



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS DE PORTO NACIONAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE, ECOLOGIA E  
CONSERVAÇÃO

**LIDIANE ANDRESSA CAVALCANTE UHLMANN**

**ORGANISMO E INDIVIDUALIDADE BIOLÓGICA:  
ORIGENS, CAUSAS E IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS**

PORTO NACIONAL, TO  
2019

**LIDIANE ANDRESSA CAVALCANTE UHLMANN**

**ORGANISMO E INDIVIDUALIDADE BIOLÓGICA:  
ORIGENS, CAUSAS E IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS**

Artigo foi avaliado e apresentado à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Porto Nacional, Curso de Pós-graduação em Biodiversidade, Ecologia e Conservação para obtenção do título de mestre e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Dr. Fernando Mayer Pelicice  
Coorientador: Dr. Geraldo Mendes dos Santos

PORTO NACIONAL, TO

02/2019

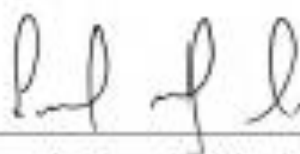
Lidiane Andressa Cavalcante Uhlmann

Organismo e individualidade biológica: origens, causas e implicações ecológicas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ecologia e Conservação. Foi avaliada para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade, Ecologia e Conservação e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 27/02/2019

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Fernando Mayer Pelicice (Orientador), UFT



Prof. Dr. Etiene Falbbrin Pires, UFT



Prof. Dr. Rafael José de Oliveira, UFT

Porto Nacional, 2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

U31o Uhlmann, Lidiane Andressa Cavalcante.

ORGANISMO E INDIVIDUALIDADE BIOLÓGICA: ORIGENS, CAUSAS  
E IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS. / Lidiane Andressa Cavalcante Uhlmann. –  
Porto Nacional, TO, 2019.

62 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins  
– Câmpus Universitário de Porto Nacional - Curso de Pós-Graduação  
(Mestrado) em Biologia, Ecologia e Conservação, 2019.

Orientador: Fernando Mayer Pelicice

Coorientador: Geraldo Mendes dos Santos

1. Organismo. 2. Individualidade biológica. 3. Ecologia. 4. Filosofia da  
Ecologia. I. Título

**CDD 577**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer  
forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte.  
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184  
do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

*“De modo geral, não é a observação de fenômenos raros e escondidos que só são apresentáveis por meio de experimentos que serve para a descoberta das mais importantes verdades, mas a observação daqueles fenômenos que são evidentes e acessíveis a todos. Por isso a tarefa não é ver o que ninguém viu ainda, mas pensar aquilo que ninguém pensou a respeito daquilo que todo mundo vê”. (Schopenhauer, 2010)*

*“A enorme variação e complexidade do mundo orgânico é como música para os ecólogos.” –  
(Simberloff, 1980)*

## RESUMO

A espécie é a unidade básica para maior parte das pesquisas em biologia. Contudo, esse conceito abriga uma ideia tipológica, onde as variações intraespecíficas são irrelevantes. Em contrapartida, uma perspectiva reducionista, nas áreas da genética, biologia celular e molecular, vem ganhando proeminência, principalmente pelos avanços empreendidos no campo da medicina. No entanto, essa abordagem confere importância muito limitada do organismo e dos fenômenos biológicos. Por conseguinte, muitos autores advogam que adotar o organismo biológico no cerne das teorias biológicas, traria uma abordagem mais fiel e completa do mundo natural. O organismo biológico constitui uma unidade integrada e coesa capaz de se reproduzir, que funciona com base em uma estrutura genética, realizando troca de matéria, energia e informação com o meio. Uma de suas características fundamentais é que eles possuem a individualidade (unicidade) como atributo biológico. As causas que geradoras da individualidade são várias, no entanto, a estrutura genética, o aprendizado e a volição são algumas das causas mais relevantes. Embora essas causas não sejam reconhecidas em todos os táxons, a estrutura genética é a causa de individualidade mais abrangente e engloba todos os seres vivos, ao passo que a aprendizagem e a volição estão reconhecidas apenas em animais. Considerar o organismo individual, bem como as variações intraespecíficas, é importante e gera consequências significativas na dinâmica ecológica, tanto na esfera populacional, quanto na comunitária e ecossistêmica. Contudo, essa noção parece não ter sido bem absorvida pelos ecólogos, haja vista que duas das principais teorias no âmbito das comunidades, a de nicho ecológico e a teoria neutra da biodiversidade, não levam em consideração as variações individuais. O presente estudo apresenta uma análise teórico-filosófica sobre as causas da individualidade biológica, reconhecendo que se trata de um fenômeno universal e significativo, e, portanto relevante, para o avanço da ciência ecológica.

**Palavras-chave:** Organismo. Individualidade. Ecologia.

## ABSTRACT

Species, this is the basic unit for most biology research. However, its concept harbors a typological idea, where intraspecific variations are irrelevant. On the other hand, a reductionist perspective, such as genetics, cellular and molecular biology, has gained prominence in biological science, mainly due to the advances made in the field of medicine, but this approach confers on the organism a very limited importance to the understanding of biological phenomena. Therefore, many authors advocate that adopting the biological organism at the core of our theories would bring a more faithful and complete approach to the natural world. The biological organism constitutes an integrated and cohesive unit capable of reproducing, which operates on the basis of a genetic structure, carrying out exchange of matter, energy and information with the environment. However, a fundamental characteristic of organisms is that they have individuality (oneness) as a biological attribute. Many may be the causes that generate individuality; however, genetic structure, learning, and volition are some of the most obvious causes. Although these causes are not recognized in all taxa, the genetic structure is the cause of more comprehensive individuality and encompasses all living beings, whereas learning and volition are recognized only in animals, both invertebrates and vertebrates. A number of empirical and theoretical works have supported the belief that considering the individual organism as well as the intraspecific variations is important and has significant consequences on the ecological dynamics, both in the population, community and ecosystem. However, this notion does not seem to have been well absorbed by ecologists, since two of the major community-based theories, the ecological niche and the neutral theory of biodiversity, do not take into account individual variations. In this sense, the present study carried out a theoretical-philosophical analysis on the causes of individuality, recognizing the biological individuality as a universal and significant phenomenon, discussing the importance of considering the individual organism for the advancement of ecological science.

**Keywords:** Organism. Individuality. Ecology

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
2. CONCEITO DE ESPÉCIE E DE ORGANISMO .....	15
3. NATUREZA ONTOLÓGICA DO ORGANISMO BIOLÓGICO.....	19
4. INDIVIDUALIDADE BIOLÓGICA .....	23
5. CAUSAS DA INDIVIDUALIDADE BIOLÓGICA .....	30
6. INDIVIDUALIDADE E ECOLOGIA .....	37
7. CONCLUSÃO.....	45
8. AGRADECIMENTOS .....	45
9. REFERÊNCIAS .....	45
10. ANEXO.....	55



# ORGANISMO E INDIVIDUALIDADE BIOLÓGICA: ORIGENS, CAUSAS E IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS

*Lidiane Andressa C. Uhlmann<sup>1\*</sup>, Fernando Mayer Pelicice<sup>2</sup> & Geraldo Mendes dos Santos<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Discente do curso de Pós-Graduação em Biodiversidade Ecologia e Conservação. Universidade Federal do Tocantins. Campus de Porto Nacional, TO – Brasil. CEP: 77500-000.

<sup>2</sup>Docente e coordenador do curso de Pós-Graduação em Biodiversidade Ecologia e Conservação. Universidade Federal do Tocantins. Campus de Porto Nacional, TO – Brasil. CEP: 77500-000.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Coordenação de Biodiversidade. Manaus, AM – Brasil. CEP: 69067375.

E-mails: [andressabio@uft.edu.br](mailto:andressabio@uft.edu.br)\*; [fmPelicice@gmail.com](mailto:fmPelicice@gmail.com); [gsantos@inpa.gov.br](mailto:gsantos@inpa.gov.br)

Título Running: Organism and biological individuality

## RESUMO

A espécie é a unidade básica para maior parte das pesquisas em biologia. Contudo, esse conceito abriga uma ideia tipológica, onde as variações intraespecíficas são irrelevantes. Em contrapartida, uma perspectiva reducionista, nas áreas da genética, biologia celular e molecular, vem ganhando proeminência, principalmente pelos avanços empreendidos no campo da medicina. No entanto, essa abordagem confere importância muito limitada do organismo e dos fenômenos biológicos. Por conseguinte, muitos autores advogam que adotar o organismo biológico no cerne das teorias biológicas, traria uma abordagem mais fiel e completa do mundo natural. O organismo biológico constitui uma unidade integrada e coesa capaz de se reproduzir, que funciona com base em uma estrutura genética, realizando troca de matéria, energia e informação com o meio. Uma de suas características fundamentais é que eles possuem a individualidade (unicidade) como atributo biológico. As causas que geradoras da individualidade são várias, no entanto, a estrutura genética, o aprendizado e a volição são algumas das causas mais relevantes. Embora essas causas não sejam reconhecidas em todos os táxons, a estrutura genética é a causa de individualidade mais abrangente e engloba todos os seres vivos, ao passo que a aprendizagem e a volição estão reconhecidas apenas em animais. Considerar o organismo individual, bem como as variações intraespecíficas, é importante e gera consequências significativas na dinâmica ecológica, tanto na esfera populacional, quanto na comunitária e ecossistêmica. Contudo, essa noção parece não ter sido bem absorvida pelos ecólogos, haja vista que duas das principais teorias no âmbito das comunidades, a de nicho ecológico e a teoria neutra da biodiversidade, não levam em consideração as variações individuais. O presente estudo apresenta uma

análise teórico-filosófica sobre as causas da individualidade biológica, reconhecendo que se trata de um fenômeno universal e significativo, e, portanto relevante, para o avanço da ciência ecológica.

**Palavras-chave:** ecologia; individualidade; organismo.

## **ABSTRACT**

**ORGANISM AND BIOLOGICAL INDIVIDUALITY: ORIGINS, CAUSES AND ECOLOGICAL IMPLICATIONS.** Species, this is the basic unit for most biology research. However, its concept harbors a typological idea, where intraspecific variations are irrelevant. On the other hand, a reductionist perspective, such as genetics, cellular and molecular biology, has gained prominence in biological science, mainly due to the advances made in the field of medicine, but this approach confers on the organism a very limited importance to the understanding of biological phenomena. Therefore, many authors advocate that adopting the biological organism at the core of our theories would bring a more faithful and complete approach to the natural world. The biological organism constitutes an integrated and cohesive unit capable of reproducing, which operates on the basis of a genetic structure, carrying out exchange of matter, energy and information with the environment. However, a fundamental characteristic of organisms is that they have individuality (oneness) as a biological attribute. Many may be the causes that generate individuality; however, genetic structure, learning, and volition are some of the most obvious causes. Although these causes are not recognized in all taxa, the genetic structure is the cause of more comprehensive individuality and encompasses all living beings, whereas learning and volition are recognized only in animals, both invertebrates and vertebrates. A number of empirical and theoretical works have supported the belief that considering the individual organism as well as the intraspecific variations is important and has significant consequences on the ecological dynamics, both in the population, community and ecosystem. However, this notion does not seem to have been well absorbed by ecologists, since two of the major community-based theories, the ecological niche and the neutral theory of biodiversity, do not take into account individual variations. In this sense, the present study carried out a theoretical-philosophical analysis on the causes of individuality, recognizing the biological individuality as a universal and significant phenomenon, discussing the importance of considering the individual organism for the advancement of ecological science.

**Keywords:** ecology; individuality; organism.

## INTRODUÇÃO

O conceito de espécie desempenha papel fundamental na organização da vida e permite o desenvolvimento da ciência biológica. A espécie é uma das unidades básicas da biodiversidade, e representa a base operacional para a maior parte da pesquisa em biologia evolucionista e comportamental e também para ecologia, conservação e várias outras ciências naturais. Por ser espécie um termo teórico, logo uma abstração, e por ser estudada para uma infinidade de questões, existe um longo debate em torno de sua definição. A consequência de tal discussão é que atualmente, existem diversas conceituações para a entidade espécie (Mayden 2002). Contudo, apesar da diversidade de conceitos, todos eles têm em comum o fato de abrigarem a ideia de que espécie corresponde a uma classe de objetos cujos membros partilham certas propriedades definidoras, que as separam claramente dos membros de outras classes. Algo que se assemelha com a ideia tipológica ou essencialista, nessa perspectiva, toda a diversidade do mundo consistia em um número limitado de essências ou tipos, claramente delimitadas e imutáveis, cada qual formando uma classe. Dessa forma, os membros de cada classe eram concebidos como idênticos, constantes e separados dos participantes de qualquer outra classe. Segundo essa visão, todas as variações da forma padrão são consideradas ruídos ou desvios irrelevantes e poderia ser desprezada (Mayr 2004).

Os organismos são objetos concretos das ciências biológicas, no entanto, eles não são cópias idênticas ou similares de um determinado tipo. Ao contrário disso, eles, exibem diversas variações entre si. Dessa forma, adotar o conceito de espécie sob uma perspectiva tipológica é uma grande simplificação que implica em perda de informações, haja vista que negligencia uma propriedade fundamental da biodiversidade: a variação individual. Como consequência, os organismos individuais bem como as variações intraespecíficas não são evocados nas teorias biológicas. No entanto, tais abordagens podem não representar uma descrição completa/fiel dos sistemas biológicos, uma vez que no mundo orgânico não existem classes constantes (Ghiselin 2002, Mayden 2002, Mayr 2004).

Por outro lado, estudos direcionados para uma perspectiva reducionista, como a genética, biologia celular, molecular e biotecnologia, tem ganhado ênfase, principalmente pelos grandes avanços alçados em muitos campos da biologia e da medicina, incluindo pesquisas sobre câncer e criação de novos medicamentos. O reducionismo direciona seus métodos de estudo para átomos, moléculas e genes e

pressupõe que todos os fenômenos biológicos podem ser suficientemente compreendidos através de processos físicos e químicos. Adotar o pensamento reducionista gerou a impressão de que todos os fenômenos biológicos podem ser suficientemente compreendidos através de explicações moleculares, o que não é verdade, pois confere importância muito limitada ao entendimento dos fenômenos biológicos. Com base nisso, alguns pesquisadores advogam que as explicações baseadas em estudos moleculares e/ou genéticos quase lançaram o organismo no ostracismo (El-Hani & Emmeche 2000, Drack & Betz 2017). Portanto, restringir o foco às moléculas é problemático, pois as interações nesse nível ocorrem dentro ou em conexão com um organismo e, portanto, as interações das partes dependem de níveis hierárquicos superiores (órgãos, sistemas, organismo), enquanto que o organismo depende simultaneamente das interações das partes. Além disso, os fenômenos mostrados pelos seres vivos não podem ser entendidos através de suas partes singulares, pois existem diferentes níveis de estruturação e interações em um organismo, onde cada nível pode desempenhar um papel determinante para os outros.

Chediak (2005), Longo et al. (2015), Pradeu (2016a, b), Godfrey-Smith (2016), Drack & Betz (2017), entre outros autores, advogam que adotar o organismo biológico no cerne de teorias, traria uma abordagem mais fiel e completa do mundo natural. Não obstante, um entendimento sólido da natureza biológica do organismo é fundamental para escrever sobre quase todos os aspectos da filosofia da biologia, além de delimitar o campo de pesquisa científico-filosófica. Compreender organismos e incorporar esse entendimento em disciplinas acadêmicas, fornecerá inquestionavelmente cientistas mais bem preparados para avançar em seus campos de estudo, melhorando o potencial em adquirir importantes dados empíricos, bem como a interpretação correta desses dados em nossa busca de explicar, entender e conservar o mundo biológico.

Nesse ensaio, adotamos a ideia de que um organismo biológico constitui uma unidade integrada e coesa capaz de se reproduzir, que funciona com base em uma estrutura genética, realizando troca de matéria, energia e informação com o meio caracterizado por diferentes e complementares à sua constituição (Mayr 1961, Maturana 2001, Longo et al. 2015). Contudo, ressalta-se uma característica fundamental dos seres vivos, a de que eles possuem a individualidade como atributo biológico. Dessa forma, constituem uma unidade singular/única na natureza. Um sinergismo de causas torna cada organismos biológico único. No

entanto, a estrutura genética, o aprendizado e a volição (ação de escolher ou decidir), são algumas das causas mais evidentes para promoção da individualidade.

Do ponto de vista genético vários mecanismos moleculares contribuem para que cada organismo tenha genótipo único. A mutação, recombinação gênica e meiose são mecanismos que promovem a variação genética intraespecífica, logo, garantem a individualidade biológica. A reprodução sexuada assegura ainda mais a individualidade genética, pois indivíduos provenientes desse tipo de reprodução recebem um sortimento de genes de ambos os progenitores, metade da quantidade de genes do organismo é de origem materna e a outra metade de origem paterna. Esse mecanismo faz com que seja praticamente inexistente a probabilidade de que dois organismos tenham o mesmo genótipo (Hirsch 1963). A diversidade genotípica também se faz presente em populações de indivíduos que se reproduzem de forma assexuada. Diversos estudos empíricos têm demonstrado que organismos que se reproduzem de forma assexuada podem ter níveis tão altos de variabilidade genética quanto os de reprodução sexuada, ainda que o grau dessa variabilidade possa variar entre as populações e seja dependente da história evolutiva do organismo e do nível de heterogeneidade ambiental (Booy et al. 2000). Em suma, todos os mecanismos supracitados (por exemplo, mutação, meiose e recombinação gênica) garantem variabilidade genética e contribuem de forma significativa para a individualidade biológica. Além disso, o fenótipo dos organismos é resultado da interação genótipo-ambiente. Dessa forma, além de uma constituição genética única, a interação com o ambiente amplifica a individualidade biológica.

Outra causa para variação intraespecífica é a aprendizagem. A capacidade de aprendizagem resulta da interação do organismo com o meio. Dessa forma, o organismo precisa ser dotado de atributos biológicos sensoriais, capazes de detectar as informações do meio; de funções cognitivas que internalizam, interpretam e armazenam a informação do meio bem como de emoções, o que estimula o organismo a obter um determinado conhecimento (Maturana 2001). O resultado do aprendizado, entretanto, dependerá da interação da capacidade do organismo com as suas experiências de vida (situação experimentada). Dessa forma, embora organismos de uma mesma espécie tenham capacidades cognitivas muito parecidas (forma de perceber e processar a informação do mundo), estes variam consideravelmente na resposta a um mesmo estímulo. Uma das razões para essa variação é o fato de que cada organismo possui uma história de vida individual, portando, diferentes situações experimentadas (Maturana 2001). Nessa lógica, diferentes

situações experimentadas resultam em aprendizados diversificados, ampliando as diferenças individuais na população, logo a aprendizagem se torna causa de individualidade biológica (Ranhel 2011).

A volição é uma função cognitiva, relacionada à capacidade de decisão espontânea; e também promove a individualidade biológica. A volição é resultado de um circuito neural de dois estágios, em que o primeiro gera opções comportamentais enquanto o segundo determina e seleciona de forma “desejada” quais dos comportamentos gerados pelo primeiro estágio serão iniciados. Isso implica que o “cérebro” tem a habilidade de escolher entre diferentes opções de comportamento mesmo diante de circunstâncias e história idênticas (Brembs 2011). Nessa lógica, a volição permite que os organismos ajam de forma espontânea, mesmo diante de uma situação já experimentada. A volição proporciona ações espontâneas que implicam em variabilidade comportamental, logo em individualidade biológica.

As causas elencadas (estrutura genética, aprendizagem e volição) principalmente quando combinadas asseguram a unicidade de cada ser. Embora a individualidade biológica seja um fenômeno generalizado entre os táxons, as causas pontuadas não estão reconhecidas em todos os grupos de organismos. Dessa forma, a estrutura genética é a causa de individualidade mais abrangente, que engloba todos os seres vivos, ao passo que a aprendizagem e a volição estão reconhecidas apenas em animais.

De fato, os organismos possuem a individualidade como atributo biológico. Se os organismos são únicos e individuais, negligenciar esse aspecto da vida nos estudos ecológicos é irrelevante?

Uma série de trabalhos empíricos e teóricos vem amparando a crença de que, considerar o organismo individual bem como as variações intraespecíficas, é importante e gera consequências significativas na dinâmica ecológica, como diferenças nas defesas anti-predador, resistência ou exposição a parasitas, uso de recursos e capacidade competitiva. Isso gera implicações tanto na esfera populacional, comunitária, bem como ecossistêmica (Zhu et al. 2000, Bolnick et al. 2003, Hughes et al. 2008, Araújo et al. 2011, entre outros autores). Contudo, essa noção parece não ter sido bem absorvida pelos ecólogos, haja vista que duas das principais teorias no âmbito das comunidades, a de nicho ecológico e a teoria neutra da biodiversidade, não levam em consideração as variações individuais.

Em virtude do progresso contínuo da ciência biológica em demonstrar como a individualidade pode acarretar em efeitos ecológicos relevantes, torna-se necessário reavaliar a importância de se considerar o

organismo individual nas pesquisas ecológicas à luz de nosso conhecimento atual (Bolnick et al. 2003 e Araújo et al. 2011). Neste sentido, o objetivo desse ensaio é fazer uma análise filosófica acerca do organismo biológico, destacando a individualidade como característica fundamental. Dessa forma, essa análise corrobora com uma crescente literatura que apoia a importância em se considerar o organismo individual nas pesquisas ecológicas. Aceitar a individualidade não significa que a ecologia se concentre essencialmente no indivíduo, pois os fenômenos ecológicos são percebidos em diferentes níveis hierárquicos. No entanto, compreender e reconhecer a individualidade é criticamente importante na estruturação do pensamento, análise e interpretação de dados empíricos. Esperamos que esta revisão sirva de reflexão sobre o fato de que a individualidade biológica é um fenômeno significativo e que deve ser considerado nos estudos ecológicos.

### CONCEITO DE ESPÉCIE E DE ORGANISMO

O conceito de espécie, é o elemento fundamental e a base operacional para a maior parte das pesquisas em biologia evolucionista, além da ecologia, conservação, paleontologia e várias outras ciências naturais. A espécie é uma das unidades básicas da biodiversidade, e sua ideia é tão basal que uma das grandes indagações científico-filosóficas reside em delimitar, por exemplo, quantas espécies existem no mundo, uma vez que só é possível pesquisar/conservar a biodiversidade quando se conhece a diversidade de espécies existente. Outro exemplo do papel primordial que o conceito de espécie desempenha na ciência biológica, envolve o fato de que a diversidade está desaparecendo em todo o mundo a taxas sem precedentes, e a proteção internacional, nacional ou estadual é amplamente dirigida a entidades biológicas que são referidas como espécies (Mayden 2002). No entanto, pelo fato da espécie ser uma abstração, é muito difícil transformar sua realidade numa expressão verbal concisa e que capte todas as nuances de sua composição; por esse motivo, o conceito de espécie é alvo de acaloradas controvérsias, desde que foi formulado, pois a forma como a espécie é compreendida tem implicações sobre a abordagem metodológica, aplicação teórica ou no tipo de pesquisas realizadas, repercutindo nas tomadas de decisões científicas que influenciam no nosso cotidiano (Ghiselin 2002, Mayr 2004).

De Platão, com sua ideia de “eidos”, Aristóteles com sua ideia de “essência”, até Lineu, no início do século XIX, com sua ideia de “tipos”, noções diferentes de “espécie” tem sido trabalhadas (e.g., tipológica, morfológica, lineana, etc.). No entanto, todas elas abrigam a noção de que espécie corresponde a uma classe

de seres que partilham certas propriedades definidoras, que as separam claramente dos membros de outras classes. Segundo essa visão, todas as variações da forma padrão são consideradas desvios irrelevantes, onde os seres tendem à forma padrão ou original.

A descrição teológico-criacionista para a origem da diversidade do mundo está publicada em um dos livros mais influente da história da humanidade, a bíblia, no primeiro livro do Antigo Testamento (Gênese). Nessa perspectiva, as espécies foram criadas como formas perfeitas e imutáveis por um Criador divino. No entanto, houve um dilúvio que arrasou a Terra e para salvar/conservar todas as espécies do mundo, Noé foi convocado pelo Criador a construir uma arca, tendo levado um par de cada espécie. Cessado o cataclismo e escancarada à porta da arca, esses animais também obedecendo à ordem do Criador, para crescer e multiplicar. A separação entre ciência e religião foi um processo longo e complexo, sendo a filosofia de Kant e a teoria de Darwin, foram os principais marcos dessa separação. A mudança na cosmovisão científica quanto à origem da diversidade biológica, desde as entidades imutáveis formadas por um Criador até as entidades existentes por causa da descendência evolucionária através da seleção e modificação naturais, foi claramente uma mudança metafísica significativa. No entanto, embora o criacionismo tenha sido removido da biologia, parece haver um resquício desse entendimento, com base na formação de tipos e de espécies (Papavero & Teixeira 2001, Longo et al. 2015).

Mais recentemente, contribuições da genética e de outros ramos da biologia evolutiva fomentaram avanços no debate científico em torno do conceito de espécie, o que gerou uma substancial literatura sobre o tema e mais de 20 conceituações diferentes sobre espécies. Dentre os mais utilizados está o filogenético, que configura uma determinada espécie como possuidora de caracteres únicos (automórficos); o conceito genético, que considera as distâncias genéticas de seus atributos cromossômicos; o conceito ecológico, que configura uma determinada espécie com base em seus atributos comportamentais/funcionais divergentes. Atualmente, a certo consenso entre os biólogos ao considerarem espécie como populações naturais capazes de entrecruzamento, com a presença de isolamento reprodutivo (genético) de outros grupos similares, padrões morfológicos evidentes e conservativos, além de nicho ecológico específico (Ghiselin 2002, Mayden 2002, Mayr 2004).



Apesar do conceito de espécie desempenhar papel fundamental em organizar a vida e permitir o desenvolvimento da biologia, todas as diferentes conceituações propostas sugerem classes naturais. Isso implica que a ontologia da espécie segue uma visão tipológica. Dessa forma, ainda persiste na biologia o raciocínio aplicado às ciências físico-químicas que tratam de átomos, componentes considerados como tipos naturais imutáveis, passíveis de organização em um sistema de categorização com classes. Adotar na biologia um conceito baseado em uma ideia tipológica acarreta em perda de informação, pois negligencia uma propriedade fundamental da biodiversidade que é a variação individual dos organismos. Apesar de apresentarem similaridades os organismos de uma determinada espécie, possuem variações. Apesar disso, embora o nível dessas variações possa diferir, a individualidade é característica do mundo orgânico (Mayr 1996, Mayden 2002).

Os organismos individuais, bem como as variações intraespecíficas não são evocados nas teorias biológicas, mesmo nas vertentes mais recentes dessa ciência como é o caso da Ecologia. Em muitos estudos ecológicos, as espécies e organismos são classificados em grupos funcionais específicos. Após a classificação são discutidos generalidades dessas classes na dinâmica do ecossistema, teias alimentares, fluxo de energia, etc. Como consequência a interpretação dos dados e seus padrões ou relacionamentos presumidos, são feitas com base em uma abordagem tipológica, que minimizam a variabilidade, considerando indivíduos coespecíficos como ecologicamente equivalentes. No entanto, tais abordagens podem não representar uma descrição completa/fiel dos sistemas biológicos, uma vez que no mundo orgânico não existem classes constantes (Ghiselin 2002, Mayden 2002, Mayr, 2004). Deve-se enfatizar que a evolução darwiniana, a mais importante teoria da biologia moderna, é construída sobre a característica de seleção natural de variações intra-específicas. Darwin (1859) rejeitou a descrição tipológica para a diversidade orgânica, em vez de classes constantes ele introduziu o pensamento populacional em biologia, onde postulou que as populações são variáveis por constituírem de organismos singularmente diferentes, colocando o organismo biológico no cerne desse conceito filosófico (Simberloff, 1980).

Embora a teoria da evolução tenha construído um novo paradigma em biologia, o pensamento tipológico continua bastante arraigado e os organismos individuais ainda desempenham um papel limitado nas explicações dos fenômenos biológicos. Além de a espécie ser adotada como unidade básica das ciências

biológicas, elencamos outros fatores que apontam para a proeminência do pensamento tipológico bem como a marginalização do organismo individual em nossas teorias científicas.

Um ponto relevante é a influencia de uma cosmovisão fisicalista que tende a formular teorias de acordo com uma perspectiva de universalidade. No paradigma fisicalista a construção de leis universais é uma característica imprescindível para uma ciência realmente válida e genuína (Mayr 1996). Nesse sentido, o organismo biológico é entendido como particular e vai em direção oposta ao universal, contrastando com o conceito de espécie que diz respeito a um conjunto de indivíduos possuidores de caracteres comuns, onde uma lei universal estaria em maior consonância. Ainda no paradigma fisicalista, a vertente mecanicista entende o funcionamento da Natureza, incluindo a vida, com o funcionamento de uma máquina; nessa lógica basta-se conhecer as características e o funcionamento de suas partes para conhecer e prever o todo (Ellis 2005). Nesse sentido, as espécies são partes, entidades determinadas, ou seja, passíveis de serem previstas e caracterizadas pela matéria e pelo movimento, algo não significativamente distinto de objetos inanimados (Mayr 1996). Portanto, se as espécies são entidades determinadas, os organismos que a constitui são iguais. Como resultado, teorias, conceitos e outros produtos intelectuais prestam pouca atenção ao organismo individual (Chediak 2005).

Outro aspecto para a negligência do organismo é o grande sucesso de uma vertente proeminente do fisicalismo, o reducionismo, que tem ganhado ênfase em biologia desde a década de 1920, pelos grandes avanços empreendidos pela genética, biologia celular e molecular. O reducionismo pressupõe que todos os fenômenos biológicos podem ser suficientemente compreendidos através de processos físicos e químicos, e direciona seus métodos de estudo para uma perspectiva molecular, conferindo ao organismo, importância muito limitada nas explicações biológicas. Com base nisso, alguns pesquisadores advogam que as explicações moleculares e/ou genéticas quase lançaram o organismo no ostracismo (El-Hani & Emmeche 2000, Drack & Betz 2017).

Embora as abordagens metodológicas voltadas para níveis moleculares e/ou genéticos tenham contribuído para o progresso em muitos campos da biologia e da medicina, restringir o foco às moléculas é problemático, pois as interações nesse nível ocorrem dentro ou em conexão com um organismo e, portanto, as interações das partes dependem de níveis hierárquicos superiores (organismo), enquanto que o organismo depende simultaneamente das interações das partes. Além disso, os fenômenos mostrados pelos seres vivos

não podem ser entendidos através de suas partes singulares, pois existem diferentes níveis de estruturação e interações em um organismo, onde cada nível pode desempenhar um papel determinante para os outros. Desse modo, os organismos estão sujeitos a um determinismo estratificado, onde o microdeterminismo - que se refere à ideia de que os fenômenos macroscópicos são determinados apenas por eventos no nível micro ou molecular - deve ser complementado pela macrodeterminação, que funciona na direção diametralmente oposta (Drack & Betz 2017). Nessa perspectiva e de acordo com Chediak (2005), Longo et al. (2015), Godfrey-Smith (2016), Pradeu (2016) e Drack & Betz (2017) tem havido o renascimento de um legítimo interesse pelo organismo biológico nos vários setores da biologia teórica, bem como da filosofia, que abordam relações estruturais e funcionais em todos os níveis dos sistemas biológicos.

### NATUREZA ONTOLÓGICA DO ORGANISMO BIOLÓGICO

O organismo é uma unidade de referência para estudos em ciências biológicas e medicina e está no cerne de muitas questões levantadas nestes setores do conhecimento humano. Além do mérito das questões teóricas, a definição do organismo tem uma grande importância prática. Afinal, identificar um organismo é necessário para o entendimento sobre a abundância e distribuição das espécies; também é necessário para fazer comparações entre índices de diversidade biológica; para caracterizar o desenvolvimento do indivíduo, tipos e estratégias reprodutivas, transplante de tecidos ou órgãos, entre outros (Pradeu 2016). A forma como o organismo é compreendido tem implicações tanto na teorização, como na abordagem metodológica e mesmo no tipo de pesquisa realizada, o que acaba repercutindo nas tomadas de decisões científicas que influenciam no nosso cotidiano. Assim, a falta de uma teoria operacional para explicar os organismos biológicos tem potencial de afetar o progresso nas ciências biológicas. Portanto é relevante esclarecer, caracterizar e tornar as suposições sobre a natureza ontológica do organismo cada vez mais clara e precisa, a fim de contribuir com a produção de trabalhos científicos com bases teóricas mais sólidas e fundamentadas em uma linguagem unificada.

Drack e Betz (2017) analisaram a obra de Ludwig von Bertalanffy, publicada em 1932, a qual fez considerável contribuição para a elaboração do conceito de organismo. Os autores concluíram que para Bertalanffy o conceito de organismo deve ser o mais básico e geral das teorias biológicas, de modo que a estrutura conceitual dele esteja no centro das teorias biológicas assim como o conceito de energia está para a

física. Dessa forma, a definição de organismo tem o objetivo de proporcionar deduções sobre as características da vida como crescimento, mobilidade, reprodução, auto-regulação, auto-manutenção, sem que estas características estejam contidas no conceito. Logo, a teoria seria mais robusta e aberta a mudanças quando desafiada por evidências empíricas; assim, ele define o organismo biológico como um sistema constituído de diferentes partes, organizadas de forma hierárquica, dentro de fronteiras amplas, onde ocorrem diversos processos como; mudanças de substâncias e quantidade de energia e que podem levar a geração de sistemas similares. O conceito de organismo sugerido por Bertalanffy se encaixa na interpretação da vida como entidade emergente, ao considerar que os organismos são entidades de nível superior, que emergem de um determinado arranjo de relações (interações) a partir de níveis inferiores (moléculas, organelas, células, tecidos, órgãos, etc.), dispostos de modo hierárquico. A emergência é característica de qualquer sistema composto por partes organizadas em hierarquia, pois o alto grau de ordem nesses sistemas proporcionam abundantes margens para emergência, mesmo em sistemas inanimados. Nas ciências biológicas, além dos organismos, das espécies e outras categorias biológicas superiores, a emergência também se manifesta em forma de novidades evolutivas nos organismos. Nas ciências físico-químicas um bom exemplo de emergência é a molécula de água, um líquido que é oriundo de uma ligação de dois elementos que, na sua forma natural isolada, são gases (oxigênio e hidrogênio), com propriedades muito distintas daquelas que apresentam quando atuam isoladamente. A interpretação do organismo biológico como algo muito complexo, mas fundamental para o conhecimento e práticas científicas também é reconhecida pela maior parte dos biólogos e filósofos contemporâneos da biologia, como Chediak (2005), Longo et al. (2015), Godfrey-Smith (2016), Pradeu (2016a, b) e Drack & Betz (2017), para os quais o organismo biológico é constituído por diferentes partes, mas é mais que a soma aditiva dessas partes, pois a essência da vida está contida na interação e organização das partes e processos.

Os organismos biológicos são formados por uma pluralidade de elementos em diferentes escalas, organizadas de forma hierárquica que podem compreender diversos níveis de organização e complexidade. Constituem uma unidade discreta, existindo limites que o delineiam. À luz da teoria celular, o conceito de organismo biológico se aplica tanto a entidades unicelulares como multicelulares. Em organismos unicelulares, a célula por si só corresponde a um organismo, pois é uma unidade delimitada por uma membrana ou parede celular, sendo composta de diferentes organelas (complexo de Golgi, ribossomos, retículo endoplasmático etc.) que estão dispostas de forma organizada em um meio intracelular; portanto

uma unidade funcionalmente integrada e coesa, cuja fisiologia pode ser estudada. Organismos unicelulares possuem uma demarcação mais precisa dos seus limites em relação a organismos multicelulares. Em organismos multicelulares a célula individual não corresponde ao organismo, nesse caso, as células são partes que formam um todo, sendo o organismo um fenômeno emergente, produto da organização e interação das partes (células). Em relação a sua demarcação, os organismos multicelulares possuem limites mais vagos, uma vez que a cada divisão celular aspectos como a simetria e autonomia das partes que compõem um organismo são alterados, dessa forma surgem novos elementos com diferentes graus de interconectividade (estruturas, órgãos, sistemas). Além disso, organismos multicelulares apresentam relações complexas, que foram desenvolvidas ao longo de sua história evolutiva, como a simbiose entre células eucarióticas e seus parceiros microbianos, sendo difícil delimitar o que constitui uma unidade funcional integrada e coesa. Para entender e explicar isso, Pradeu (2016) apresenta o sistema imunológico como uma alternativa no delineamento dos limites de um organismo multicelular e, nessa perspectiva, todos os componentes que são imunologicamente tolerados pelo sistema (isso inclui organismos de sua microbiota associada), são partes constituintes do organismo biológico. Essa linha de pensamento tem sido importante para entender os limites de macroorganismos, especialmente os grandes e complexos vertebrados como nós.

Apesar dos limites que os demarcam, os organismos biológicos são entendidos que funcionam como sistemas abertos, pois realizam troca de matéria, energia e informação com o meio exterior, dotado de características diferentes e complementares à sua constituição. Nesse sentido, todos os organismos biológicos, incluindo procariotas, plantas, invertebrados e vertebrados, possuem um metabolismo interno, responsável pelas reações envolvidas na manutenção do seu equilíbrio funcional. Para isso, o metabolismo utiliza diversos mecanismos como anabolismo – que realiza a degradação de moléculas para obtenção de energia; catabolismo - que atua na síntese dos compostos utilizados pela célula, além de vários mecanismos de homeostase que mantem intervalos específicos de temperatura, pressão, pH, etc. Portanto, o metabolismo atua de forma a promover a capacidade de crescimento, desenvolvimento e reprodução do organismo apesar das inconstâncias do meio externo.

Maturana e Varela (1980) caracterizam os organismos biológicos como um sistema autopoietico ou autoprodutor e postulam como característica básica dos organismos biológicos sua capacidade de automanutenção, uma vez que através das ações metabólicas refazem continuamente o mesmo padrão de

atividade proporcionando estabilidade e organização. Nessa perspectiva, os organismos biológicos são seres ativos que produzem a si mesmos, utilizando para isso recursos do ambiente; são ao mesmo tempo autônomos, porque tem a capacidade de autoregulação e também dependentes, porque necessitam de recursos do meio, ao mesmo tempo em que se adaptam às contínuas modificações desse meio externo. Nos sistemas autoprodutores é a sua estrutura que determina o que pode ser tolerado como perturbação e sua ontogenia transcorre sob condições de conservação, organização e adaptação. Porém, se houver perda de organização, ou seja, mudanças estruturais nas quais o sistema não se conserva, o organismo biológico perde sua capacidade de auto-regulação acarretando sua morte. Dessa forma a morte é entendida como a perda da organização autopoietica.

Para Mayr (1961), a forma mais concisa de caracterizar dos organismos biológicos é descrevê-los como sistemas que operam com base em uma estrutura genética, sendo esta um componente histórico, uma vez que é transmitida de uma geração a outra através da reprodução e dos mecanismos de hereditariedade. A estrutura genética de um organismo é formada por moléculas químicas específicas (grupo fosfato, pentose e base nitrogenada) que interagem formando um arranjo característico. Nela está contido um conjunto de instruções e características que determina o desenvolvimento e o funcionamento de processos bioquímicos e fisiológicos, a diferenciação celular, a morfologia e aspectos comportamentais. A dotação completa da estrutura genética de um indivíduo é denominada de genótipo e a expressão externa do genótipo é denominada de fenótipo. No entanto, embora todos os fenótipos tenham uma base genética, o ambiente também influencia na apresentação do fenótipo, seja através dos efeitos das condições do meio sobre os indivíduos (como a influência da temperatura ou do suprimento de comida sobre o crescimento e o desenvolvimento), ou através de respostas comportamentais e fisiológicas às variações ambientais. Logo as características fenotípicas dos organismos são moldadas pelas interações entre o genótipo e o ambiente. Dessa forma, o genótipo atua como uma causa determinística, pois “programa” e estabelece limites na expressão fenotípica dos organismos. Ao passo que o ambiente atua como uma causa de indeterminismo, uma vez que os organismos estão sujeitos à aleatoriedade do meio, como distúrbios em ambientes naturais ou contatos interpessoais que permitem aprendizagem (para organismos cognitivos), os quais são quase sempre imprevisíveis.

Nesse sentido, Maturana (2001) sugerem que o organismo e o meio estão em uma relação de acoplamento estrutural, interagindo de tal modo que se modificam de forma congruente, ou seja, o meio

produz mudanças na estrutura dos sistemas, ao mesmo tempo em que os sistemas alteram o meio. Assim, o organismo e o ambiente são causas e efeitos em um processo coevolutivo.

### INDIVIDUALIDADE BIOLÓGICA

De forma ampla e generalizada, pode-se considerar o organismo biológico como sistemas hierárquicos operando com base em uma estrutura genética, realizando troca de matéria, energia e informação com um meio externo que possui características diferentes e complementares à sua constituição. Uma característica primordial dos organismos biológicos é o fato de serem diferentes entre si, apresentando variações em diversos aspectos, tais como bioquímicos, genéticos, imunológicos, morfológicos, comportamentais e cognitivos, o que torna cada indivíduo biológico único. A esse fenômeno utilizamos o termo “individualidade biológica” para caracterizar a unicidade de cada ser, atributo básico dos seres vivos, seguindo o postulado por Mayr (1961).

As pesquisas em fisiologia e imunologia abriram caminho para a investigação experimental da base biológica da individualidade. Um dos seus mais proeminentes representantes foi Charles Richet, ganhador do prêmio Nobel do ano de 1913, que direcionou seus estudos para as variações individuais a respostas anafiláticas em organismos como humanos, cães e gatos. Suas observações o levaram a concluir que embora os organismos biológicos se assemelhem muito a outros de sua espécie, cada um deles é diferenciado dos outros por possuir uma composição química específica, decorrente da combinação única de características hereditárias e das experiências adquiridas ao longo da vida. A esse fenômeno Richet denominou "personalidade humoral", o que para ele representava a fonte das variações interindividuais. Até 1913 esta era uma ideia inédita, pois se pensava que os humores seriam quimicamente idênticos em pessoas da mesma idade, raça e sexo (Pradeu 2016b). O advento do transplante também inspirou muitos cientistas a construir suas reflexões sobre a individualidade biológica, em destaque Leo Loeb, que desenvolveu vários trabalhos dedicados sobre esse tema, afirmando que existem graus de diferença biológica entre indivíduos, que refletem a singularidade e unidade de cada organismo. Para ele essa era a causa do sucesso ou falha de transplante. Medawar, que recebeu o Prêmio Nobel com Burnet em 1960 por seus trabalhos sobre tolerância imune aos transplantes, também examinou a relação entre transplante e a singularidade do indivíduo. A principal constatação nesse período (primeira metade do século XX) foi que a individualidade biológica é

reforçada pelo fato de que mesmo indivíduos geneticamente idênticos possuem diferentes sistemas imunológicos (Pradeu 2012).

Nas décadas seguintes, a individualidade biológica passou a ser reconhecida principalmente entre alguns biólogos e filósofos da ciência (Chediak 2005, Longo et al. 2015, Pradeu 2016 a,b, Godfrey-Smith 2016, Drack & Betz 2017 para mencionar apenas alguns). Entretanto, esse fenômeno sempre foi pouco considerado, negligenciado ou mesmo desconhecido pelas pesquisas biológicas de rotina, sendo esta questão mais limitada ao campo da filosofia da biologia. Em uma análise recente sobre a individualidade biológica, Honegger & Bivort (2018) apresentaram uma série de estudos empíricos que relevam o caráter inevitável da individualidade biológica. Nesses estudos, foram utilizados organismos altamente endogênicos, isogênicos, monozigóticos ou clonais - para minimizar a variabilidade genética, e empregadas práticas de pecuárias altamente padronizadas - com o intuito de minimizar a variação ambiental. Nesses cenários, onde tanto o genótipo quanto o ambiente se mantiveram o mais constante possível, uma quantidade significativa de variação permaneceu não explicada, mesmo com o entendimento do código genético e de todos os fatores ambientais que o organismo encontrou. Simplesmente, organismos geneticamente idênticos criados no mesmo ambiente apresentaram variação imprevisível em atributos biológicos. Para os autores, as variações entre os organismos são decorrentes de processos estocásticos no nível molecular e celular que resultaram em diferenças comportamentais ecologicamente relevantes dentro de uma população. Além disso, os autores supracitados argumentam que a individualidade estocástica é uma característica adaptativa que fornece um benefício evolucionário comparado à menor variabilidade; a seleção natural favoreceu o aparecimento da variação (genética e não-genética). Esta possibilidade é apoiada por evidências empíricas, pela observação de que o papel endógeno de alguns genes (ou elementos do circuito neural) parece ser o de promover a estocasticidade. Quando esses genes (ou elementos do circuito neural) são modificados (ou silenciados transgenicamente), a variabilidade comportamental diminui. A evolução parece não ter eliminado esses mecanismos que aumentam a individualidade estocástica. Além dessa evidência empírica, existem amplos argumentos teóricos para o valor adaptativo da individualidade estocástica. Na hipótese de "economia de genes", derivada de estudos de estratégias genéticas algorítmicas, a variação não genética pode facilitar a seleção natural ao suplementar à variação genética, reduzindo assim o número de genes causais necessários para criar variação fenotípica suficiente. Isto reduziria consequentemente o número de gerações antes que o



primeiro indivíduo seja vulnerável aos efeitos da seleção natural. Outro argumento teórico é o da “base diversificada” (*diversified portfolio*), uma estratégia na qual um único genótipo produz uma distribuição de fenótipos entre os filhos, a fim de aumentar a probabilidade de que pelo menos alguns indivíduos sejam adaptados às pressões de seleção de ambientes imprevisíveis. Se as formulações teóricas de economia de genes e estratégias de base diversificada estiverem corretas, a evolução parece favorecer algum nível de individualidade estocástica; embora a individualidade estocástica só possa ser ajustada pela evolução se, além de propiciar uma vantagem seletiva, variar entre os genótipos e for hereditária (Honegger & Bivort 2018).

Um dos principais pesquisadores que devotou atenção às questões da individualidade biológica é o biólogo evolucionista alemão Ernst Mayr. Analisando os fatores que determinam a individualidade biológica em nível de organismo, Mayr (1961) postulou que para a compressão de qualquer aspecto relacionado ao mundo orgânico é relevante considerar que todos os organismos biológicos estão sujeitos a duas categorias de causas, o que ele chamou de causas próximas e últimas. As causas próximas referem-se àquelas controladas pelas propriedades do sistema interagindo com o meio. Essas causas ocorrem durante a vida do organismo, tais como mecanismos ontogênicos, morfologia funcional e processos fisiológicos. As causas últimas referem-se as informações acumuladas no código genético, produzidas por mecanismos evolutivos. Mayr argumenta que existe alta frequência de processos estocásticos nos dois conjuntos de causas: nas causas últimas, durante a meiose na divisão celular reductiva, o acaso rege tanto na permutação [*crossing-over*] quanto no movimento de cromossomos; nas causas próximas, o acaso pode intervir quando ocorre uma mudança ambiental, por exemplo. Por consequência, Mayr considera os processos estocásticos como o grande gerador de variação no mundo orgânico, considerando que os efeitos do acaso são vastos para os organismos abrangendo vários níveis de organização biológica, desde a expressão gênica em células individuais até padrões de comportamento. A sujeição às duas causas, próximas e últimas, faz com que cada organismo seja único, pois nenhum experimenta a mesma história de vida ou evolutiva.

Seguindo a lógica de Mayr (1961), Pelicice (2006) indicou três mecanismos responsáveis para a individualidade biológica: i) estrutura genética; ii) aprendizagem e iii) volição. Esses fatores contribuem de forma significativa para a singularidade dos organismos, fazendo com que dois indivíduos coespecíficos não se comportem precisamente da mesma maneira na resposta a um mesmo estímulo.

Em primeiro lugar, avanços no campo da genética foram significativamente importantes para o estudo da individualidade biológica, uma vez que possibilitou o conhecimento do genótipo dos organismos e de mecanismos (ex.: mutação, recombinação gênica e meiose) que promovem variabilidade genética e conseqüentemente a individualidade biológica. O genótipo é constituído por genes – fragmentos de DNA capazes de codificar proteínas. Pares de genes localizados em cromossomos homólogos são denominados de alelos, cuja função é determinar características fenotípicas no organismo (embora o fenótipo também sofra influência ambiental). Genes alelos possuem formas variantes que podem transmutar-se de uma forma alélica para outra por um processo chamado de mutação, que também ocorre pela adição ou deleção de bases nitrogenadas, assegurando variabilidade no próprio gene. Na meiose, pares de genes alelos se separam em um alelo para cada gameta. Para aumentar a probabilidade de que as células gaméticas tenham constituição genética diferente daquela que a originou, pode ocorrer à recombinação gênica (crossing-over), processo que consiste na troca de DNA entre cromossomos homólogos do mesmo indivíduo, de indivíduos diferentes ou até mesmo de indivíduos de espécies diferentes. Assegurando ainda mais a individualidade genética, organismos gerados através de reprodução sexuada recebem um sortimento de genes de ambos os progenitores, metade da quantidade de genes do organismo é de origem materna e a outra metade de origem paterna. Dessa forma, a probabilidade de que dois organismos tenham o mesmo genótipo é praticamente inexistente (Hirsch 1963). Embora a variabilidade genética seja facilmente visualizada em organismos que se reproduzem de forma sexuada, vários estudos têm demonstrado que organismos que se reproduzem de forma assexuada podem ter níveis tão altos de variabilidade genética quanto os de reprodução sexuada, ainda que o grau dessa variabilidade possa variar entre as populações e seja dependente da história evolutiva do organismo e do nível de heterogeneidade ambiental (Booy et al. 2000). Em suma, a estrutura genética permite que os organismos sejam semelhantes em muitos aspectos (por exemplo, o mesmo padrão morfológico em uma espécie), ao passo que todos os mecanismos supracitados (por exemplo, mutação, meiose e recombinação gênica) garantem variabilidade genética e contribuem de forma significativa para a individualidade biológica, que se expressa em múltiplas dimensões do fenótipo.

A individualidade biológica ainda se acentua pelo fato do fenótipo nos organismos ser resultado da interação genótipo-ambiente. O ambiente é formado por duas componentes: abiótica e biótica. O componente abiótico se relacionada aos fatores físico-químicos do meio, como, por exemplo, luminosidade, umidade,

temperatura, hormônios, pH, fertilidade do solo, que podem induzir variação em diversas características fenotípicas como tamanho, taxas de crescimento, cor da pelagem, reprodução, entre outros (Callaway et al. 2003). A componente biótica se relaciona aos fatores biológicos, ecológicos e etológicos que os organismos estão submetidos no ambiente. Por exemplo, existem evidências de que o genótipo permanece altamente responsivo ao longo da vida de um organismo a uma variedade de estímulos associados ao comportamento social, ou seja, a informação social pode gerar e fomentar variações comportamentais (Robinson et al. 2008). Vale lembrar que estímulos externos são necessários para disparar repertórios comportamentais instintivos. Outro exemplo envolve a experiência de migração em aves. Observou-se que os organismos que já passaram pela experiência de migração possuem uma neurogênese mais prolífica em seus hipocampos. Dessa forma, a experiência de migração parece estar correlacionada com a variação no volume do hipocampo, pois indivíduos experientes possuem maior volume do hipocampo em relação àqueles indivíduos menos experientes. Nesse sentido, as habilidades cognitivas podem ser selecionadas para serem intimamente associadas às demandas cognitivas representadas pelas experiências de cada organismo e, se for esse o caso, podemos esperar diferenças interespecíficas na cognição (Healy & Jones 2002). Portanto, os organismos respondem às mudanças continuamente em seu ambiente, alterando aspectos de seu fenótipo como desenvolvimento, fisiologia, morfologia ou comportamento, permitindo que eles reajam às mudanças de condições de maneira a promover a aptidão. Consequentemente, um único genótipo pode gerar um conjunto de fenótipos diferentes, caso este seja submetido a diferentes combinações de condições ambientais. Em muitas características anatômicas e morfológicas, os efeitos ambientais são restritos aos estágios de desenvolvimento precoce. Um exemplo simples para essa plasticidade irreversível é a associação positiva entre o tamanho do corpo adulto e a qualidade nutricional durante o desenvolvimento, como bem registrado em vertebrados e invertebrados. Outros traços podem mostrar plasticidade reversível em toda a ontogenia. Por exemplo, iniciar algumas semanas de levantamento de peso por um adulto humano resultaria em aumento de volumes de alguns músculos. Findado esse regime de exercício, no entanto, seria associada a uma rápida atrofia dos mesmos músculos (Dukas 2004). Portanto, além de uma constituição genética única, a interação com o ambiente amplifica a individualidade biológica.

Outra causa igualmente válida para variação interindividual é a aprendizagem. Embora as estruturas e mecanismos que captam e processam a informação do meio difiram entre os táxons, os organismos

desenvolveram diferentes formas para captar as mesmas informações do meio, e em linhas gerais, o processo de aprendizagem é basicamente o mesmo (embora envolva diferentes mecanismos, como estampagem, condicionamento, habituação e entendimento). A capacidade de aprendizagem resulta de vários processos que combinam estruturas sensoriais (por exemplo, olhos, linha lateral, fosseta loreal, sensilos, pelos, papilas) capazes de detectarem as informações do meio (como estímulos luminosos, químicos, mecânicos, eletromagnéticos); das funções cognitivas (por exemplo, memória, percepção, associação, pensamento lógico, atenção) que internalizam, processam e armazenam a informação; e de atributos motivacionais que direcionam o organismo para o aprendizado, como as emoções (curiosidade, por exemplo) e estados fisiológicos internos (fome, sede, por exemplo). A motivação é fundamental, particularmente o estado emocional, concebida como um impulso interno que desencadeia o comportamento exploratório (Maturana 2011). Uma vez que a informação é percebida, apreendida e armazenada, ela gera conhecimentos/saberes que permitem que os organismos reconheçam padrões, possibilitando a antecipação ou previsão de situações anteriormente experimentadas, com conseqüente mudança comportamental (Dukas 2004, Ranhel, 2011).

O resultado do aprendizado, entretanto, dependerá da interação da capacidade do organismo com as suas experiências de vida (situação experimentada). Embora organismos de uma mesma espécie tenham capacidades cognitivas muito parecidas (forma de perceber e processar a informação do mundo), estes variam consideravelmente na resposta a um mesmo estímulo. Uma das razões para essa variação é o fato de que cada organismo possui uma história de vida individual, portando, diferentes situações experimentadas (Maturana 2001), o que resulta na construção individualizada de comportamentos. A diversidade de situações experimentadas implica em diferenças na discriminação de áreas familiares, no aperfeiçoamento de tarefas motoras, na percepção de estímulos nocivos, na associação de eventos ambientais relacionados à reprodução, alimentação, defesa, além de associar os próprios atos às conseqüências positivas e negativas. Nessa lógica, diferentes situações experimentadas resultam em aprendizados diversificados, e a bagagem aprendida interferirá nas próximas experiências. Dessa forma, a aprendizagem cria inovações ao repertório comportamental do indivíduo, amplia as diferenças individuais na população, promove a flexibilidade comportamental e contribui para comportamentos eficientes frente a uma situação já experimentada, logo a aprendizagem se torna causa muito importante de individualidade biológica (Ranhel 2011). A capacidade de aprendizagem em um organismo acarreta vantagens adaptativas e é um caso especial de plasticidade. É

especial porque exige mais do que respostas adaptativas e abertas aos estímulos, ela exige que as respostas a estímulos particulares sejam memorizadas e lembradas. Por exemplo, em várias espécies de peixes, os indivíduos mais jovens são ingênuos a presença do predador. Ao observarem o comportamento de medo/fuga dos organismos mais experientes do grupo na presença de um predador, os indivíduos mais jovens aprendem a reconhecer o predador, permitindo que os organismos tenham maiores chances de sobrevivência (Mathis et al. 1996). Outro exemplo de aprendizagem influenciando na adaptação dos organismos é o método de captura de alimento de cobras de tentáculos (*Erpeton tentaculatus*). As cobras tentáculos são caçadoras de peixes e aprenderam que uma das principais estratégias de fuga dos peixes é a resposta C-start. O C-start recebe esse nome porque quando o peixe percebe mudanças súbitas de pressão em um lado do seu corpo, se curva em formato de C para longe do estímulo percebido, escapando pela direção oposta. Dessa forma, cobras de tentáculos caçam peixes provocando uma resposta C-start com a parte mais caudal do seu corpo fazendo com que os peixes iniciem sua estratégia de fuga exatamente em direção à boca delas (Catania 2009). No entanto, à medida que o comportamento vai se repetindo ele torna-se previsível, logo desfavorável. Nesse sentido, os organismos precisam equilibrar a eficácia e a eficiência de seus comportamentos com variabilidade suficiente para evitar que sejam previsíveis (Brembs 2011). Portanto, a aprendizagem permite que os organismos adquiram padrões comportamentais mais eficazes, o que possui grande valor adaptativo em nível individual. Logo, a seleção natural deve favorecer o desenvolvimento do aprendizado, como meio de garantir o acoplamento comportamental diante das constantes variações do meio; nesse sentido, a seleção favorece a emergência da individualidade biológica, considerando que o aprendizado, pela complexidade de sua construção, inevitavelmente conduz à individualidade.

Em terceiro lugar, outra causa responsável pela individualidade biológica e conseqüentemente para a variação comportamental é a volição. Esse termo é utilizado para significar “vontade”, relacionado à capacidade de escolha ou tomada de decisão espontânea (alguns autores utilizam o termo livre-arbítrio) (Pellicice 2006). Embora a volição seja, em geral, um fenômeno bem reconhecido em humanos, essa causa foi amplamente negligenciada nas pesquisas biológicas, principalmente por ser considerada de caráter teológico e metafísico ou, na melhor das hipóteses, como uma característica restrita aos humanos e alguns vertebrados complexos (Brembs 2011). No entanto, contribuições recentes do campo da neurociência têm argumentado que a volição é um traço natural dos organismos biológicos, presente inclusive em seres mais simples como os invertebrados. Além disso, estudos em neurociência têm corroborado para explicação da

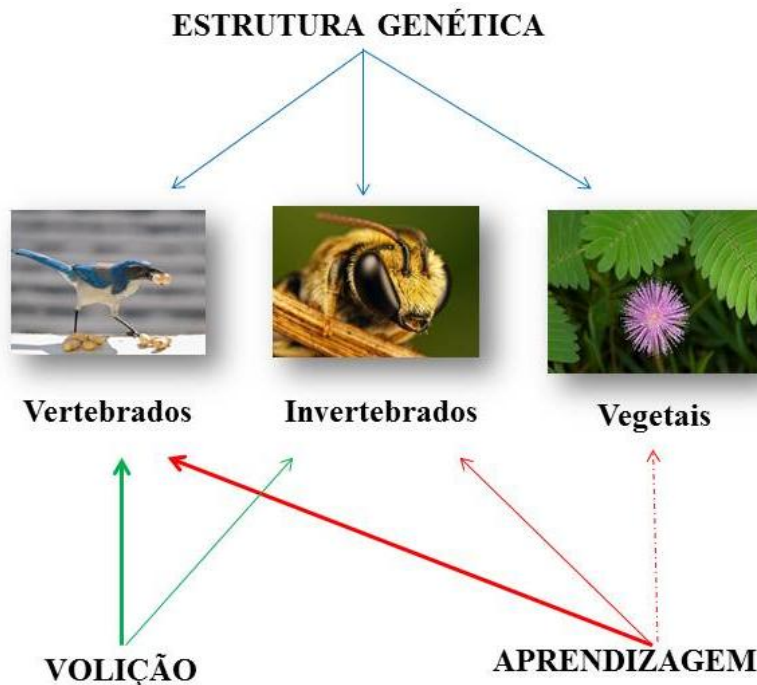
base biológica da volição (Heisenberg 2009). Em síntese, esses estudos sugerem que a volição é resultado de um circuito neural de dois estágios, onde o primeiro estágio gera opções comportamentais de forma “livre”, criativa, espontânea e indeterminista, enquanto o segundo estágio determina, seleciona de forma “desejada” quais dos comportamentos gerados pelo primeiro estágio serão iniciados. Isso implica que o “cérebro” tem a habilidade de escolher entre diferentes opções de comportamento mesmo diante de circunstâncias e história idênticas (Brembs 2011). Nessa lógica, a volição permite que os organismos ajam de forma espontânea, sendo suas ações tomadas como livre escolha à luz dos seus objetivos e desejos. Uma vez que a volição proporciona ações espontâneas, esse mecanismo deve representar uma das principais fontes de variabilidade comportamental estocástica, logo, criando padrões complexos de individualidade biológica.

### CAUSAS DE INDIVIDUALIDADE BIOLÓGICA

Uma vez elencadas a estrutura genética, a aprendizagem e a volição como três das possíveis causas que geram individualidade biológica é relevante esclarecer quais grupos de organismos são influenciados por elas, haja vista que nem todas as causas anteriormente elencadas estão reconhecidas em todos os seres vivos. Para estabelecer essa correlação, isto é, quais causas tem maior prevalência e conseqüentemente influenciam na individualidade dos organismos, separamos os seres vivos em três grupos: vegetais, animais invertebrados e vertebrados.

Tomando como partida a primeira causa de individualidade biológica aqui analisada, a estrutura genética, pode-se afirmar que ela é intrínseca a todos os seres vivos (vegetais, animais invertebrados e vertebrados). Assim, todos os organismos biológicos estão sujeitos aos diversos mecanismos que promovem a diversidade genética (Figura 1) e aos processos estocásticos que ocorrem em nível molecular que corroboram para o mesmo efeito, assegurando individualidade biológica. Logo, conclui-se que a estrutura genética é uma causa universal de individualidade biológica, garantindo a unicidade de cada ser, mesmo antes dos indivíduos interagirem com o meio externo e experimentarem situações (bióticas e abióticas) diferenciadas (Mayr 1961, Hirsch 1963, Honegger & Bivort 2018). Além disso, variações genéticas podem acarretar diferenças individuais em traços cognitivos como, por exemplo, na percepção (visão colorida, gosto, cheiro, audição), na aprendizagem, na atenção e até em tomadas de decisões (Dukas 2004). Por exemplo, estudos realizados com populações de diferentes táxons tem demonstrado que os organismos

variam consideravelmente em suas habilidades cognitivas. Alguns organismos tem maior propensão a explorar o ambiente ou aprendem mais rápido, são mais prudentes, dentre outros atributos (Healy & Jones 2002).



**Figura 1.** As causas que geram a individualidade biológica, representadas como estrutura genética, aprendizagem e volição. Setas de cores diferentes representam causas diferentes, e as direções das setas indicam quais grupos de organismos essas causas são reconhecidas. Além disso, a espessura das setas indica sua importância para o grupo. As imagens são apenas ilustrativas, e indicam um representante de cada grupo: da esquerda para a direita Scrub jays (*Aphelocoma californica*), abelha (*Apis mellifera*), dormideira (*Mimosa pudica*).

Em contraste com a estrutura genética, no sentido de ser uma causa de individualidade presente em todos os seres vivos, a aprendizagem pode não ser um atributo universal entre os organismos. Na verdade, existe discussão sobre em qual grupo animal a cognição emergiu – o conceito de cognição mínima (Godfrey-Smith 2016). A capacidade de aprendizagem depende de estruturas sensoriais e das funções cognitivas que permitem a percepção, processamento e armazenamento de informações, que são adquiridas a partir de uma situação experimentada. Organismos muito simples, como os unicelulares ou os primeiros metazoários, não possuem tais aparatos. Arnellos-Moreno (2016) e grande parte dos neurocientistas atuais, que aceitam que o domínio cognitivo começa a partir do surgimento do sistema nervoso. Logo, seguiremos a lógica de que a aprendizagem está restrita aos táxons que desenvolveram sistema nervoso, uma visão que inevitavelmente

exclui organismos não-neurais, como os unicelulares e vegetais, do domínio da aprendizagem. Dessa forma, de acordo com a classificação proposta nesse trabalho, a maior parte dos animais invertebrados, e todos os vertebrados, possuem a aprendizagem como uma das causas de individualidade biológica, embora essa capacidade seja muito variável entre os grupos.

As primeiras pesquisas sobre aprendizagem eram de domínio dos psicólogos e etólogos, estando limitadas ao comportamento humano e de alguns vertebrados complexos. Com o passar do tempo, esses estudos foram ampliando seu alcance para várias espécies animais, incluindo invertebrados. Por serem considerados como organismos filogeneticamente mais simples, e pelo fato dos insetos possuírem sistemas nervosos pequenos, com um baixo número de neurônios (por exemplo, 100.000 neurônios no cérebro da mosca da fruta ou um milhão no cérebro da abelha, em contraste aos 85 bilhões presentes no cérebro humano), os invertebrados foram utilizados como objeto de estudo em neurociência. Isso contribuiu para a compreensão do sistema nervoso, permitindo revelar a existência e a estrutura dos neurônios, de como a informação é transferida entre eles, além do descobrimento das bases bioquímicas e neuroanatômicas da aprendizagem e da memória. Os invertebrados também tem sido objeto de estudo de diversas pesquisas do domínio cognitivo que exploram o conceito de emoção e volição (Brembs 2011, Giurfa 2013, Perry & Baciadonna 2017, Baracchi, Lihoreau & Giurfa 2017). Vale destacar que esses animais compreendem mais de 95% da população animal da Terra, em termos de número de indivíduos e espécies. São altamente diversificados e as espécies existentes abrangem uma enorme variedade de planos corporais e tipos de sistemas nervosos, desde simples redes nervosas até complexos sistemas cefálicos. Por estas razões, os invertebrados têm sido o foco de pesquisas comparativas explorando a evolução da aprendizagem e da cognição (Perry, Barron & Cheng 2013). A priori, suspeitava-se que os invertebrados eram animais simples que realizavam comportamentos programados. No entanto, mais recentemente foi demonstrado em invertebrados vários fenômenos cognitivos que antes eram considerados restritos a vertebrados e, em certo ponto, ao domínio dos seres humanos como o conceito de aprendizagem (Giurfa 2013), cognição numérica (Gross et al. 2009), categorização de estímulos (Benard 1984), flexibilidade cognitiva / comportamental (Loukola et al. 2017, Mather 2007), transmissão cultural (Alem et al. 2016), entre outros. A gama de habilidades de aprendizagem exploradas e documentadas em invertebrados abrange desde as formas não associativas mais simples (habituação e sensibilização) até a aprendizagem associativa bem conhecida (tanto



clássica quanto instrumental), até outras formas de aprendizado variavelmente descritas como complexas ou especializadas (Perry, Barron & Cheng 2013). Neste artigo, os autores apresentam na tabela 1, de forma resumida, a enorme variedade de fenômenos de aprendizado documentados em diferentes grupos de invertebrados. Esses estudos suplantaram as visões tradicionais de que os invertebrados são autômatos simples com plasticidade comportamental reduzida; hoje se sabe que esses animais são muito mais complexos.

No entanto, essas habilidades cognitivas são potencializadas em animais vertebrados. Ao longo da evolução os vertebrados desenvolveram aumento, compartimentalização e complexidade do cérebro, e de células nervosas especializadas (neurônios). À medida que o sistema nervoso foi se desenvolvendo, novas habilidades cognitivas foram adicionadas, tais como tipos sofisticados de memória, raciocínio lógico e reflexivo, abstração, consciência e linguagem simbólica. Tais atributos são óbvios na espécie humana, mas muitos são generalizados entre os vertebrados. Existe, inclusive, muita variação das funções cognitivas entre as espécies. Em um artigo de revisão Bshary e Brown (2014) reuniram uma série de estudos que demonstraram diversas habilidades cognitivas presente em humanos que também são demonstradas em peixes, como o auto-reconhecimento, boas habilidades numéricas, capacidade de usar inferência transitiva, isto é, a capacidade de concluir que  $A > B$  e  $B > C$ , então  $A > C$ . Isso inclui também regras de aprendizagem social, tradições culturais, desenvolvidas em sociedade e transmitidas através das gerações, além de aprendizagem espacial. Vale destacar que os peixes estão liderando as pesquisas sobre cognição comparada entre os vertebrados, por ocuparem uma posição chave na árvore filogenética dos vertebrados, sendo o ancestral comum dos tetrápodes, os peixes ósseos compartilham características genéticas fundamentais com todos os vertebrados. Além disso, os peixes ósseos são o grupo de vertebrados mais ricos em número de espécies. Essas características fazem desse grupo a melhor opção nas pesquisas sobre cognição comparada. Dessa forma, Bshary e Brown (2014) concluem que o estudo do sistema nervoso de peixes pode revelar princípios gerais sobre habilidades cognitivas em vertebrados.

Anfíbios e aves, por exemplo, demonstraram elevada capacidade de aprendizagem e de memorização espacial. Os sapos-venenosos (*Dendrobatidae*) evoluíram comportamentos sociais e espaciais complexos, como o transporte de girinos, no qual um dos pais transporta os recém-nascidos do chão da floresta para pequenos e temporários bolsões de água parada no dossel da floresta (Summers, 1989). Os *dendrobatídeos*

tendem a depositar apenas um girino em um bolsão de água, a fim de aumentar a taxa de sobrevivência da prole (Summers, 1990). Como os bolsões de água são um recurso altamente imprevisível, os sapos passam um tempo considerável localizando-os (Summers, 1989, 1990). No entanto, os bolsões podem secar ou tornarem-se inadequadas por outras razões, criando uma paisagem altamente dinâmica. Assim, um elemento essencial do sucesso reprodutivo é a capacidade de um indivíduo de atualizar sua memória dos locais de deposição disponíveis em tempo real. Com base nisso, Liu et al. (2016) testaram, em laboratório, se indivíduos de sapos venenos (*Dendrobates auratus*) tinham capacidade de aprendizagem e de memória espacial. Esses autores demonstraram empiricamente que *D. auratus* poderia utilizar dicas visuais em uma discriminação espacial complexa, sendo capazes de atualizar suas associações visuais quando as sinalizações das pistas de navegação eram modificadas; dessa forma, foram capazes de utilizar estratégia de decisão baseada em regras. Esse fato demonstra uma capacidade cognitiva avançada e indica um grau de flexibilidade comportamental que até agora estava exclusivamente associada a aves e mamíferos. Além disso, essa capacidade cognitiva pode ter efeitos ecológicos relevantes, uma vez que a capacidade de mudar o comportamento de acordo com a variação do ambiente pode permitir que os animais aumentem a sobrevivência e o sucesso reprodutivo. Algumas aves também apresentam funções de memória e localização espacial muito desenvolvidas. Algumas espécies são capazes de armazenar alimentos em vários lugares diferentes e parecem ser extremamente precisos na recuperação desse alimento armazenado. Essas aves não apenas são precisas em lembrar onde esconderam o alimento, mas também são capazes de recordar o que era o alimento. Os Scrub jays, *Aphelocoma californica*, são aves com memória bastante apurada e parece ser o primeiro animal com um tipo de memória análoga à memória episódica, que alguns autores afirmam ser específica para humanos. Outro exemplo, diz respeito às aves canoras (aves da Ordem Passeriformes, que possuem canto melodioso). Neste grupo, as aves tem a capacidade de aprender o canto de sua espécie com os indivíduos mais velhos, mas também existem aquelas que conseguem imitar o canto de diferentes espécies, pertencentes a outras Ordens ou Famílias. Boogert et al. (2011) encontraram uma correlação positiva entre a complexidade do canto e resolução de problemas em um contexto de forrageamento em aves canoras.

Entre mamíferos, os primatas certamente representam os casos de atividade cognitiva mais complexa. Possuem sofisticadas habilidades cognitivas como a capacidade de enganar coespecíficos, como os macacos-capuchinho (*Cebus* sp.), que apontam para localizações erradas de fontes de alimento com intuito de os distrair, para que não se apoderem de suas fontes de alimento (Mitchell & Anderson, 1997).

Diversos primatas possuem um conjunto de capacidades cognitivas que lhes proporcionaram a habilidade para utilizar pequenas ferramentas aplicadas na obtenção de alimento (Boesch & Boesch 1990, Westergaard *et al.*, 1998) como foi observado nos macacos de cauda longa da Tailândia (*Macaca fascicularis*), que utilizam pequenas ferramentas de pedra para processar nozes, ostras e outros moluscos (Gumert *et al.*, 2009). Em outro estudo, Mendes *et al.*, (2002) observaram macacos-prego *Cebus apella* em cativeiro utilizando pedaços de alimentos, como batata, tomate ou banana como iscas para atrair os peixes para a margem e capturá-los. Os primatas também são capazes de aprender conceitos numéricos, abstratos e espaciais, bem como um vasto conjunto de parâmetros da cognição social (Oliveira 2015). Na verdade, as habilidades cognitivas em primatas são muito mais amplas e diversas, haja vista os seres humanos (*Homo sapiens*), que desenvolveram a criatividade, linguagem simbólica, pensamento abstrato, juízo moral, memória episódica (que permite aos organismos acessar eventos passados e projetar acontecimentos futuros), entre outras capacidades cognitivas exclusivas da espécie. Tais habilidades permitiram ao homem desenvolver culturas complexas, incluindo a fabricação de ferramentas e tecnologias sofisticadas, a escrita e diversos tipos de conhecimentos como o religioso, artístico e científico (Maturana 2001).

Existe evidência de que a seleção natural privilegiou os vertebrados com maior capacidade cognitiva, sendo a capacidade de aprendizagem, portanto, um importante fator evolutivo. Boogert, Neeltje e Lefebvre (2011) sugerem que diferenças intraespecíficas nas habilidades cognitivas parecem influenciar na escolha de parceiros entre os vertebrados. Esses autores reuniram, em um artigo de revisão, uma série de trabalhos empíricos que corroboram com essa hipótese, argumentam que essa noção já havia sido proposta por Darwin, no livro de 1871 que ao rever as "qualidades mentais" de diferentes táxons, sugeriu que várias características distintivas da cultura humana, incluindo poesia, pintura e música, evoluíram através da seleção sexual de maneira semelhante ao canto dos pássaros. Noção que posteriormente foi desenvolvida por psicólogos evolucionistas que argumentam que a cognição ou "inteligência" é tanto um produto da seleção sexual como é de seleção natural. Miller e Todd (1998) argumentaram que os seres humanos desenvolveram cérebros tão grandes porque as habilidades cognitivas associadas foram eficazes em atrair parceiros, aumentando assim o sucesso reprodutivo. Em consonância com isso, estudos de escolha de parceiros humanos sugerem que a inteligência é altamente valorizada por ambos os sexos (Buss 1989, Li *et al.* 2002, Prokosch *et al.* 2009). Contudo, pesquisas comparativas entre os vertebrados a respeito de como as variações

interespecíficas em habilidades cognitivas estão relacionadas ao sucesso de acasalamento ainda são escassas (Boogert, Neeltje & Lefebvre 2011).

Os trabalhos supracitados sobre aprendizagem em vertebrados são apenas alguns exemplos, visto que a literatura está guarnecida de exemplos que demonstram capacidade de aprendizagem e diversas habilidades cognitivas em vários táxons, por exemplos em peixes (Kotrschal & Taborsky 2010, Hirsch *et al.* 2017), répteis (Catania 2009, Roth & Krochmal 2015), anfíbios (Crane & Mathis 2011, Heuring & Mathis 2014, Sotelo, Bingman & Muzio 2015), aves (Jablonski & Strausfeld 2000, Emery e Clayton 2005, Catchpole e Slater 2008) e mamíferos (Jones, Braithwaite & Healy 2003, Vasquez, Grossi & Marquez 2006, Light *et al.* 2010, Leme 2011). A capacidade de aprendizagem é generalizada entre os vertebrados. Eles apresentam maior desenvolvimento e complexidade no sistema nervoso e isso acarreta em habilidades cognitivas mais sofisticadas. Dessa forma, concluímos que a aprendizagem como causa de individualidade exerce maior influência em animais vertebrados do que invertebrados (Healy & Jones 2002) (Figura 1). Apesar de termos excluído dos vegetais a capacidade de aprendizagem, é importante salientar que nos últimos anos houve um crescente debate sobre a ideia de "neurobiologia vegetal". As pesquisas que apoiam essa linha sugerem que pelos menos algumas plantas possuem alguma forma elementar de aprendizagem (por exemplo, a habituação da dormideira *Mimosa pudica* ao toque repetido) (Gagliano et al. 2014). Estudos dessa natureza argumentam que, apesar das plantas não terem desenvolvido um sistema nervoso, possuem uma sofisticada rede de sinalização química em suas células, semelhantes àquelas subjacentes aos processos de memória em animais (Perisse et al. 2009). Além disso, argumentam que os processos que ocorrem nas plantas (por exemplo, canais iônicos e mensageiros químicos) guardam semelhanças bioquímicas aos mecanismos que permitem a aprendizagem em animais. Dessa forma, eles levantam a hipótese de que os componentes do sistema nervoso (cérebros e neurônios) são apenas uma solução possível, inegavelmente sofisticada, mas que não é um requisito necessário para o aprendizado (Gagliano et al. 2014). No entanto, apesar de evidências empíricas e de considerarmos a aprendizagem vegetal como uma hipótese válida de estudo, ainda são necessários mais dados experimentais e uma base teórica consolidada para aceitar ou rejeitar essa hipótese. Portanto, nesse trabalho não consideramos a aprendizagem em vegetais.

A volição é uma potencial causa de individualidade biológica. Brembs (2011) a considera como traço cognitivo, relacionado à tomada de decisão com base em cálculos complexos que negociam o

processamento interno e externo. Nesse sentido, considera-se aprendizagem e volição como facetas diferentes do mesmo conjunto integrado de mecanismos, portanto, restringimos a volição aos organismos que possuem sistema nervoso. Não obstante, como tem sido demonstrado tantas vezes na história da neurociência, estudos com invertebrados estão liderando esses esforços de pesquisa e encontraram evidências que indicam que uma habilidade comum da maioria, se não de todos os cérebros, é escolher entre diferentes opções de comportamento, mesmo na ausência de diferenças no ambiente, e executar atos voluntários. Nesse sentido, consideramos a volição como causa de individualidade biológica para os animais invertebrados e vertebrados, sendo provavelmente mais desenvolvidas em vertebrados, visto que são possuidores de estruturas neuronais mais complexas, além de terem desenvolvido a função cognitiva da consciência.

As causas elencadas (estrutura genética, aprendizagem e volição) individualmente e combinadas asseguram a unicidade de cada ser e reduzem a previsibilidade de qualquer evento biológico. O reconhecimento da individualidade biológica sustenta a lógica de indeterminação em biologia, que significa limitações no determinismo, ou seja, falta de precisão na previsão ou limitado poder preditivo sobre os eventos biológicos. Debates filosóficos recentes compreendem a individualidade e a indeterminação como um traço natural dos organismos, o que constitui uma das principais diferenças entre a biologia e as ciências físicas. Nesse sentido, argumentam que como contraponto à causalidade simples do modelo mecanicista, a biologia precisa de um sistema causal regido pela indeterminância, sem relação absoluta entre causa e efeito. No mundo orgânico raramente existe uma causalidade simples e direta (causa-efeito, ação-reação), em vez disso, existe um sinergismo de causas que provocam fenômenos inesperados e criam uma complexa rede de multi-causalidade (Simberloff, 1980).

### INDIVIDUALIDADE E ECOLOGIA

A variação entre os indivíduos fornece matéria-prima para a seleção natural e, portanto, é um dos principais focos da teoria evolucionária. Mesmo organismos de uma mesma espécie apresentam diversas variações entre si, incluindo características óbvias, como sexo, idade ou tamanho, e também características mais sutis, como genótipo, comportamento ou fisiologia, não existindo dois organismos biológicos

exatamente iguais. O fato de que os organismos diferem entre si é reconhecido desde a antiguidade (por exemplo, Aristóteles, 350 a.C), e forneceu elementos para o paradigma central da biologia, a teoria da evolução das espécies. Na ciência ecológica, a variação intraespecífica também teve papel importante, fornecendo base para trabalhos em genética ecológica e evolução de nicho. Contudo, o interesse dos ecologistas em tal variação diminuiu após meados da década de 1970. Roughgarden (1974) analisando dados de dieta para cinco espécies de lagartos *Anolis*, demonstrou que a variação individual era geralmente pequena, uma conclusão que posteriormente recebeu apoio teórico. Desde então, a variação de características intraespecíficas tem sido amplamente negligenciada por ecologistas empíricos e teóricos (Bolnick et al. 2011).

Neste sentido, os estudos ecológicos tem dado mais ênfase no entendimento dos processos que ocorrem ao nível de comunidades. As principais teorias ecológicas na esfera das comunidades são a teoria de nicho ecológico e teoria neutra da biodiversidade (Scarano & Dias 2004). Ambas tem gerado grande impacto na literatura desde que foram formuladas. Casimiro & Pardial (2008) em um estudo bibliométrico relataram que até 2008 o artigo de Hutchinson sobre nicho multidimensional, publicado em 1959 foi citado 1.293 vezes. Não obstante, até esse mesmo período, a TNB proposta em 2011 por Hubbel, foi citada por 1.128 artigos, em 239 periódicos científicos, classificados em 21 categorias de assuntos diferentes, sendo mais discutido entre ecólogos e biólogos da conservação.

A teoria de nicho ecológico desempenha papel central na organização da ecologia moderna. Embora muitos ecólogos enfatizem o uso dessa teoria na ecologia de comunidades, o conceito é usado em estudos nos diversos níveis de organização. Por exemplo, grande parte da biologia populacional está preocupada em identificar fatores limitantes do ambiente que podem alterar a dinâmica das populações. Os biogeógrafos consideram como as condições ambientais podem restringir as distribuições dos táxons, e os ecologistas dos ecossistemas buscam maneiras de descrever como os traços funcionais dos táxons (sejam espécies ou grupos funcionais) alteram os processos ou estruturas dos ecossistemas (Leibold 1995).

A teoria de nicho ecológica foi proposta por Hutchinson em 1957 e surge da ânsia em explicar como é possível a coexistência de um grande número de espécies na maioria das comunidades, compartilhando os mesmos recursos sem que uma exclua a outra. Para responder essa questão, Hutchinson (1957) propõem que

cada espécie possui um “nicho ecológico” específico, definido como "hiper-volume" multidimensional, que descreve todos os requisitos necessários para a espécie sobreviver, reproduzir e deixar descendentes férteis. O conceito assume que, para uma dada espécie, dentro de um intervalo de multidimensões, ou seja, um conjunto de múltiplas variáveis ambientais e de interações bióticas, ela apresentará uma taxa positiva de crescimento populacional. Por outro lado, fora desse intervalo, a espécie não terá condições de estabelecer populações viáveis mínimas (Vandermeer 1975). Portanto, esses requisitos incluem tolerância abiótica, uso de microhabitats, preferências por presas, risco de predação, resistência ou tolerância a parasitas, mutualismo, dispersão e exposição à competição intraespecífica ou interespecífica, entre outros requisitos. Coletivamente, as interações bióticas e tolerâncias abióticas definem o nicho ecológico de uma espécie. Dessa forma, cada espécie possui um nicho ecológico específico e apesar de muitas espécies apresentarem similaridades de nicho, essas igualdades apresentam limites mínimos que permitem a coexistência sem que uma exclua a outra.

Segundo Bolnick et al. (2003), a teoria de nicho ecológico sugere variações ecológicas entre as espécies, no entanto, descreve a ecologia de uma espécie como um todo e não considera o organismo individual, uma vez que trata indivíduos coespecíficos como ecologicamente equivalentes. Em consequência, muitos modelos ecológicos como o de competição intraespecífica, dinâmica predador-presa e estrutura da teia alimentar, assumem que indivíduos coespecíficos são idênticos, desconsiderando a variação intraespecífica, ou se concentrando nas médias das características. Bolnick et al. (2003), também argumentam que a maioria dos estudos empíricos e teóricos sobre o uso de recursos e a dinâmica populacional não mencionam o fato de que indivíduos de uma mesma espécie podem utilizar recursos diferentes.

Outra importante teoria no âmbito da comunidade biológica é a teoria neutra da biodiversidade e biogeografia (TNB), proposta por Hubbel em 2001, construída com base nos fundamentos da teoria da biogeografia de ilhas e nos conceitos estabelecidos sobre abundância relativa das espécies. Segundo Hubbel (2001) a TNB é um teoria geral da biodiversidade que tenta explicar padrões que formam e organizam as comunidades biológicas, baseados principalmente em restrições na dispersão dos indivíduos. Hubbel acredita que processos probabilísticos na colonização e extinção dos indivíduos nos habitats podem explicar as diferenças de composição e abundância relativa das espécies nas comunidades (Casimiro & Pardial 2008). A

TNB adota como pedra angular de sua teoria a hipótese de equivalência funcional das espécies, assumindo que não há diferenças entre os indivíduos em termos de taxa de vida per capita como nascimento, morte, dispersão ou em suas respostas as forças básicas agindo na comunidade (Hubbel 2005). Nessa perspectiva, cada organismo pode ser considerado uma réplica, independente das relações ecológicas envolvendo fatores bióticos e abióticos dentro da dinâmica de uma comunidade. Embora inicialmente a TNB tenha recebido inúmeras críticas, essa teoria tem ganhado cada vez mais atenção dos ecologistas e conservacionistas pelo fato de que dados empíricos têm corroborado com as predições dos modelos neutros. Dessa forma, muitas vezes os modelos de simulação da teoria neutra apresentam aproximações similares ao encontrado nas comunidades reais (Whitfield 2002, Hubbel 2005). Hubel (2005) argumenta que se a modelagem neutra pode corresponder ao que é observado na natureza, adotar a premissa de equivalência funcional das espécies pode fornecer uma abordagem mais parcimoniosa para descrever os padrões observados nas comunidades ecológicas.

Embora as teorias de nicho ecológico e teoria neutra da biodiversidade sejam hipóteses contrastantes sobre o processo de formação e organização das comunidades, elas têm em comum o fato de não considerarem o organismo individual e as variações intraespecíficas. Apesar da individualidade biológica ser um fenômeno universal e distintivo da vida, essa ideia ainda é amplamente negligenciada e pouco absorvida nas teorias e nos trabalhos ecológicos de rotina, haja vista que duas das principais teorias no âmbito das comunidades são omissas quanto à individualidade biológica e às variações intraespecíficas. Contudo, estudos empíricos tem demonstrado que tais variações podem ter efeitos ecológicos significativos, e por esse motivo tem reavido um crescente interesse entre os ecologistas a respeito do tema (Bolnick et al. 2003, Hugles 2008, Duff 2010, Araújo et al. 2011, Bolnick et al. 2011, Dall et al. 2012, Honegger & Bivort 2018).

A tecnologia promoveu ganhos consideráveis na produção de grãos nas últimas décadas, no entanto, essas transformações resultaram em diversos problemas como a perda de diversidade nas culturas agrícolas. Na China, Zhu et al. (2000), demonstraram por meio de estudos experimentais, que a diversidade genética intraespecífica em plantações de arroz (*Oryzae sativa*), pode ter efeitos significativos na resistência a patógenos. O estudo utilizou como material biológico experimental o arroz, principal alimento para cerca de metade da população mundial. Sabe-se que uma das principais doenças que acomete o arroz é a brusone, causada pelo fungo *Magnaporthe grisea*, que ao infectar a planta produz manchas necróticas nas folhas e



necrose das panículas. Para controlar a explosão da brusone no arroz, geralmente, os agricultores fazem várias aplicações de fungicidas. Para testar se a diversidade genética intraespecífica nas plantações de arroz produz resistência ao patógeno, Zhu et al. (2000) realizaram experimentos contendo plantações mistas com duas variedades de arroz, geneticamente diversos, e compararam a resistência ao patógeno em plantações de arroz com único genótipo. Estes autores observaram que as plantações com variedades geneticamente mistas tiveram 89% mais rendimento e que a explosão da brusone foi 94% menos severa do que em plantações de arroz monogênicas. O estudo foi tão bem sucedido que os fungicidas não foram mais aplicados até o final do programa de dois anos, concluindo que a variação genética intraespecífica fornece uma alternativa ecológica ao controle de doenças e pode ser altamente eficaz para a sustentabilidade da produção agrícola.

Outro exemplo em que a variação genética intraespecífica produz influência na dinâmica ecológica foi demonstrado experimentalmente por Crutsinger et al. (2006). Nesse estudo, a diversidade genotípica de *Solidago altíssima*, uma espécie vegetal dominante nos campos da América do Norte, foi manipulada em nível de parcela, variando o número de genótipos. Os autores identificaram 21 genótipos diferentes de *S. altíssima*, que foram distribuídos em 63 parcelas contendo 12 indivíduos com 1, 3, 6 ou 12 genótipos selecionados aleatoriamente. Os autores observaram que a parcela que continha maior diversidade genotípica correlacionou positivamente com o aumento da riqueza de espécies de artrópodes, sendo esse aumento, em média, 27% maior em relação as com um genótipo. Esse resultado corroborou com a hipótese de que a diversidade genotípica de *S. altíssima* foi um importante determinante da diversidade de artrópodes associados a essa espécie. Além disso, foi observado nesse estudo, que a riqueza de espécies de herbívoros (consumidores primários) e a riqueza de predadores (consumidores secundários) também aumentaram com a maior diversidade genotípica. Constatou-se ainda, que a produtividade primária também aumentou nas parcelas genotipicamente mais diversas, sendo 36% maior em parcelas de 12 genótipos do que em parcelas de genótipo único. Nesse sentido, Crutsinger et al. (2006) concluem que a diversidade genotípica intraespecífica pode ter efeitos sobre a estrutura da comunidade e processos ecossistêmicos.

Outro exemplo de como as variações intraespecíficas podem ter implicações relevantes na dinâmica ecológica pode ser visualizado em um estudo realizado com populações de *Daphnia dentifera* (crustáceos plactônico), em lagos localizados no Michigan, EUA. Esse estudo identificou que apenas alguns indivíduos de *Daphnia dentifera* possuem a capacidade de produzir hemoglobina, proteína presente nas hemácias

responsável, principalmente, pelo transporte do oxigênio. Os indivíduos que produzem hemoglobina residem na porção do hipolímnio (região profunda de lagos que apresentam estratificação), que é caracterizado por temperaturas mais frias e baixos níveis de oxigênio. Os indivíduos que não produzem hemoglobina são migradoras verticais e vivem na porção epilímnion (camada superficial de lagos em que se regista estratificação), caracterizada por temperaturas mais altas e altos níveis de oxigênio. Dessa forma, a variação intraespecífica na capacidade de produção de hemoglobina faz com que *D. dentifera* varie no uso do habitat, o que interfere na interação com outros membros da comunidade. Os peixes Bluegill que vivem na região epilímnion dos lagos estudados são os principais predadores de *D. dentifera*, para estes peixes o termoclina (variação da temperatura em uma determinada profundidade) também representa uma barreira. Desta maneira, indivíduos de *D. dentifera* que vivem no epilímnion tem maior probabilidade de ser predado por peixes Bluegill, do que os indivíduos que produzem hemoglobina e vivem na porção do hipolímnio. A variação intraespecífica na capacidade de produção de hemoglobina têm efeitos para a dinâmica populacional e na relação com outros membros da comunidade (Duffy 2010).

Em uma ampla revisão de como a diversidade genética intraespecífica interfere nos processos ecológicos, Hughes et al. (2008) reuniram vários exemplos de trabalhos empíricos que abordam o tema. Esses autores argumentam que a variação genética intraespecífica provoca efeitos significativos nos processos ecológicos, como produtividade primária, recuperação da população por perturbação, competição interespecífica, estrutura da comunidade e fluxos de energia e nutrientes. Concluem que a biodiversidade genética tem o potencial de afetar uma ampla gama de processos populacionais, comunitários e ecossistêmicos. Contudo, ressaltam que mais estudos são necessários para esclarecer até que ponto os resultados demonstrados experimentalmente se aplicam à natureza, uma vez que a maioria dos trabalhos tem sido direcionados para manipulações clonais de plantas. Portanto, pouco se sabe sobre a importância relativa da diversidade genética frente a outros fatores que influenciam os processos ecológicos de interesse.

Entretanto, uma das abordagens mais proeminentes em estudos que enfocam o modo como as variações intraespecíficas interferem nas dinâmicas ecológicas, se referem a especialização de nicho individual (Bolnick et al. 2011). Em linhas gerais, a lógica da teoria consiste em que variações fenotípicas entre indivíduos de uma mesma população podem levá-los a participarem de diferentes interações com diversos níveis de intensidades, acarretando em variações intraespecíficas de nicho. Os motivos para as

variações de nicho intraespecíficas têm sido atribuídas a diferenças de sexo, idade e morfologia, contudo, embora essas variáveis expliquem parte da variação, muitas populações ainda exibem uma considerável variação residual. A essa variação residual Bolnick et al. (2003) atribuíram o termo “especialização de nicho individual” e definem como "especialista individual" um organismo cujo nicho é substancialmente mais restrito do que o nicho de sua população por motivos independentes ao seu sexo, idade ou diferenças morfológicas. A palavra especialização diz respeito ao fato de que pequenas variações intraespecíficas podem levar um organismo a usar apenas um subconjunto de recursos mais estreito do espaço de nicho ocupado por sua população como um todo. Alguns indivíduos podem ter especializações específicas que diferem do conjunto de sua população (Dall et al. 2012). Por exemplo, em aves, os tentilhões-da-ilha-dos-côcos (*Pinaroloxias inornata*) exibem "especialização dietética individual". Durante um ano, tentilhões individuais foram observados executando um ou alguns comportamentos de forrageamento, enquanto a população como um todo exibiu traços de forrageamento abrangendo essencialmente toda a gama da ecologia alimentar desses passeriformes: alguns indivíduos beberam néctar, outros comeram sementes ou frutas, enquanto outros indivíduos se especializaram na alimentação de insetos arbóreos ou terrestres (Werner & Sherry 1987).

Bolnick et al. (2003) e Araújo et al. (2011) observaram que a especialização de nicho individual tem se mostrado um fenômeno generalizado em populações naturais, e reuniram uma série de trabalhos que evidenciam a especialização de nicho individual em uma ampla gama de grupos taxonômicos, incluindo animais vertebrados e invertebrados. Embora, o grau da especialização de nicho individual varie entre as espécies e entre as populações, esses resultados são importantes, pois a especialização pode influenciar nas interações ecológicas. Estes mesmos autores argumentam que a especialização de nicho individual pode levar os organismos a diferirem nas defesas anti-predador, resistência ou exposição a parasitas, uso de recursos e capacidade competitiva. Por exemplo, as lontras marinhas (*Enhydra lutris nereis*) da América do Norte, são animais ameaçados de extinção. Apesar dos esforços conservacionistas, essa espécie tem sofrido limitações de crescimento populacional por causa de infecções a patógenos. As lontras marinhas apresentam especialização dietética individual como mecanismo adaptativo para lidar com recursos alimentares limitados ao longo da costa central da Califórnia. Dessa forma, diferem substancialmente na dieta, mesmo controlando a idade, o sexo e a morfologia. Alguns indivíduos se especializam em comer caracóis, outros em

comer caranguejos e abalones, enquanto outros são generalistas. Johnson et al. (2009) identificaram padrões de infecção por patógenos que estão ligados a especialização dietética desses animais. Notou-se que as lontras que se alimentam de abalones, que é a presa preferida em um ecossistema marinho abundante em recursos, tinham um risco muito baixo de infecção a patógenos, enquanto lontras que consumiam pequenos caramujos marinhos tinham maior probabilidade de serem infectadas. Os autores argumentam que altos níveis de infecção com patógenos podem ser uma consequência adversa da especialização dietética nessa espécie ameaçada, com recursos esgotados e doenças trabalhando sinergicamente para limitar sua recuperação.

Outro exemplo, onde a variação de nicho intraespecífica influencia na dinâmica ecológica pode ser visualizada no trabalho de Darimont et al. (2007). Esse estudo observou o comportamento de forrageamento em populações de cervos de cauda negra (*Odocoileus hemionus*) em uma variedade de ambientes, e correlacionou o comportamento de forrageamento com a aptidão física dos organismos e com a taxa de sobrevivência. Estes autores constataram que *O. hemionus* apresentam uma ampla diversidade no nicho de forrageamento, no entanto, essa diversidade carrega probabilidades diferentes na qualidade nutricional dos alimentos e nas taxas de mortalidade por predação. Notou-se que, alguns indivíduos de *O. hemionus* se especializaram no uso de uma espécie de Pinus, *Thuja plicata*, fato que pode estar relacionado ao alto valor nutritivo desse alimento, pois apresenta elevado nível de proteína, principal fonte nutricional para a sobrevivência e reprodução em ungulados, incluindo *Odocoileus*. Em consequência, indivíduos que se especializaram em *T. plicata* apresentaram maior aptidão física. Contudo, os locais com maior abundância de *T. plicata* também apresentavam maior risco de predações por lobos (*Canis lupus*). Dessa forma, os indivíduos de *O. hemionus* que divergiram do padrão, indicando especialização em *T. plicata* eram mais propensos a serem mortos por *C. lupus*. Em contraste, os cervos com uma dieta mais generalista reduziram o ganho energético ou proteico em troca de menor risco de predação. Nesse sentido, a especialização de nicho individual acarretou em consequências para a taxa de sobrevivência dos indivíduos de *O. hemionus*, interferindo nas taxas de sobrevivência e na dinâmica predador-presa desta espécie.

Além dos exemplos supracitados, uma literatura teórica emergente vem demonstrando que variações intraespecíficas geram efeitos potencialmente significativos nas dinâmicas ecológicas. Nesse sentido, a presente revisão é mais um trabalho que corrobora com uma crescente literatura que apoia a importância em

se considerar as variações intraespecíficas e conseqüentemente o organismo individual nas pesquisas ecológicas.

## **1. CONCLUSÃO**

Os organismos biológicos são as unidades basais em ecologia. Os padrões observados em nível de populações, comunidades e ecossistemas, decorrem, a priori, das respostas dos organismos individuais. Esses possuem como característica comum a individualidade biológica, assegurada por uma pluralidade de causas como estrutura genética, aprendizagem e volição, que singularmente ou sinergicamente, fazem com que os organismos apresentem variações em diversos aspectos. Dessa forma, a individualidade molda o fenótipo comportamental dos organismos e fazem com que eles variem entre si.

Uma crescente literatura de trabalhos empíricos e teóricos vem demonstrando que as variações intraespecíficas podem ter efeitos significativos na dinâmica ecológica, como diferenças na produtividade, exposição ou resistência a patógenos, respostas anti-predador, uso de recursos, capacidade competitiva entre outros. Embora tais estudos sejam desafiadores, principalmente pela dificuldade em quantificar essas variações, reconhecer e acrescentar as variações intraespecíficas nos estudos ecológicos pode apresentar uma descrição mais completa e fiel dos sistemas ecológicos. O organismo biológico e sua individualidade merecem especial atenção.

Aceitar a individualidade biológica não significa que a ecologia se concentre essencialmente no indivíduo, pois os fenômenos ecológicos são percebidos em diferentes níveis hierárquicos. No entanto, acreditamos que os ecologistas não podem negligenciar ou ignorar a variação intraespecífica devido aos seus importantes efeitos sobre a dinâmica ecológica. Nesse sentido, esperamos que a presente revisão sirva de reflexão aos ecologistas, sobre a importância da individualidade biológica como um fenômeno universal e significativo que deve ser considerado nos estudos ecológicos.

### **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao apoio fornecido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

### **REFERÊNCIAS**

- Alem, S., Perry, C.J., Zhu X, Loukola OJ, Ingraham T, Sovik e., et al. 2016 Associative Mechanisms Allow for Social Learning and Cultural Transmission of String Pulling in an Insect. *PLoS Biol*, 14 (10), 1- -28. DOI:10.1371/journal.pbio.1002564
- Araújo, M. S., Bolnick, D. I., Elayman, C. A. 2001. The ecological causes of individual specialisation. *Ecology Letters*, 14, 948 - 958, 2011. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2011.01662.x
- Arnellos, A., Moreno, A. 2016. Integrating constitution and interaction in the transition from unicellular to multicellular organisms. In: Niklas K, Newman S, Bonner J (eds) *Multicellularity: origins and evolution*. MIT Press, Cambridge.
- Baluska, F, Lev-Yadun, S., Mancuso, S. 2010. Swarm intelligence in plant roots. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(12), 682 - 683. DOI:10.1016/j.tree.2010.09.003
- Baracchi, D., Lihoreau, M., Giurfa, M. 2017. Do Insects Have Emotions? Some Insights from Bumble Bees. *Behav. Neurosci*, 11, 1-4. DOI: 10.3389/fnbeh.2017.00157
- Bernard, T. A. P. 1984. Differential sensitization, retention, and generalization of habituation in two response systems in the blowfly (*Calliphora vomitoria*). *J Comp Psychol*, 98, 119 -130.
- Boesch, C., Boesch, H. 1990. Tool use and tool making in wild chimpanzees. *Folia Primatologica*, 54, 86 - 99. DOI: 10.1159/000156428
- Bolnick, D. I., Amarasekare, P., Araújo, M. S., Burger, R., *et al.* 2011. Why intraspecific trait variation matters in community ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 26 (4), 183 - 192. DOI:10.1016/j.tree.2011.01.009
- Bolnick, D. I., Svanback, R., Fordyce, J. A., Yang, L. H., Davis, *et al.* 2003. The Ecology of Individuals: Incidence and Implications of Individual Specialization. *The american naturalista*, 161 (1), 1-28.
- Boogert, N. J., Fawcett, W. T. & Lefebvre 2011. Mate choice for cognitive traits: a review of the evidence in nonhuman vertebrates. *Behavioral Ecology*. 447 - 459. DOI:10.1093/beheco/arq173
- Booy, G., Hendriks, R. J. J, Smulders, M. J. M., Groenendael, V. J. M., Vosman, B. 2000. Genetic Diversity and the Survival of Populations. *Plant boil*, 2, 379 -395. ISSN 1435-8603

- Brembs, B. 2011. Towards a scientific concept of free will as a biological trait: spontaneous actions and decision-making in invertebrates. *Proc. R. Soc. B*, 278, 930-939. DOI: 10.1098/rspb.2010.2325
- Bshary, R. & Brown, C. 2014. Fish cognition. *Current Biology*, 24(19), 947- 950.  
DOI: 10.1016/j.cub.2014.08.043
- Buss, D. M. 1989. Sex differences in human mate preferences: evolutionary hypotheses tested in 37 cultures. *Behav Brain Sci*, 12 (1), 1-14. DOI: 10.1017/S0140525X00023992
- Callaway, R., Pennings, S. C., Richards, C. L. 2003. Phenotypic plasticity and interactions among plants. *Ecology*, 84(5), 1115-1128.
- Cassemiro, F. A. S, Padial, A. 2008. Teoria neutra da biodiversidade e biogeografia: aspectos teóricos, impactos na literatura e perspectivas. *Oecol. Bras.*, 12(4), 706—719.
- Catania, K. C. 2009. Tentacled snakes turn C-starts to their advantage and predict future prey behavior. *PNAS*, 106(27), 11183-11187. DOI:10.1371/journal.pone.0003472
- Catchpole, C. K., Slater, P. J. B. 2008. *Bird song: biological themes and variations*. Cambridge: Cambridge University Press. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511754791>
- Chediak, K. 2005. O problema da individuação na biologia à luz da determinação da unidade de seleção natural. *Scientia Studia*, 3, 65-78.
- Crane, A. L., & Mathis, A. 2011. Landmark learning by the Ozark zigzag salamander *Plethodon angusticlavius*. *Current Zoology*, 57, 485-490. DOI: 10.1093/czoolo/57.4.485
- Crutsinger, G. M., Collins, M. D., Fordyce J. A., Gompert, Z., Nice, C. C., Sanders, N. J. 2006. Plant Genotypic Diversity Predicts Community Structure and Governs an Ecosystem Process. *Science* 313, 966-968. DOI: 10.1126/science.1128326
- Dall, S. R. X., Bell, A. M., Bolnick, D. I., Ratnieks, F. L. W. 2012. An evolutionary ecology of individual differences. *Ecology Letters*, 1-10. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2012.01846.x
- Darimont, C. T., Paquet, P. C., Reimchen, T. E. 2007. Stable isotopic niche predicts fitness of prey in a wolf–deer system. *Biological Journal of the Linnean Society*, 90 (1), 125-137. DOI: 10.1111/j.1095-8312.2007.00716.x

- Darwin, C. 1859. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. New York: Appleton.
- Drack, M., & BETZ, O. 2017. The basis of theory building in biology lies in the organism concept: a historical perspective on the shoulders of three giants. *Organisms Journal of Biological Sciences*, 1(2), 69-82. DOI: 10.13133/2532-5876\_2.11
- Duffy, M. A. 2010. Ecological consequences of intraspecific variation in lake Daphnia. *Freshwater Biology*. 55, 995-1004. DOI:10.1111/j.1365-2427.2009.02336.x
- Dukas, R. 2004. Evolutionary biology of animal cognition. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35 347-374. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.35.112202.130152
- El-hani, C. N., Emmeche, C. 2000. On some theoretical-grounds for an organism-centered biology: property emergence, supervenience, and downward causation. *Theory in Biosciences*, 119, 234- 275. DOI: 10.1007/s12064-000-0018-0
- Ellis, G. F. R. 2005. Physics, complexity and causality. *Nature*, 435. DOI:10.1038/435743a
- Emery, N. J., Clayton, N. S. 2005. Evolution of the avian brain and intelligence. *Current Biology*, 15(23), 946-950. DOI: 10.1016/j.cub.2005.11.029
- Gagliano, M., Depczynski, M. R. M., Mancuso, S. 2014. Experience teaches plants to learn faster and forget slower in environments where it matters. *Oecologia*, 175, 63-72. DOI: 10.1007/s00442-013-2873-7
- Ghiselin, M. T. 2002. Species concepts: the basis for controversy and Reconciliation. *Fish and fisheries*, 3, 151-160. DOI: 10.1046/j.1467-2979.2002.00084.x
- Giurfa, M. 2013. Cognition with few neurons: higher-order learning in insects. *Trends in Neurosciences*. 1-10. DOI: 10.1016/j.tins.2012.12.011
- Godfrey-Smith, P. 2016. Individuality, subjectivity, and minimal cognition. *Biol Philos*, 31, 775-796. DOI: 10.1007/s10539-016-9543-1
- Gross, H.J., Pahl, M., Si, A., Zhu, H., Tautz, J., et al. 2009. Number-Based Visual Generalisation in the Honeybee. *PLoS ONE*, 4, 1-9. DOI: 10.1371/journal.pone.0004263



- Gumert, M. D., Kluck, M., Malaivijitnond, S. 2009. The physical characteristics and usage patterns of stone axe and pounding hammers used by long-tailed macaques in Andaman Sea region of Thailand. *American Journal of Primatology*, 71(7), 594-608. DOI: 10.1002/ajp.20694.
- Healy, S. D., Jones, C. M. 2002. Animal learning and memory: an integration of cognition and ecology. *Zoology (Jena)*, 105, 321-327. DOI: 10.1078/0944-2006-00071
- Heisenberg, M. 2009. Is free will an illusion? *Nature*, 459, 164-165. DOI: 10.1038/459164a
- Heuring, W. L., & Mathis, A. 2014. Landmark learning by juvenile salamanders (*Ambystoma maculatum*). *Behavioural Processes*, 108, 173-176. DOI: 10.1016/j.beproc.2014.10.015
- Hiett, P. J. 1998. The place of life in our theories. *BioSystems*, 47, 157-176.
- Hirsch, J. 1963. Behavior Genetics and Individuality: Understood Behaviorism's counterfactual dogma blinded the behavioral sciences to the significance of meiosis. *Science*, 142, 1436-1442. DOI: 10.1126/science.142.3598.1436
- Hirsch, P. E., Thorlacius, M., Brodin, T., Burkhardt-Holm, P. 2017. An approach to incorporate individual personality in modeling fish dispersal across in-stream barriers. *Ecology and Evolution*, 7, 720-732. DOI: 10.1002/ece3.2629
- Honegger, K., & Bivort, B. 2018. Stochasticity, individuality and behavior. *Current Biology*, 28, 8-12. DOI: 10.1016/j.cub.2017.11.058
- Hubbell, S. P. 2001. *The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*. Princeton Univ. Press, New Jersey.
- Hubbell, S. P. 2005. Neutral theory in community ecology and the hypothesis of functional equivalence. *Functional Ecology*, 19, 166-172. DOI: 10.1111/j.0269-8463.2005.00965.x
- Hughes, R. A., Inouye, D. B., Johnson, M. T. J., et al. 2008. Ecological consequences of genetic diversity. *Ecology Letters*, 11, 609-623. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2008.01179.x
- Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22, 415-427.

- Jablonski, P. G., Strausfeld, N. J. 2000. Exploitation of an Ancient Escape Circuit by an Avian Predator: Prey Sensitivity to Model Predator Display in the Field. *Brain Behav Evol*, 56, 94-106. DOI: 10.1159/000006680
- Johnson, C. K., Tinker, M. T., Estesc, J. M., Conrada, P. A., Staedler, M., et al. 2009. Prey choice and habitat use drive sea otter pathogen exposure in a resource-limited coastal system. *PNAS*, 106 (7), 2242-2247. DOI: 10.1073/pnas.0806449106
- Jones, C.M., Braithwaite, V.A., Healy, S.D. 2003. The evolution of sex differences in spatial ability. *Behav Neurosci*. 117(3), 403-411. DOI: 10.1037/0735-7044.117.3.403
- Kotrschal, A., Taborsky, B. 2010. Environmental change enhances cognitive abilities in fish. *PLoS Biol*, 8(4), 1-7. DOI: 10.1371/journal.pbio.1000351
- Leibold, M. A. 1995. The niche concept revisited: mechanistic models and community context. *Ecology*, 76(5), 1371-1382. DOI: 10.2307/1938141
- Leme, M. I. S. 2011. As especificidades humanas e a aprendizagem: relações entre cognição, afeto e cultura. *Psicologia USP*, 22(4), 703-723. DOI: 10.1590/S0103-65642011005000028
- Li, N.P., Bailey, J.M., Kenrick, D.T., Linsenmeier, J.A.W. 2002. The necessities and luxuries of mate preferences: testing the tradeoffs. *J Pers Soc Psychol*, 82, 947-955. DOI: 10.1037/0022-3514.82.6.947
- Light, K. R., Kolata, S., Wass, C., Denman-Brice, A., Zagalsky, R., Matzel, L. D. 2010. Working memory training promotes general cognitive abilities in genetically heterogeneous mice. *Current Biology*, 20, p777–782. DOI: 10.1016/j.cub.2010.02.034
- Liu, Y., Day, L. B., Summers, K., & Burmeister, S. S. 2016. Learning to learn: advanced behavioural flexibility in a poison frog. *Animal Behaviour*, 111, 167-172. DOI: 10.1016/j.anbehav.2015.10.018
- Longo, G., Montévil, M., Sonnenschein, C., & Soto, A. M. 2015. In search of principles for a Theory of Organisms. *Journal of Biosciences*, 1-15. DOI: 10.1007/s12038-015-9574-9
- Loukola, O. J., Perry, C. J., Coscos, L., & Chittka, L. 2017. Bumblebees show cognitive flexibility by improving on an observed complex behavior. *Science*, 355, 833-836. DOI: 10.1126/science.aag2360.

- Lowy, I. 2003. On guinea pigs, dogs and men: anaphylaxis and the study of biological individuality, 1902–1939. *Stud. Hist. Phil. Biol. & Biomed. Sci*, 34, 399-423. DOI: 10.1016/S1369-8486(03)00053-0
- Mather, J. A. 2007. Cephalopod consciousness: behavioural evidence. *Conscious. Cogn*, 17, 37-48. DOI: 10.1016/j.concog.2006.11.006
- Mathis, A., Chivers, D. P., Smith, R. J. F. 1996. Cultural transmission of predator recognition in fishes: intraspecific and interspecific learning. *The Association for the Study of Animal Behaviour*, 51, 185-201.
- Maturana, H. 2001. *Cognição, ciência e vida cotidiana*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 203p.
- Maturana, H., Varela, F. 1980 *Autopoiesis and cognition: the realization of the living*. Boston studies in the philosophy of science, vol 43. Reidel, Dordrecht.
- Mayden, R. L. 2002. On biological species, species concepts and individuation in the natural world. *Fish and fisheries*, 3, 171-196. DOI: 10.1046/j.1467-2979.2002.00086.x
- Mayr, E. 1961. Cause and effect in biology. *Science*, 134, 1501-1506. DOI: 10.1126/science.134.3489.1501
- Mayr, E. 1996. The autonomy of biology: the position of biology among the sciences. *The Quarterly Review of Biology*.71(1), 97-106. DOI: 10.1086/419270
- Mayr, E. 2004. *Biologia, ciência única*. São Paulo: Companhia das Letras, 266 p.
- Mendes, F. D. C., Martins, L. B. R., Pereira, J. A., Marquezana, R. F. 2002. Fishing with a Bait: A Note on Behavioural Flexibility in *Cebus apella*. *Folia Primatol*, 71, 350-352.
- Miller, G.F., Todd, P. M. 1998. Mate choice turns cognitive. *Trends Cogn Sci*, 2, 190-198. DOI: 10.1016/S1364-6613(98)01169-3
- Mitchell, R. W., Anderson, J. R. 1997. Pointing, withholding information, and deception in capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology*, 111(4), 351-361.
- Oliveira, M. 2015. A evolução das capacidades cognitivas nos primatas: hipótese ecológica vs hipótese da complexidade social. *Cadernos do GEEvH*, 4(1), 41-59.
- Papavero, N., Teixeira, D. M. 2001. Os viajantes e a biogeografia. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, 8, 1015-1037. DOI: 10.1590/S0104-59702001000500012

- Pelicice, F. M. 2006. Henry Gleason Rumo a uma Filosofia Para a Ecologia. Monografia (Programa de Pós Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 42 p.
- Perisse, E., Raymond-Delpech, V., Neant, I., Matsumoto, Y., Leclerc, C., Moreau, M., & Sandoz, J.-C. 2009. Early calcium increase triggers the formation of olfactory long-term memory in honeybees. *BMC Biology*, 7(1), 30. DOI: 10.1186/1741-7007-7-30
- Perry C. J., Baciadonna, L. 2017. Studying emotion in invertebrates: what has been done, what can be measured and what they can provide. *Journal of Experimental Biology*, 220, 3856-3868. DOI: 10.1242/jeb.151308
- Perry, C. J., Barron, A. B., Cheng, K. 2013. Invertebrate learning and cognition: relating phenomena to neural substrate. *Wires Cognitive Science*, 4, 561-582. DOI: 10.1002/wcs.1248
- Pradeu, T. 2016 a. Organisms or biological individuals? Combining physiological and evolutionary individuality. *Biol Philos*, 31, 797-817. DOI: 10.1007/s10539-016-9551-1
- Pradeu, T. 2016 b. The many faces of biological individuality. *Biol Philos*, 31, 761-773. DOI: 10.1007/s10539-016-9553-z
- Pradeu, T. 2012. *The limits of the self: immunology and biological identity*. Oxford University Press, New York.
- Prokosch, M. D., Coss, R. G., Scheib, J. E., Blozis, S.A. 2009. Intelligence and mate choice: intelligent men are always appealing. *Evol Hum Behav*, 30, 11-20. DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2008.07.004
- Racehl, J. 2011. Princípios para processos cognitivos. *Revista digital de tecnologias cognitivas*, 5, 30-68. ISSN: 1984-3585
- Roughgarden, J. 1974. Niche Width: Biogeographic Patterns Among Anolis Lizard Populations. **The American Naturalist**, 108(962), 429–442. DOI:10.1086/282924
- Rios, R. I. 2004. A teoria de nicho ecológico: benefícios e malefícios. In: Coelho, A.S., Loyla, R. D., Souza, M.G.B., *Ecologia teórica: desafios para o aperfeiçoamento da ecologia no Brasil*. Ed. Belo Horizonte : O lutador, p 27 – 41.

- Robinson, G. E., Fernald, R. D., Clayton, D. F. 2008. Genes and social behavior. *Science*, 322, 896-900.  
DOI: 10.1126/science.1159277
- Roth, T. C., Krochmal, A. 2015. The Role of Age-Specific Learning and Experience for Turtles Navigating a Changing Landscape. *Current Biology*, 25, 333–337. DOI: 10.1016/j.cub.2014.11.048
- Ruiz-Mirazo, K., Etxeberria, A., Moreno, A., & IBÁÑEZ, J. 2000. Organisms and their place in biology. *Theory Biosci*, 119, 209-233. DOI: 10.1007/s12064-000-0017-1
- Scarano, F.R., Dias, A.T.C. 2004. A importância de espécies no funcionamento de comunidades e ecossistemas. In: Coelho, A.S., Loyola, R.D., Souza, M.B.G. (Ed.). *Ecologia teórica: desafios para o aperfeiçoamento da Ecologia no Brasil*. Belo Horizonte, MG: O Lutador, pp.43-60.
- Simberloff, D. S. 1980. A succession of paradigms in ecology: essentialism to materialism and probabilism. *Conceptual issues in ecology*, 43(1), 3-39. DOI: 10.1007/BF00413854
- Sotelo, M. I., Bingman, V. P., & Muzio, R. N. 2015. Goal orientation by geometric and feature cues: spatial learning in the terrestrial toad *Rhinella arenarum*. *Animal Cognition*, 18, 315-323. DOI: 10.1007/s10071-014-0802-8
- Summers, K. 1989. Sexual selection and intra-female competition in the green poison-dart frog, *Dendrobates auratus*. *Animal Behaviour*, 37, 797- 805. DOI: 10.1016/0003-3472(89)90064-X
- Summers, K. 1990. Paternal care and the cost of polygyny in the green dart-poison frog. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 27, 307-313. DOI: 10.1007/BF00164001
- Vandermeer, J. H. 1975. Interspecific competition: a new approach to the classical theory. *Science* 188, 253-255. DOI: 10.1126/science.188.4185.253
- Vasquez, R. A., Grossi, B., Marquez, I. N. 2006. On the value of information: studying changes in patch assessment abilities through learning. *Oikos*, 112, 298 - 310. DOI: 10.1111/j.0030-1299.2006.13530.x
- Werner, T. K., & Sherry, T. W. 1987. Behavioral feeding specialization in *Pinaroloxias inornata*, the "Darwin's Finch" of Cocos Island, Costa Rica. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 84, 5506-5510.  
DOI:10.1073/pnas.84.15.5506

Westergaard, G. C., Lundquist, A.L., Haynie, M. K., Kuhn, H. E., Suomi, S. J. 1998. Why some capuchin monkeys (*Cebus apella*) using probing tools (and others do not). *Journal of Comparative Psychology*, 112(2), 207-211. DOI: 10.1037/0735-7036.112.2.207

Whitfield, J. 2002. Neutrality versus the niche. *Nature*, 417, 480- 481. DOI: 10.1038/417480a

Zhu, Y, Chen, H, Fan, J, Wang, Y. et al. 2000. Genetic diversity and disease control in rice. *Nature*, 406, 718-722. DOI: 10.1038/35021046

## 2. ANEXO

### NORMAS DA REVISTA - OECOLOGIA AUSTRALIAN

#### Regras gerais

Primeira página:

#### 1. Título:

Até 20 palavras (maiúsculas, sem itálico, fonte de 13 pontos, negrito, Times New Roman, centralizado).

#### 2. Autores e afiliações.

Evite o excesso de autores. Todos os nomes dos autores devem ser escritos por extenso (nome, nome do meio e sobrenome), em letra minúscula, fonte de 12 pontos, Times New Roman, itálico, centralizado. Identifique autores com números sobrescritos correspondentes à afiliação institucional. Separe os nomes com vírgulas, com exceção dos dois últimos, que podem estar vinculados a um "&".

A afiliação deve ser colocada imediatamente abaixo, em letra minúscula, fonte de 8 pontos, Times New Roman, alinhado à esquerda, espaço duplo. As informações sobre afiliação devem ser preenchidas com instituição, divisão de pesquisa, departamento, programa de pós-graduação, grupo de pesquisa ou laboratório, rua, caixa postal, cidade, estado (acrônimo), país, código postal, nesta ordem. Inclua todos os nomes dos autores, bem como e-mails, e marque o nome do autor correspondente com um asterisco. Uma vez que o autor correspondente é indicado, não é necessário repetir a marca na lista de e-mail.

#### 1. 3. Título em execução

Por favor, forneça um título curto de até 65 caracteres (com espaços). Use letras minúsculas, exceto na primeira letra de cada substantivo, fonte de 12 pontos, Times New Roman, itálico, centralizado.

Exemplo da primeira página:

#### **COMPORTAMENTO DE ESCALADA POSTURAL DE MARSUPIAIS DIDELPHID: PARALELAS COM PRIMATAS**

*Vanina Zini Antunes<sup>1</sup>, Ana Cláudia Delciellos<sup>1</sup> & Marcus Vinícius Vieira<sup>1\*</sup>*

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Departamento de Ecologia, Laboratório de Vertebrados, CP 68020, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. CEP: 21941-902

E-mails: vaninaantunes@gmail.com; anadelciellos@yahoo.com.br; mvvieira@biologia.ufrj.br

Título Running: *Comportamento de escalada de Marsupials*

Segunda página:

### 1. Resumo

Por favor, forneça o resumo do seu manuscrito. Manuscritos escritos em português ou espanhol exigem um segundo título e resumo em inglês. Veja “Seções” acima para o limite de palavras. Use fonte de 11 pontos, Times New Roman, alinhado à esquerda, com espaçamento duplo.

### 2. Palavras-chave

Até cinco palavras-chave em ordem alfabética devem ser fornecidas, separadas por ponto-e-vírgula. Estes devem ser diferentes daqueles no título do manuscrito

Exemplo: ecologia da paisagem; metacomunidade; Rodentia; pequenos mamíferos.

Próxima página:

### 1. Títulos, subtítulos, subitens e texto

Defina todas as margens com 2 cm de largura. O texto, incluindo citações, figuras e legendas de tabelas e referências, deve estar em minúsculas, em espaço duplo, com fonte de 11 pontos, Times New Roman, alinhado à esquerda e sem espaços entre parágrafos. Notas de rodapé da página não são permitidas. Não hifenizar; nomes e frases em latim ou línguas estrangeiras devem estar em itálico, não sublinhados. Manuscritos (texto, tabelas, legendas de figuras, etc) devem ser enviados como arquivo do Word, exceto figuras. Arquivos PDF não serão aceitos.

*Oecologia Australis* aceita até três (3) níveis de organização no manuscrito (título, subtítulos e subitens).

Separe os três níveis com um espaço de linha;

A **TÍTULO DO ARTIGO** deve estar em letras maiúsculas, Times New Roman, tamanho 13, negrito e centralizado. Separe os nomes dos autores e título com um espaço de duas linhas;

**SUB-LINEES** ( *por exemplo, INTRODUÇÃO* ) devem estar em letras maiúsculas, Times New Roman, tamanho 11, negrito, alinhado à esquerda;

*O subitem I* ( *por exemplo, área de estudo* ) deve estar em minúsculas, Times New Roman, tamanho 11, itálico, alinhado à esquerda.



□ Os subitens II ( *por exemplo*, área de estudo 1 ) podem estar presentes e devem estar em minúsculas, Times New Roman, tamanho 11, sublinhados e alinhados à esquerda.

## 2. Seções do manuscrito

**Introdução:** O tema do estudo deve ser sucintamente descrito em contexto apropriado, juntamente com as questões do estudo, objetivos bem definidos e expectativas / hipóteses a serem avaliadas.

**Material e Métodos, Resultados:** Descreva a área de estudo, todos os procedimentos utilizados, incluindo métodos estatísticos (justificando seu uso com referências) e o software usado para análises estatísticas. Por exemplo, se a Análise de Variância de 2 vias (ANOVA) foi usada para avaliar os efeitos do sexo e da estação, isso deve ser mencionado em Material e Métodos, e apenas os resultados dessas análises F (com df como subscritos) e p- valores devem ser declarados nos Resultados. Todos os detalhes dos resultados estatísticos devem ser fornecidos e os graus de liberdade devem ser relatados como índices das estatísticas de teste. Ao usar outras estatísticas, como a seleção de modelos, informar e justificar os modelos e sua escolha, bem como o relatório completo das estatísticas AIC, Wald e outros. Os autores devem declarar os números das licenças para coleta de amostras e inventários biológicos nesta seção.

**Discussão:** Uma ampla discussão das implicações ecológicas dos resultados do estudo deve ser incluída, assim como a limitação do estudo. Por favor, reitere os principais objetivos e hipóteses e destaque a conclusão principal (mensagem para levar para casa). Uma seção separada Conclusões é necessária apenas para Revisões.

**Agradecimentos:** Devem ser incluídos antes da seção da lista de referência, fonte de 8 pontos, Times New Roman, justificado, com espaçamento simples. Use esta seção para agradecer a qualquer pessoa que tenha ajudado de alguma forma que não seja por escrito, na complexidade teórica e nas conclusões de seu estudo. Por favor, enumere as fontes de financiamento (nomes completos), incluindo os números dos processos.

## 3. Referências

Os parágrafos devem ter um recuo de 0,5 cm. Encorajamos o uso de software gerenciador de bibliografia (por exemplo, *desktop Mendeley* , <http://www.mendeley.com/>). As referências devem incluir, sempre que possível, os números DOI no final da citação. O uso do número do problema entre parênteses é obrigatório. O símbolo - deve ser usado em vez de - para separar o número de páginas. Remova todos os hiperlinks.

### *Artigos*

Einstein, A. 1905. Na eletrodinâmica de corpos móveis. *Annalen Der Physik*, 17 (4), 1-26. DOI: 10.1088 / 0143-0807 / 27/4/007

Campbell, JL, & Pedersen, OK 2007. As variedades do capitalismo e sucesso híbrido. *Estudos Políticos Comparativos*, 40 (3), 307--332. DOI: 10.1177 / 0010414006286542

Watson, JD, & Crick, FHC 1953. Estrutura molecular dos ácidos nucléicos; uma estrutura para o ido nucleico de desoxirribose. *Nature*, 171 (4356), 737--738. DOI: 10.1038 / 171737a0

Accadia, T., Acernese, F., Alshourbagy, M., Amico, P., Antonucci, F., Aoudia, S., e Zhang, Z. 2012. Virgo: um interferómetro laser para detectar ondas gravitacionais. *Journal of Instrumentation*, 7 (03), P03012 - P03012. DOI: 10.1088 / 1748-0221 / 7/03 / P03012

### ***Livros***

Borges, JL 1999. Não-ficções selecionadas. E. Weinberger (Ed.), Nova Iorque: Viking: p. 559

Dunnett, N., & Kingsbury, N. 2008. Plantando telhados verdes e paredes vivas. 2ª ed. Portland, OR: Timber Press: p. 328

Hancké, B., Rhodes, M., e Thatcher, M. 2007. Além das variedades do capitalismo: conflito, contradição e complementaridade na economia européia. B. Hancké, M. Rhodes e M. Thatcher (Eds.), Oxford e New York: Oxford University Press: p. 438

### ***Capítulos de livros***

Mares, I. 2001. Empresas e o estado de bem-estar social: quando, por que e como a política social é importante para os empregadores? Em: PA Hall & D. Soskice (Eds.), Variedades do capitalismo. Os fundamentos institucionais da vantagem comparativa. pp. 184--213. Nova York: Oxford University Press.

### ***PhD. Dissertações e Dissertações***

Mestrado e Doutorado Tese pode ser citada, preferencialmente aquelas que os arquivos de formato digital estão devidamente disponíveis no banco de dados da tese home University. Nesse caso, os links da Web devem ser informados na seção Referências.

Brennand, P. G. de G. 2010. Variação geográfica do gênero *Hylaeamys* Weksler, Percequillo, Voss (2006) (Cricetidae: Sigmodontinae) na Floresta Atlântica. Master thesis. Departamento de Sistemática e Ecologia da Universidade Federal da Paraíba. p. 214.

Loretto, D. 2012. Ecologia de pequenos mamíferos arborícolas: estado do conhecimento, métodos de amostragem e estudo populacional, com ênfase no bioma da Mata Atlântica. Doctoral thesis. Departamento de Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. p. 197.

### ***Relatórios técnicos***

Ahlquist, JS, & Breunig, C. 2009. Agrupamento de países em economia política comparada. No. 9--5; p. 32. Colônia: Instituto Max-Planck para o Estudo das Sociedades. Obtido de [www.mpifg.de/pu/mpifg%7B\\_%7Ddp/dp09-5.pdf](http://www.mpifg.de/pu/mpifg%7B_%7Ddp/dp09-5.pdf). Pesquisa de CSL pelo exemplo. (nd). Obtido em 15 de dezembro de 2012, em <http://editor.citationstyles.org/searchByExample/>

Soares, M.L.G. 2002. Diagnóstico de danos causados aos manguezais da baía de Guanabara pelo derramamento de óleo ocorrido em janeiro de 2000. Relatório Técnico. Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMADS), Rio de Janeiro. p. 270.

Projeto PLANÁGUA SEMADS, & GTZ de Cooperação Técnica Brasil - Alemanha. 2001. Bacias hidrográficas e rios fluminenses - Síntese informativa por macrorregião ambiental. p. 741a. ed. SEMADS, Rio de Janeiro, RJ.

### ***Atos normativos, resoluções, regulamentos, entre outros***

Segundo a NBR 6023 ABNT, 2002 (Associação Brasileira de Normas Técnicas): "Os elementos essenciais são: jurisdição (ou cabeçalho da entidade, se for norma), título, número, data e dados de publicação. No caso das Constituições e suas emendas, entre o nome da jurisdição e o título, deve ser acrescentada a palavra Constituição, seguida pelo ano de promulgação do ano entre parênteses. "Se disponível na Internet, insira o endereço da url e a data de acesso (mês, dia, ano ).

Brasil. 1943. Decreto-lei no 5.452, de 1 de maio de 1943. Lex: coletânea de legislação: edição federal, São Paulo, Brasil.

Brasil. 2003. Presidência da República. Grupo de Trabalho Interministerial. Bases para o enfrentamento da crise emergencial das universidades federais e roteiro para a Reforma Universitária Brasileira. Brasília, DF. (Retrieved on August 11th, 2017, from <http://www.sintunesp.org.br/refuniv/GT-Interministerial%20-%20Estudo.htm>).

### ***Comunicação pessoal e dados não publicados***

A *Oecologia Australis* desencoraja os autores a usar tal referência, exceto em casos especiais, essenciais para a compreensão dos resultados e conclusões do manuscrito. Quando necessário, comunicações pessoais ou dados não publicados devem ser informados no texto apenas como segue: "[...] JD Santos (comunicação pessoal)" ou "[...] JD Santos (dados não publicados)."

### ***Software e Modelos***

A referência válida é o documento publicado que originalmente explica como usar o software ou descreve o modelo. No corpo do texto, informe a referência do artigo. Na lista de referências, inclua a referência completa seguindo o estilo já descrito acima. Exemplo: "[...] utilizamos o software SAM (Rangel *et al.* 2006)."

### ***Resumos publicados em congressos e outros tipos de encontros científicos***

Material não publicado como referência, tais como comunicações de reunião e anais de congressos, não serão aceitos.

## **4. Citações no texto**

Citações no texto da literatura devem ser citadas primeiro em ordem cronológica e depois pelo sobrenome do autor seguido do ano de publicação, por exemplo: Walstad *et al.* (1970), Odum (1983), Margulis e Sagan (2002). Use uma vírgula para separar citações diferentes, por exemplo: (Tencaten 1989, Silva & Costa 1993,

Carmo e outros 2009) e citações diferentes do mesmo autor ( *por exemplo* Wetzel 1990, 1995). Quando forem feitas referências a mais de um estudo publicado no mesmo ano pelo mesmo autor, use letras minúsculas para distingui-las ( *por exemplo*, Wetzel 1983a, 1983b).

### ***Literal Transcriptions***

Estas citações, de qualquer extensão, devem ser delimitadas por aspas duplas seguidas dos dados e da referência consultada, *ou seja* , nome (s) do (s) autor (es), ano de publicação, página. A transgressão dessa regra implica plágio. **Exemplo** : "Apesar de todas as controvérsias, os biólogos continuam a generalizar. Não apenas nos livros didáticos, mas também em periódicos especializados, generalizações e implicações biológicas são apresentadas e discutidas o tempo todo. É evidente, portanto, que as generalizações empíricas desempenham papéis importantes na pesquisa e compreensão científica do mundo biológico "(El-Hani 2006, p. 19).

### ***Transcrições indiretas***

Evite isso. No entanto, a *Oecologia Australis* pode aceitar citação indireta de material original, indisponível para consulta e essencial para as conclusões do manuscrito. Nestes casos, a palavra latina *apud* deve ser usada. Inclua apenas o estudo consultado na seção de literatura, no caso do exemplo, Gall & Crandell (2008).

**Exemplo** : "Os resultados sugerem que a distribuição atual de abelhas no Novo Mundo reflete a amplitude de nichos de subespécies originalmente introduzidas (Wales, 1939 *apud* Gall & Crandell, 2008)."

### ***Acrônimos e abreviações***

O significado de siglas deve ser informado na primeira vez em que aparecer no texto. Evite usar abreviaturas. Sempre que necessário, certifique-se de seguir o uso típico de falantes nativos. Nas legendas Tabela e Figura apresentam-se abreviadas, com siglas e abreviaturas entre parênteses. Use a abreviação " *vs.* " em itálico, o texto e figuras e tabelas, para significar *versus* .

## **5. Figuras e Tabelas**

Os autores que desejarem incluir figuras, tabelas ou passagens de texto que já tenham sido publicadas em outro local deverão obter permissão do (s) proprietário (s) dos direitos autorais e incluir provas de que essa permissão foi concedida ao enviar seus trabalhos. A referência à fonte original deve ser incluída na legenda e na lista de referências. Tabelas e Figuras devem ser rotuladas com algarismos arábicos em letras minúsculas no lado superior esquerdo da figura, negrito [exemplo: **a** ] , e em linhas de espaçamento simples. As legendas devem ser apresentadas no idioma original do artigo (fonte de 10 pontos, Times New Roman,

justificado). Tabelas e figuras de artigos escritos em português ou espanhol exigem uma segunda legenda e notas de rodapé em inglês (em itálico). As tabelas estão marcadas no topo, enquanto as figuras estão na parte inferior. As notas de acompanhamento para as tabelas devem ficar abaixo dela, usando o mesmo tamanho de fonte da tabela de origem, mas em linhas com espaçamento simples. O texto dentro dos números deve ser de 10 a 14 pontos para garantir a legibilidade. Os autores devem indicar onde as Tabelas e Figuras devem ser colocadas no texto.

Tabelas não devem exceder 16,5 x 24,0 cm; A primeira coluna deve ser justificada ou alinhada à esquerda. Use fonte de 10 pontos, Times New Roman, justificado ou centralizado para o conteúdo da tabela. Inserir tabelas no final do texto principal com o título e construí-lo usando a opção "Tabela" do processador MS Word ou qualquer aplicativo de código aberto (e não digitado "manualmente" ou colado de programas de planilha). As tabelas devem conter apenas bordas horizontais no início e no final da tabela e separar os cabeçalhos dos dados. Não use linhas verticais. É importante que as informações sejam apresentadas de forma organizada e, a esse respeito, as linhas horizontais devem ser usadas com moderação.

Não há um limite para o número de figuras, mas somente material estritamente necessário pode ser aceito. As figuras devem ser submetidas como arquivos individuais em arquivos suplementares no formato TIFF ou PNG. Figuras em formato JPEG em alta resolução ( *por exemplo* , maior que 800 x 800 pixels e 600 dpi) podem ser aceitas. Figuras não possuem margens ou linhas externas. Se a figura tiver margens ou linhas externas, os autores precisarão corrigi-las. Figuras coloridas são publicadas sem custo. Os autores devem estar cientes de que os símbolos de figura devem ser grandes o suficiente para serem legíveis após a redução do tamanho na publicação final. Se o manuscrito for aceito, os números em alta resolução serão solicitados e os arquivos deverão ser enviados por e-mail se tiverem mais de 2MB. Arquivos com mais de 20Mb não serão aceitos.

Não use frases passivas e indicativas quando consultar Tabelas e Figuras no texto. Em vez de "Como podemos ver na Figura 2, o número de [...]" use "A precipitação foi maior entre setembro e março (Figura 2)." Figuras e Tabelas devem trazer informações com dependência mínima ao texto, legendas devem ser auto-explicativas, e que a informação não deve ser, em nenhuma hipótese, descrita de forma redundante no texto.

## 6. Anexos e material suplementar

O material Suplementar não é essencial para entender o manuscrito e deve ser submetido em um arquivo separado que não será enviado aos árbitros e não será diagramado. Informações adicionais não essenciais para a compreensão do estudo, mas que tragam informações importantes ou complementares (número dos comprovantes, lista de coordenadas geográficas, etc) podem ser submetidas como Anexo ( *ex* . Anexo 1, Apêndice 2) ao final do arquivo do manuscrito.

## 7. Nomes científicos

Os nomes científicos devem ser destacados com itálico. A primeira aparição de um nome de espécie no texto deve ser seguida por nomes de ordem e família entre parênteses. Outras situações devem seguir o *Código Internacional de Nomenclatura Zoológica*(<http://iczn.org/code>) ou o *Código Internacional de Nomenclatura para Algas, Fungos e Plantas* ([http://www.iapt-taxon.org/nomen/main .php](http://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php)). Após a primeira aparição, o epíteto genérico pode ser abreviado. No início das frases, tabelas e figuras, o nome da espécie deve ser explicitado, especialmente em legendas, tornando-as independentes do corpo do texto. Não adicione o nome e o ano de autoria da espécie em texto e tabelas.

## Unidades

O formato de todos os números e unidades adotados pela *Oecologia Australis* segue o Sistema Internacional de Métricas e a Organização Brasileira de Normalização Nacional ([http://www.bipm.org/utis/common/pdf/si\\_brochure\\_8\\_en.pdf](http://www.bipm.org/utis/common/pdf/si_brochure_8_en.pdf)). Valores P são mostrados como “p”; graus de liberdade = df; tamanho da amostra = N; desvio padrão = SD. As coordenadas geográficas devem ser em graus, minutos e segundos, seguidas por *dados* (por exemplo, 22 0 11 `33,5`S, 44 0 11`33,5`W, *datum* SAD69). Por horas não use AM e PM, mas forneça horas e minutos como segue: 20:40 h; 02:31 h; 12:50 h; 14:40 h.