O conceito estruturante “Herança Biológica”***

C. N. El-Hani e C. Emmeche (2000) argumentam que a biologia é uma ciência da organização viva e questionam a crescente molecularização das explicações dos fenômenos biológicos, com a configuração de um determinismo genético e molecular para as explicações dos fenômenos naturais. Dessa forma, a elaboração e fundamentação das assertivas relativas à Herança Biológica buscam evidenciar questões epistemológicas como a conceituação de gene, bem como identificar a presença de interpretações mais sistêmicas, que ampliem a noção de Herança, com a inclusão de aspectos epigenéticos.

Ao se compreender a causalidade dos processos biológicos exclusivamente mediante as perspectivas celular, genética, molecular, ecológica ou organizacional, prescinde-se da ocorrência do fenômeno de emergência, característico dos sistemas biológicos. De acordo com esse fenômeno é mediante a interação de diferentes elementos e níveis de organização que novas características emergem em um sistema. Assim, quando se apresenta uma visão reducionista de herança em função apenas do DNA, inviabilizava-se a interpretação em rede tão explicativa para ação dos sistemas vivos. Logo, não se pode considerar uma sequência de DNA e fixá-la como responsável pela expressão de um produto fenotípico permanente para qualquer situação, uma vez que a expressão gênica “carrega” interconexões com processos fisiológicos, metabólicos e do desenvolvimento, além de especificações ambientais.



A complexidade do processo de expressão gênica pode ser percebida ao se discutir o processo de transcrição. Sabe-se que a explicação da linearidade processual, em que uma sequência de nucleotídeos determina uma proteína específica, não é mais convincente, uma vez que essa atividade é codependente de vários outros fatores metabólicos e regulatórios e ainda das condições ambientais (temperatura, alimentação, pH) (Keller, E.F., 2002), as quais também podem afetar a atividade genética e, portanto, a expressão dos genes. Isso acarreta uma dificuldade relacionada à preservação da definição do chamado conceito molecular clássico, o qual define o gene como um segmento do DNA que codifica um produto funcional (polipeptídeo ou RNA). No entanto, as pesquisas empíricas apresentam dados como genes interrompidos, emenda (splicing) alternativa, o chamado “DNA-lixo”, sequências TAR, pseudogenes, regulação pós-transcricional, RNAi e RNAsi, entre outros (Gerstein, M.B. et al 2007; Smith, M.U.; Adkison, L.R., 2010), identificando dificuldades em relação à compreensão e/ou aceitação do conceito de gene, principalmente no que concerne à semântica unívoca que referencia o termo como uma unidade bem demarcada do genoma responsável pela linearidade processual um gene = uma proteína (Joaquim, L.M.; El-Hani, C.N., 2010). Assim, há falta de correspondência clara entre os vários significados do conceito de “gene” e seus respectivos contextos de aplicação (Joaquim, L.M. et al 2007). Nesse sentido, pode-se ressaltar a importância da abordagem histórica e epistemológica como subsídio para o entendimento de uma visão sistêmica do conceito de gene, bem como para mediar a relação semântica que se estabelece entre este conceito e o contexto no qual está sendo mencionado (Schneider, E.M. et al 2011).

Nesse sentido, as assertivas que contemplavam o conceito de Herança Biológica foram elaboradas de modo a investigar a presença de visões mais deterministas e pontuais de um lado – a orientação dos processos biológicos restrita ao DNA – e de visões mais sistêmicas de outro, evidenciando a ampla gama de interações que ocorre nos sistemas vivos.

### **A escala avaliativa**

Com base nos conceitos estruturantes descritos foi construída e validada a escala avaliativa apresentada no Quadro 1 (o processo de validação será descrito do tópico 2 desse texto). Destaca-se que nessa escala uma mesma assertiva pode contemplar mais de um conceito estruturante, devido à própria visão sistêmica proposta como objeto de análise nesse trabalho.

### **A validação do instrumento de coleta de dados**

Após ser elaborado, o instrumento de coleta de dados passou por um processo de validação, que visou aumentar o seu grau de confiabilidade, melhorar a compreensão das assertivas e eliminar eventuais incorreções. Isso permite que o instrumento seja aplicado e replicado com um maior nível de segurança. O processo ocorreu em duas etapas – a validação semântica e a validação estatística.

A. M. Cunha (2008) destaca que antes de aplicar um instrumento de coleta de dados é necessário que o mesmo seja validado semanticamente, uma vez que se este instrumento for incoerente e confuso, a sua análise pode ser prejudicada. Além disso, é importante que a linguagem utilizada no instrumento fique próxima da linguagem dos respondentes, evitando, assim, a incompreensão das assertivas.

A validação semântica contou com a participação de dois grupos de indivíduos. Um foi composto por dez especialistas da área de Ensino de Ciências e o outro por dezesseis possíveis respondentes, ou seja, indivíduos com características semelhantes aos das amostras a serem utilizadas. Tanto os especialistas quanto os possíveis respondentes foram selecionados devido à facilidade de acesso a estas pessoas.

Após a realização das mudanças de construção frásica, para eliminar ambiguidades sugeridas pelos especialistas e pelos possíveis respondentes,

**Quadro 1.**

<b>Escala avaliativa contendo trinta e sete assertivas</b>						
Indique até que ponto concorda com as seguintes afirmações, assinalando apenas <b>UMA</b> opção para <b>CADA</b> afirmação.						
1.	O organismo (ser vivo) é determinado pela interação entre seus genes e o ambiente em que ele está inserido.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
2.	O homem é o ser vivo mais evoluído das espécies atuais.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
3.	Os padrões observados na estrutura de uma comunidade são os resultados de interações ecológicas e evolucionárias entre populações que a compõem.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
4.	Os processos metabólicos que influenciam a ação do gene independem de fatores ambientais.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
5.	Nicho ecológico é entendido como o complexo de relações entre uma espécie particular e o ambiente.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
6.	A sucessão ecológica ocorre em um local devido às interações entre as espécies presentes, em termos de suas tolerâncias físicas, dos seus padrões de sobrevivência e reprodução e das suas capacidades competitivas.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
7.	As redes metabólicas ocorrem tanto em nível de organismo quanto em nível celular.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
8.	As ideias de Lamarck pouco contribuíram para o entendimento dos processos evolutivos.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
9.	Filhos de pais diabéticos sempre desenvolverão diabetes na idade adulta.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
10.	A herança biológica compreende um conjunto de elementos internos ao organismo e associados a interações ambientais, que permitem que seu fenótipo se assemelhe às gerações anteriores.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
11.	O ambiente é independente do organismo na formação de um nicho ecológico.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
12.	As reações metabólicas de um ser vivo são controladas pelos seus genes.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
13.	Um automóvel, independente se é movido à gasolina ou a álcool, está, em última análise, utilizando luz solar.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
14.	O DNA se sobrepõe aos outros fatores que interagem no desenvolvimento do organismo.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
15.	As comunidades de plantas são uma reunião ao acaso de espécies adaptadas, que não apresentavam propriedades típicas de organismos integrados, tais como homeostase, reestabelecimento e desenvolvimento sequencial.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
16.	As interações ecológicas entre os organismos influenciam a evolução das espécies coexistentes.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
17.	Existem mudanças reversíveis e herdáveis no genoma funcional de um organismo que não alteram a sequência de nucleotídeos do DNA, que podem envolver: metilação do DNA, modificações de histonas e ação de RNAs não codificadores.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
18.	Cada ser vivo tem suas características determinadas somente por seus genes.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
19.	Um gene sempre determina uma mesma proteína, que por sua vez, expressará (em termos de fenótipo) a mesma característica.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
20.	O nicho ecológico se dá como consequência da natureza dos próprios organismos que o compõem, promovendo um processo constante de alteração do próprio ambiente.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
21.	Os genes sempre codificam produtos funcionais, como polipeptídeos ou RNAs.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
22.	A sucessão ecológica considera a dinâmica que ocorre em um ecossistema tais como as interações entre os fatores bióticos e abióticos dentro de um processo evolutivo.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
23.	A ideia de Seleção Natural é a única forma de explicar os processos evolutivos.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei

24.	O fluxo de energia e nutrientes é resultado das interações biológicas que ocorrem no ecossistema.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
25.	As inter-relações que ocorrem dentro de uma comunidade direcionam o fluxo de energia e o ciclo dos elementos dentro do ecossistema.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
26.	O gene é a unidade fundamental de herança, ou seja, o único meio pelo qual os caracteres são transmitidos pelas gerações.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
27.	Ocorrido um distúrbio natural ou antrópico, que exterminou o material genético, haverá sucessão ecológica de acordo com a possibilidade deste material vir de outras localidades.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
28.	Organismos mais evoluídos, como os mamíferos, apresentam vias metabólicas mais complexas.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
29.	Cada população está voltada para sua sobrevivência, influenciada pela seleção natural que tende a maximizar o resultado reprodutivo de cada indivíduo.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
30.	A evolução resulta na melhoria das espécies.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
31.	Os estados iniciais da sucessão têm a função de melhorar o ambiente para que os estados posteriores possam estabelecer-se.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
32.	Todas as características dos seres vivos são repassadas de uma geração para a outra pelo DNA presente nos gametas dos pais.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
33.	Cada ser vivo é um sistema complexo, cujas características surgem de fatores como a ação dos organismos no ambiente, as características do ambiente em que ele vive e a composição molecular.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
34.	Um único gene pode expressar diferentes efeitos fenotípicos, por exemplo, em uma mesma flor a cor da pétala, a cor da semente e as manchas em estípulas.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
35.	A sucessão ecológica é um processo ordenado e previsível, culminando em um clímax ou estado final.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
36.	Nicho ecológico se dá como consequência da natureza dos próprios organismos que o compõem, considerando a distribuição geográfica e temporal das espécies.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei
37.	O DNA é apenas um dos recursos que o organismo utiliza no desenvolvimento.	Concordo plenamente	Concordo	Discordo	Discordo plenamente	Não sei

o instrumento passou pelo processo de validação estatística, no qual foi aplicado o teste Alpha de Cronbach. Este teste foi desenvolvido em 1951, por Lee Cronbach, sendo uma ferramenta estatística bastante utilizada entre os pesquisadores para avaliar a consistência interna de um instrumento.

A maioria dos investigadores, talvez com exceção daqueles que dedicam alguma atenção à área da psicometria, tende não apenas a considerá-lo o índice universalmente aconselhável para o estudo métrico de uma escala (qualquer que sejam as suas características) como tendem a percebê-lo como fornecendo “estimativas fiáveis” da “fiabilidade de uma escala” (Maroco, J.; Garcia-Marques, T., 2006, p. 66).

Esta validação permitiu averiguar quais variáveis deveriam ser eliminadas do instrumento para

umentar a sua consistência interna, possibilitando sua qualidade como instrumento de pesquisa. De acordo com A. Kovaleski e L. A. Pilatti (2010, p. 5), a análise da consistência interna do instrumento é baseada na “correlação dos itens de um mesmo constructo entre si e na correlação de cada item com o escore total deste constructo”. Assim, é desejável que os itens apresentem alguma correlação entre si, além de se correlacionarem com o escore total do constructo.

O índice alpha ( $\alpha$ ), segundo J. Maroco e T. Garcia-Marques (2006, p. 69) “estima quão uniformemente os itens contribuem para a soma não ponderada do instrumento”, ou seja, ele mede a correlação e a coerência entre as respostas dadas a um instrumento de coleta de dados, e varia numa escala entre 0 e 1. Geralmente, um instrumento é considerado de

confiabilidade satisfatória quando o valor de  $\alpha$  é maior ou igual a 0,7 (Nunnally, J.C., 1978). Entretanto, R. F. Devellis (1991) considera que no âmbito das Ciências Humanas, um  $\alpha$  de 0,6 é aceitável desde que os dados sejam analisados com precaução.

O teste Alpha de Cronbach foi realizado utilizando o software estatístico *Statistical Packet for Social Sciences* (SPSS®), versão 20, apresentando um valor  $\alpha = 0,741$ , conforme pode ser verificado na Figura 1. Isto significa que, de acordo com este teste, o instrumento apresentou um grau de confiabilidade considerado satisfatório por diversos autores (Nunnally, J.C., 1978; Devellis, R.F., 1991; Pestana, M.H.; Gageiro, J.N., 2005).

#### Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
,741	37

**Figura 1.** Teste Alpha de Cronbach. Resultado do teste Alpha de Cronbach extraído do software estatístico SPSS®.

Para que o instrumento em questão atingisse tal grau de validação, foi necessário retirarmos algumas assertivas do instrumento inicialmente proposto, ficando o mesmo com 37 assertivas como apresentado no Quadro 1.

Tendo em vista as características e objetivos do presente instrumento de coleta de dados, intencionou-se utilizar a análise fatorial. Esta é uma técnica estatística utilizada para se reduzir o número de variáveis de uma base de dados por meio da identificação do padrão de correlação (que indica a força e a direção do relacionamento linear entre duas variáveis aleatórias) ou do padrão de covariância (que é uma medida do grau de interdependência numérica entre duas variáveis aleatórias).

Considerando que o presente instrumento de coleta de dados permite a utilização da análise fatorial para o corpo de dados obtidos, optou-se por

aplicar, também, os Testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e Bartlett. M. H. Pestanae J. N. Gageiro (2005, p. 490) explicam que “o KMO e o teste de Bartlett são dois procedimentos estatísticos que permitem aferir a qualidade das correlações entre as variáveis de forma a prosseguir na análise fatorial”.

O KMO é um teste estatístico que varia entre 0 e 1. Um valor inferior a 0,5 indica uma correlação fraca entre as variáveis e, portanto, a análise fatorial não se firma como um bom método neste caso (Pestana, M.H.; Gageiro, J.N., 2005). O teste de esfericidade de Bartlett também está relacionado com a certificação da correlação entre as variáveis. Este teste compara a matriz de correlação com uma matriz identidade (diagonal igual a 1 e todas as outras medidas iguais a zero). No caso dessa hipótese ser confirmada (ou seja, o valor para a significância neste teste for maior do que 0,05), não é adequada a utilização de uma análise fatorial para os dados obtidos, uma vez que a falta de relação entre as variáveis culmina em fatores fracos ou mesmo na inexistência deles (Mingoti, S.A., 2005).

Para a realização de ambos os testes foi utilizado o software estatístico SPSS®, versão 20, que apontou um KMO de 0,779 (ou seja, superior a 0,5) e Bartlett de 0,000 (isto é, menor do que 0,05), o que indica que há uma boa correlação entre as variáveis e uma análise fatorial é indicada neste caso. A Figura 2 expõe o resultado extraído do software estatístico.

#### KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.779
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	2994.208
	df	666
	Sig.	.000

**Figura 2.** Valor do KMO e Bartlett. Valor do KMO e Bartlett extraídos do software estatístico SPSS®.

Em suma, os resultados da validação semântica e dos testes estatísticos indicam que o questionário

apresenta um alto grau de confiabilidade, o que possibilita que os dados encontrados sejam analisados com segurança e que o instrumento pode ser reaplicado em outras circunstâncias, e que uma análise fatorial é fortemente indicada para analisar os padrões de respostas obtidos.

### **Os eixos temáticos de análise da escala avaliativa**

Para a análise da estrutura do instrumento proposto, foram estabelecidos dois eixos temáticos por meio de uma técnica de Análise Multivariada, definida por J. F. Hair et al (1998, p. 26):

O propósito da análise multivariada é medir, explicar e prever o grau de relacionamento entre as variáveis estatísticas (combinações ponderadas de variáveis). Desse modo, o caráter multivariado consiste nas múltiplas variáveis estatísticas (combinações múltiplas de variáveis) e não apenas no número de variáveis ou observações

Dentre as técnicas de Análise Multivariada, optou-se por realizar as Análises dos Componentes Principais (ACP) – que é uma análise fatorial. Segundo P. R. Silva et al (2012), esta técnica sintetiza um elevado número de perguntas, extraindo algumas orientações conceptivas importantes. Em outras palavras, a análise fatorial permite segregar as questões ou assertivas de um instrumento de coleta de dados de acordo com padrões de respostas obtidos, possibilitando a identificação de subgrupos de assertivas ou questões que avaliam uma mesma capacidade ou habilidade cognitiva. A ACP do conjunto das variáveis fornece dois eixos (Componente 1 e Componente 2) que apresentam importantes proporções da variância das respostas. Em suma, todas as assertivas que pertencem ao Componente 1 (C1) permitem avaliar uma determinada habilidade ou capacidade cognitiva, e as assertivas que pertencem ao Componente 2 (C2) permitem avaliar uma outra habilidade ou capacidade cognitiva.

A Figura 3, denominada Gráfico das Correlações, mostra as variáveis representadas no plano (C1, C2). A projeção das coordenadas das variáveis sobre os eixos permite reconhecer as assertivas que caracterizam estes eixos. O vetor da variável cuja projeção sobre um eixo tem um valor mais elevado é mais fortemente ligado a este eixo que os outros. Mediante análise destas representações gráficas pode-se identificar as orientações conceptivas que caracterizam os dois eixos (Silva, P. R. et al, 2012). Estas análises foram realizadas utilizando o *software* estatístico SPSS®, versão 20.

A análise gráfica permite verificar que as assertivas Q2, Q4, Q8, Q9, Q11, Q13, Q14, Q15, Q17, Q18, Q19, Q21, Q23, Q28, Q30, Q32, Q34 e Q35, que se encontram destacadas em vermelho, apresentam maior representatividade no Componente 1 (eixo X), do que no Componente 2 (eixo Y). Por outro lado, as assertivas Q1, Q3, Q5, Q6, Q7, Q10, Q12, Q16, Q20, Q22, Q24, Q25, Q26, Q27, Q29, Q31, Q33, Q36 e Q37, que aparecem destacadas em verde, apresentam maior contribuição no Componente 2 (eixo Y) do que no Componente 1 (eixo X).

Analisando o conteúdo destas assertivas, concluiu-se que as assertivas que compõem o Componente 1 exigem do respondente a presença de conhecimentos biológicos específicos de uma dada subárea da biologia. Já as assertivas que fazem parte do Componente 2 demandam que os respondentes sejam capazes de articular as diferentes áreas das Ciências Biológicas. Entendemos que a compreensão conceitual específica é importante e necessária, pois por meio desta o aluno pode construir uma compreensão clara, entre, por exemplo, forma e função de inúmeros fenômenos que ocorrem entre os seres vivos, e até mesmo no ambiente interno de algum organismo. Ao mesmo tempo, entende-se que o conhecimento científico deve alcançar tal grau de organização que possa relacionar os múltiplos níveis das interações biológicas, gerando uma compreensão sistêmica sobre a organização dos seres vivos. Por meio dessa articulação, o indivíduo

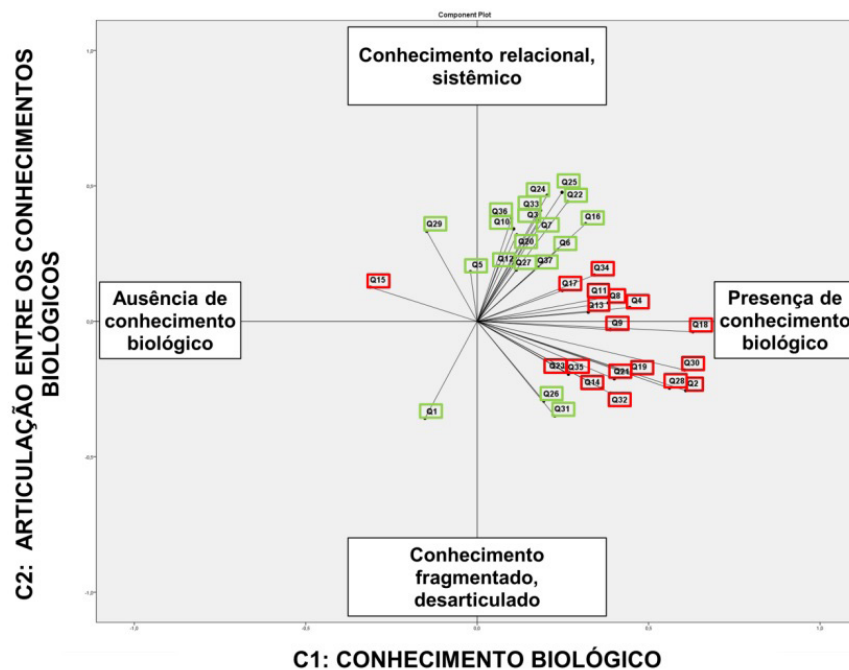
se torna apto a compreender, aceitar e aplicar os conhecimentos biológicos e suas teorias, como, por exemplo, a da evolução biológica, para construir as próprias investigações científicas ou transposições didáticas (Smith, M.U., 2010). Sendo assim, compreende-se que é importante que futuros biólogos e professores de biologia apresentem um bom desempenho tanto nas assertivas relacionadas ao Componente 1 quanto ao Componente 2, isto é, referentes aos conhecimentos biológicos e a inter-relação destes.

Pela avaliação das características das assertivas que compuseram o eixo temático 1 (C1), denominou-se este eixo temático de “Conhecimento Biológico”. Em relação ao grupo de assertivas vinculadas ao eixo temático 2 (C2), uma vez que estas procuram avaliar a presença de uma visão sistêmica dos fenômenos naturais, denominou-se este eixo de “Articulação entre os Conhecimentos Biológicos”.

É possível verificar, na Figura 3, em quais quadrantes as assertivas propostas se configuram em relação aos dois eixos temáticos definidos. Percebe-se a existência de uma dualidade em cada um dos eixos. Assim, o eixo 1 apresenta a dualidade ausência de conhecimento biológico – presença de conhecimento biológico, enquanto que o eixo 2 apresenta a dualidade conhecimento relacional, sistêmico – conhecimento fragmentado, desarticulado. Ainda, pela análise da figura é possível perceber que a ênfase da escala avaliativa proposta recai no objetivo de perceber se o conhecimento biológico é apresentado de forma fragmentada ou sistêmica pelos respondentes.

### Aplicabilidade do instrumento

Após a construção e validação do instrumento de coleta de dados, tal como apresentado neste trabalho, considera-se que este adquiriu condição de ser aplicado em diferentes amostras e situações.



**Figura 3.** Gráfico das Correlações. Gráfico de correlações das variáveis que analisa o significado do espaço definido pelos dois eixos principais (duas componentes principais da ACP). As assertivas em vermelho apresentam maior representatividade no Componente 1 e as em verde apresentam maior representatividade no Componente 2. Figura extraída do software estatístico SPSS®.

Para a análise dos dados, sugere-se a Análise dos Componentes Principais (ACP) e a identificação da frequência das respostas concordantes e discordantes de cada assertiva. A ACP permitirá ao investigador analisar se sua amostra tende a apresentar um maior ou menor grau de conhecimentos biológicos e suas inter-relações, ao verificar em qual quadrante do Gráfico de Correlações as variáveis seu grupo amostral se encontra. Já a análise de frequências das respostas permite ao pesquisador uma análise mais aprofundada dos dados obtidos, ao comparar as porcentagens de respostas em um determinado grupo de sujeitos. Indica-se, também, que seja realizada a correlação entre as assertivas por meio do Coeficiente de Correlação de Pearson ( $r$ ). Segundo P. R. Silva *et al*(2012), este coeficiente mede o grau entre duas variáveis de escala métrica. O coeficiente  $r$  pode variar de -1 a 1. O valor  $r = 1$  significa uma correlação linear perfeita entre as duas variáveis,  $r = -1$  é uma correlação linear negativa perfeita, isto é, quando uma aumenta a outra diminui e para  $r = 0$  não há uma correlação linear entre as variáveis. Quando o valor de  $r$  for maior que 0,70 têm-se uma forte correlação,  $r$  entre 0,20 e 0,70 indica uma correlação moderada e  $r$  entre 0 e 0,20 demonstra uma correlação fraca.

Como exemplo da correlação entre variáveis pode-se avaliar a seguinte situação hipotética: supondo-se que um respondente assinale que “Concorda plenamente” com a assertiva “Q12: As reações metabólicas de um ser vivo são controladas pelos seus genes”, a dúvida é: (i) este respondente concordou com esta assertiva porque entende que os genes controlam as reações metabólicas que ocorrem em um ser vivo, porém sabe que essas reações dependem também de outros fatores, como, por exemplo, os ambientais; ou (ii) este respondente apresenta uma visão reducionista de herança em função apenas do DNA? A aplicação do Coeficiente de Correlação de Pearson permite ao pesquisador obter indicativos que permitam responder a esta pergunta. Possivelmente se o respondente apresenta uma visão mais genocêntrica (ou seja, reducionista), a assertiva Q12 apresentará uma correlação

moderada ou fortemente positiva com as assertivas “Q4: Os processos metabólicos que influenciam a ação do gene independem de fatores ambientais” e “Q9: Filhos de pais diabéticos sempre desenvolverão diabetes na idade adulta”, pois provavelmente este sujeito, ao concordar com Q12, concordará também com Q4 e Q9. Por outro lado, um sujeito que concordou com Q12 e apresenta uma concepção mais sistêmica e relacional, tenderá a discordar de Q4 e Q9, ou seja, a correlação será moderada ou fortemente negativa.

### Considerações Finais

No início do desenvolvimento desta investigação foi realizada uma parcimoniosa revisão bibliográfica que permitiu a conclusão de que não havia, no Brasil, um instrumento de coleta de dados capaz de relacionar, em dois eixos complementares, o conhecimento científico dos respondentes e as inter-relações que os mesmos estabelecem entre esses conhecimentos. Notou-se, também, que são bastante raros os instrumentos de coleta de dados quantitativos na área de Ensino de Biologia. Contudo, entende-se que este tipo de instrumento permite que uma grande quantidade de dados seja coletada e que grupos possam ser eficientemente comparados, o que justificou a elaboração de escala avaliativa aqui apresentada.

Ressalta-se a importância da validação semântica e estatística apresentada nesse artigo por meio dos testes Alpha de Cronbach ( $\alpha = 0,741$ ), KMO (0,779) e Bartlett (0,000). Esses testes se mostram indispensáveis na construção da escala assertiva, uma vez que aumentou sua confiabilidade, permitindo que o instrumento proposto possa ser utilizado em outras pesquisas, pois diminui o risco, sempre presente nos questionários abertos, de questões muito subjetivas que possibilitam respostas muito abrangentes ou lacônicas por parte dos respondentes.

Apesar da importância das análises quantitativas, destaca-se que esta deve ser mais uma forma de

pesquisa e não a única a ser utilizada pelo pesquisador na área de ensino e de educação para buscar respostas para seus problemas de pesquisas. Tais análises podem auxiliar na minimização da subjetividade presente nas análises qualitativas e ser utilizadas, muitas vezes, de modo complementar a dados qualitativos nas pesquisas desenvolvidas.

## Apoio

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## Referências Bibliográficas

- AGNOLETTI, R.; BELLINI, M. A representação social do conceito de evolução de Darwin por professores de biologia. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 12-31, 2012.
- ALMEIDA, A.V.; FALCÃO, J.T.R. As teorias de Lamarck e Darwin nos livros didáticos de biologia no Brasil. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 3, p. 649-665, 2010.
- ANASTASIOU, L.G.C. A re-organização curricular: do currículo grade ao integrado. In: PEREIRA, M. J. L.; COELHO, E. B. S.; ROS, M. A. D. (org). **Da proposta à ação: currículo de medicina da UFSC**, p.121-140. Florianópolis: Editora UFSC, 2005.
- ANDRADE, M.A.B.S. **A epistemologia da biologia na formação de pesquisadores: compreensão sistêmica de fenômenos moleculares**. 233 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – UNESP, Faculdade de Ciências, Bauru, 2011.
- ARAÚJO, E.S.N.N.; *et al.* Concepções criacionistas e evolucionistas de professores em formação e em exercício. In: VII ENPEC ENCONTRO NACIONAL DOS PESQUISADORES DE CIÊNCIAS, v. 1. p. 1-12. Florianópolis, ABRAPEC, 2009.
- ARAÚJO, L.A. **Obstáculos à compreensão do pensamento evolutivo: análise em livros didáticos de biologia do Ensino Médio**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.
- AUGUSTO, T.G.S.; CALDEIRA, A.M.A. A Interdisciplinaridade na Educação em Ciências: professores de Ensino Médio em Formação em Serviço. In: ARAÚJO, E.S.N.N.; CALUZI, J.J.; CALDEIRA, A.M.A. (Orgs). **Práticas integradas para o ensino de biologia**. São Paulo: Escrituras, p.19-35, 2008.
- BABBIE, E. **Métodos de pesquisas de Survey**. 3ª reimpressão. Tradução de Guilherme Cezarino. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.
- BEGON, M.; HARPER, J.L.; TOWNSEND, C.R. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas**. Tradução de Adriano Sanches Melo. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- BIZZO, N.; ALMEIDA, A.V.; FALCÃO, T.R. A compreensão de estudantes dos modelos de evolução biológica: duas aproximações. In: VI ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 2007.
- BONITO, J.; *et al.* A Complexidade do Tempo Geológico e a sua Aprendizagem com Alunos Portugueses (12-13 anos). **Terræ Didática**, v. 7, n. 1, p. 60-71, 2011.
- BRANDO, F.R. **Proposta didática para o ensino médio de biologia: as relações ecológicas no cerrado**. 221 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – UNESP, Faculdade de Ciências, Bauru, 2010.
- BRANDO, F.R.; CAVASSAN, O.; CALDEIRA, A.M.A. Ensino de Ecologia: dificuldades conceituais e metodológicas em alunos de iniciação científica. In: CALDEIRA, A.M.A. (Org.). **Ensino de ciências e matemática, II: temas sobre a formação de conceitos**. São Paulo: Cultura Acadêmica, v. II, p. 13-31, 2009.
- CARNEIRO, A.P.N. **A evolução biológica aos olhos de professores não-licenciados**. 137f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.
- CORRÊA, A.L.; *et al.* História e Filosofia da Biologia como ferramenta no Ensino de Evolução na formação inicial de professores de Biologia. **Filosofia e História da Biologia**, v. 5, n. 2, p. 217-237, 2010.



- CORRÊA, A.L.; MEGLHIORATTI, F.A.; CALDEIRA, A.M.A. O uso da história e filosofia da biologia para o ensino de evolução na formação inicial de professores de biologia. In: CARNEIRO, M.C. (Org.). **História e filosofia das ciências e o ensino de ciências**. São Paulo: Editora Unesp, p. 116-133, 2011.
- COSTA, L.; MELO, P.L.C.; TEIXEIRA, F.M. Reflexões acerca das diferentes visões de alunos do ensino médio sobre a origem da diversidade biológica. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 1, p. 115-128, 2011.
- CUNHA, A.M. **Ciência, Tecnologia e Sociedade na Óptica Docente: Construção e Validação de Uma Escala de Atitudes**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- DEVELLIS, R.F. **Scale development: Theory and applications**. Newbury Park, CA: SAGE Publications, 1991.
- DODICK, J. Understanding evolutionary change within the framework of geological time. **Mcgill Journal of Education**, v. 42, n. 2, p. 245-264, 2007.
- EL-HANI, C.N.; EMMECHE, C. On some theoretical-grounds for an organism-centered biology: property emergence, supervenience, and downward causation. **Theory in Biosciences**, v. 119, n. 3-4, p. 234-275, 2000.
- FUTUYMA, D. **Biologia Evolutiva**. 2ª ed. Coordenador de tradução Mário de Vivo; Coordenador de revisão técnica Fábio de Melo. Ribeirão Preto: FUNPEC-RP, 2002.
- GAGLIARDI, R. Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigacion. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 1, p. 30-35, 1986.
- GASTAL, M.L.; *et al.* Progreso, adaptación e teleologia em evolução: o que aprendemos, o que entendemos e o que ensinamos? In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2009.
- GERSTEIN, M.B.; *et al.* What is a gene, post encode? History and updated definition. **Genome research**, v. 17, p. 669–681, 2007.
- GOEDERT, L. **A formação do professor de biologia na UFSC e o ensino da evolução biológica**. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.
- GOULD, S.; LEWONTIN, R. The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. **Proceedings of The Royal Society of London**, v. 205, p. 581-598, 1979.
- GRENE, M.; DEPEW, D. **The Philosophy of Biology: an episodic history**. Cambridge: University Press, 2004.
- HAIR, J.F.; *et al.* **Multivariate Data Analysis**. 5ª ed. Prentice Hall, 1998.
- JABLONKA, E. The systems of inheritance. In: OYAMA, S.; GRIFFITHS, P.E.; GRAY, R. (ed.). **Cycles of contingency: developmental systems and evolution**. Cambridge, Massachusetts/ London, England: MIT Press, p.99-116, 2001.
- JOAQUIM, L. M.; *et al.* Concepções de estudantes de graduação de biologia da UFPR e UFBA sobre genes e sua mudança pelo ensino de genética. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, Florianópolis, ABRAPEC, 2007.
- JOAQUIM, L. M.; EL-HANI, C.N. A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. **Scientiæ Studia**, v. 8, n. 1, p. 93-128, 2010.
- JUSTINA, L. A. D. **Investigação sobre um grupo de pesquisa como espaço coletivo de formação inicial de professores e pesquisadores de biologia**. 238 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – UNESP, Faculdade de Ciências, Bauru, 2011.
- JUSTINA, L. A. D.; MEGLHIORATTI, F. A.; CALDEIRA, A. M. A. (Re)construção de conceitos biológicos na formação inicial de professores e proposição de um modelo explicativo para a relação genótipo e fenótipo. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 03, p. 65-84, 2012.
- KELLER, E.F. **O século do gene**. Belo Horizonte: Editora Crisálida, 2002.

- KOVALESKI, A.; PILATTI, L. A. **Ferramenta freeware para a realização do cálculo do Coeficiente Alpha de Cronbach**. Ponta Grossa: Fundação Araucária, 2010.
- LEWONTIN, R. **A tripla hélice: gene, organismo e ambiente**. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.
- MAROCO, J.; GARCIA-MARQUES, T. Qual a fiabilidade do alfa de Cronbach? Questões antigas e soluções modernas? **Laboratório de Psicologia**, v. 4, n. 1, p. 65-90, 2006.
- MAYR, E. **O que é a evolução**. Rio de Janeiro: Rocco, 2009.
- MEGLHIORATTI, F.A. **História da construção do conceito de evolução biológica: possibilidades de uma percepção dinâmica da ciência pelos professores de Biologia**. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2004.
- \_\_\_\_\_. **O conceito de organismo: uma introdução à epistemologia do conhecimento biológico na formação de graduandos de biologia**. 254f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – UNESP, Faculdade de Ciências, Bauru, 2009.
- MEGLHIORATTI, F. A.; *et al.* A compreensão de sistemas biológicos a partir de uma abordagem hierárquica: contribuições para a formação de pesquisadores. **Filosofia e História da Biologia**, v. 3, p. 119-138, 2008.
- MEGLHIORATTI, F. A.; *et al.* A integração conceitual no ensino de biologia: uma proposta hierárquica de organização do conhecimento biológico. In: CALDEIRA, A.M.A.; ARAUJO, E.S.N.N. (orgs). **Introdução à didática da biologia**. São Paulo: Escrituras, p. 189- 205, 2009.
- MEYER, D.; EL-HANI, C. N. **Evolução: o sentido da biologia**. São Paulo: Editora Unesp, 2005.
- MINGOTI, S.A. **Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.
- MORIN, E. A cabeça bem feita. **Repensar a reforma repensar o pensamento**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil Ltda, 2002.
- NICOLINI, L. P.; FALCÃO, E. B. M.; FARIA, F. S. Origem da vida: como licenciandos em ciências biológicas lidam com este tema? **Ciência & Educação**, v. 16, n. 2, p. 355-367, 2010.
- NUNNALLY, J. C. **Psychometric theory**. New York: McGraw-Hill Inc, 1978.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.
- OLIVEIRA, T. B. **Uma pesquisa didático-epistemológica na formação inicial em ciências biológicas: “como a evolução forjou a grande quantidade de criaturas que habitam o nosso planeta”?** 2015, 209p., Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Bauru, 2015.
- OYAMA, S.; GRIFFITHS, P.E.; GRAY, R. Introduction: what is developmental systems theory? In: **Cycles of contingency: developmental systems and evolution**. Cambridge, Massachusetts/ London, England: MIT Press, p.1-11, 2001.
- PESTANA, M. H.; GAGEIRO, J. N. **Análise de dados para ciências sociais: a complementaridade do SPSS**. 2ª Edição. Lisboa: Edições Sílabo, 2005.
- PINTO-COELHO, R.M. **Fundamentos da Ecologia**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.
- POLINARSKI, C.A. **Formação inicial do professor: caracterização de um curso de licenciatura em Ciências Biológicas com base nas Diretrizes Curriculares Nacionais**. 161 p. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) – UEM, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.
- RICKLEFS, R.E. **A economia da natureza**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2003.
- SANTOS, W. B.; EL-HANI, C.N. A abordagem do pluralismo de processos e da evo-devo em livros didáticos de biologia evolutiva e zoologia de vertebrados. **Revista Ensaio**, v. 15, n. 3, p. 199-216, 2013.
- SCHNEIDER, E. M.; *et al.* Conceitos de gene: Construção histórico-epistemológica e percepções de professores do Ensino Superior. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 201-222, 2011.

- SCHNEIDER, E. M.; MEGLHIORATTI, F. A.; OLIVEIRA, J. M. P. Uma proposta de sequência didática interdisciplinar para o ensino fundamental. In IV SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO XXIV SEMANA DA PEDAGOGIA, Cascavel. **Anais... UNIOESTE**, 2014.
- SEPULVEDA, C.; EL-HANI, C.N. Adaptacionismo versus exaptacionismo: o que este debate tem a dizer ao ensino de evolução? **Ciência e Ambiente**, v. 36, p. 93-124, 2008.
- SILVA, P. R.; *et al.* Construção e validação de questionário para análise de concepções bioéticas. **Revista Bioética**, v. 20, n. 3, p. 490-501, 2012.
- SMITH, M. U. Current Status of Research in Teaching and Learning Evolution: I. Philosophical/Epistemological Issues. **Science & Education**, v. 19, p. 523-538, 2010.
- SMITH, M. U.; ADKISON, L. R. Updating the model definition of the gene in the modern genomic era with implications for instruction. **Science & Education**, v. 19, p. 1-20, 2010.
- STERELNY, K.; GRIFFITHS, P. E. **Sex and Death: an introduction to philosophy of biology**. Chicago: University of Chicago Press, 1999.
- WANDERSEE, J. H.; FISHER, K. M.; MOODY, D. E. The Nature of Biology Knowledge. In: FISHER, K. M; WANDERSEE, J. H.; MOODY, D.E. **Mapping Biology Knowledge**. Boston: Kluwer Academic Publishers, p.25-37, 2001.

