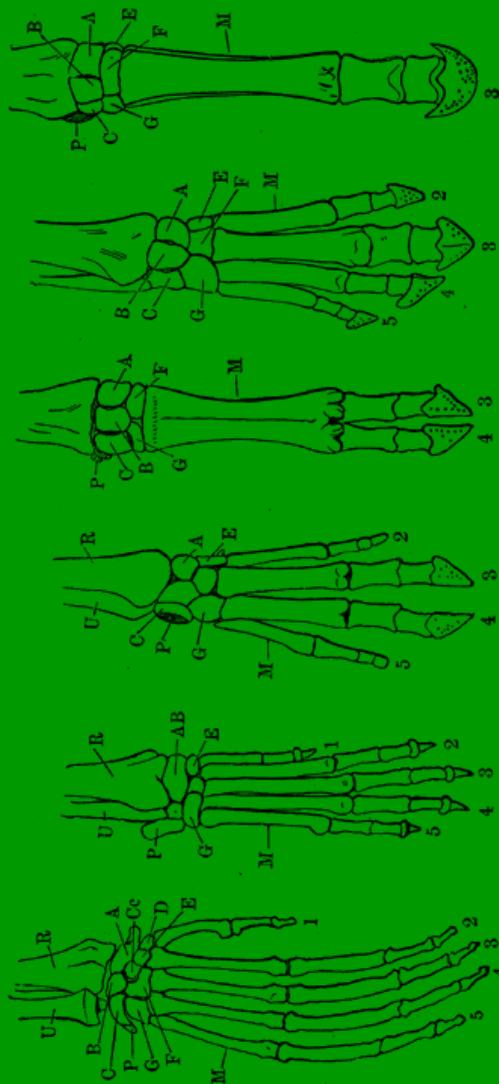


# Filosofia da Biologia

Paulo C. Abrantes  
e colaboradores



# Filosofía de la Biología

Segunda Edição

Editora do PPGFIL-UFRRJ

Núcleo de Lógica e Filosofia da Ciência

nulfc.org

**Organizador**

Paulo C. Abrantes

**FILOSOFIA DA BIOLOGIA**

2ª edição  
Seropédica, RJ  
PPGFIL-UFRRJ  
2018

## Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

**Reitor:** Ricardo Berbara

**Vice-Reitor:** Luiz Carlos Oliveira Lima

**Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação:** Alexandre Fortes

**Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Filosofia:** Affonso Henrique Vieira da Costa

### EDITORA DO PPGFIL-UFRRJ



[www.editorappgfilufrj.org](http://www.editorappgfilufrj.org)

**Editor-chefe:** Cristiane Almeida de Azevedo

**Editor adjunto:** Francisco José Dias de Moraes

### Comitê Editorial

Affonso Henrique Costa

Alessandro Bandeira Duarte

Danilo Bilate

José Nicolao Julião

Renato Valois

Walter Valdevino Oliveira Silva

### Conselho Editorial

Abilio Azambuja Rodrigues Filho (UFMG)

Antônio Augusto Passos Videira (UERJ)

Arley Ramos Moreno (Unicamp)

Domenico M. Fazio (Università del Salento – Itália)

Edgar de Brito Lyra Netto (PUC-RJ)

Eduardo Brandão (USP)

Ernani Pinheiro Chaves (UFPA)

Evandro Barbosa (UFPE)

Fernando José de Santoro Moreira (UFRJ)

Gilvan Luiz Fogel (UFRJ)

Guido Antônio de Almeida (PPGLM-UFRJ / PRO-NEX-CNPq)

Helder Buenos Aires de Carvalho (UFPI)

Julio Cesar Ramos Esteves (UENF)

Luisa Severo Buarque de Holanda (PUC-RJ)

Marco Antonio Caron Ruffino (UNICAMP)

Marco Antonio Valentim (UFPR)

Marcos Fanton (UFPE)

Maria Aparecida de Paiva Montenegro (UFCE)

Maria Lucia Mello e Oliveira Cacciola (USP)

Markus Figueira da Silva (UFRN)

Pedro Sússekind Viveiros de Castro (UFF)

Rodrigo Antonio de Paiva Duarte (UFMG)

Tiegue Vieira Rodrigues (UFMT)

Walter Gomide do Nascimento Junior (UFMT)

**Editores:** Alessandro Duarte e Robinson Guitarrari

**Revisão:** Alessandro Duarte e Robinson Guitarrari

**Diagramação:** Alessandro Duarte e Robinson Guitarrari

**Foto na capa:** Meyers Konversionlexikon (1888), retirada do wikipedia <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Handskelett\\_MK1888.png](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Handskelett_MK1888.png)>

Filosofia da biologia [recurso eletrônico] / Paulo C. Abrantes (Org.) – Seropédica, RJ: PPGFIL-UFRRJ, 2018.

662 p.

ISBN 978-85-68541-04-3

1. Filosofia da biologia. 2. Darwinismo . 3. Cultura, comportamento e evolução. 4. Evolução e desenvolvimento. I. Título. II. Abrantes, Paulo C.

ISBN 978-85-68541-04-3



Creative Commons 2018 Editora do PPGFIL - UFRRJ

Este trabalho está licenciado sob a Licença Creative Commons - Atribuição Não Comercial Sem Derivações 4.0 Internacional.

### Software Livre

Este livro foi produzido com os seguintes programas livres: L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2<sub>ε</sub> (<https://latex-project.org/ftp.html>), LyX (<https://www.lyx.org/>) e Scribus (<https://www.scribus.net/>).

## **SOBRE OS AUTORES**

### **Alejandro Rosas**

Doutor em Filosofia, Universidade de Münster, Alemanha. Professor Associado do Departamento de Filosofia da Universidade Nacional da Colômbia.

**Charbel Niño El-Hani:** Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo (USP). Professor Titular do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

### **Claudia de Alencar Serra e Sepúlveda**

Mestre e Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia (UFBA)/Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Professora do Departamento de Educação da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

### **Diogo Meyer**

Doutor em Biologia pela Universidade da Califórnia, Berkeley. Professor do Departamento de Genética e Biologia Evolutiva da Universidade de São Paulo (USP).

### **Estela Yolanda Santilli**

Mestre em Filosofia, Universidade Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. Professora titular da Universidade de Buenos Aires, Argentina. Membro da SADAF (Sociedad Argentina de Análisis Filosófico).

### **Fábio Portela Lopes de Almeida**

Doutor e Mestre em Direito e Estado pela Faculdade de Direito da Universidade de Brasília. Mestre em Filosofia pelo Departamento de Filosofia. Foi Visiting Researcher pela Harvard Law School (2013/14). É Assessor Judiciário de Ministro no Tribunal Superior do Trabalho.

### **Favio González**

Doutor em Biologia, The New York Botanical Garden – City University of New York. Pós-doutorado no Royal Botanic Gardens, Kew, Inglaterra. Professor Associado do Instituto de Ciências Naturais, Universidade Nacional da Colômbia.

### **Filipe Cavalcanti da Silva Porto**

Doutor em Ciências pelo Instituto Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). Professor no Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

**Gustavo Caponi**

Doutor em Lógica e Filosofia da Ciência pela Universidade de Campinas (UNICAMP). Professor Titular do Departamento de Filosofia da Universidade Federal de Santa Catarina.

**Jorge Martínez-Contreras**

Doutor em Filosofia, Universidade de Paris IV – Sorbonne. Professor Titular do Departamento de Filosofia da Universidade Autônoma Metropolitana- Iztapalapa, México.

**Karla Chediak**

Doutora em Filosofia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Professora Adjunta da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

**Luis Eugenio Andrade**

Químico, Universidade Nacional da Colômbia. Pós-graduação em genética molecular na Universidade Católica de Louvain, Bélgica. Professor Titular do Departamento de Biologia da Universidade Nacional da Colômbia.

**Maximiliano Martínez Bohórquez**

Professor-Investigador, Departamento de Humanidades, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)- Unidad Cuajimalpa, México.

**Natalia Pabón-Mora**

Bióloga da Universidade Nacional da Colômbia com mestrado pela City University of New York e doutorado pela City University of New York/ The New York Botanical Garden. Professora associada na Universidade de Antioquia, Medellín, Colômbia.

**Pablo Lorenzano**

Doutor em Filosofia, Freie Universität Berlin, Alemanha. Professor Titular Ordinário da Universidade Nacional de Quilmes, Argentina. Pesquisador Principal do Conselho Nacional de Investigações Científicas e Técnicas, Argentina.

**Paulo Cesar Coelho Abrantes (org.)**

Doutor em Filosofia e História das Ciências, Universidade de Paris I - Sorbonne. Pesquisador colaborador sênior da Universidade de Brasília.

**Ricardo Waizbort**

Doutor em Letras pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Especialista em Genética (UFRJ). Biólogo (UFRJ). Laboratório de Avaliação em Ensino e Filosofia das Biociências do Instituto Oswaldo Cruz – Fundação Oswaldo Cruz.

**Sergio Fernando Martínez Muñoz**

Pesquisador do Instituto de Investigações Filosóficas da Universidade Nacional Autónoma do México.

## PREFÁCIO À 1ª EDIÇÃO

Este livro busca refletir o desenvolvimento expressivo da filosofia da biologia nas últimas décadas e contribuir para o debate em torno dos principais tópicos que vêm sendo investigados. Ele foi concebido de modo a que seja um ponto de partida para os que pretendem ser introduzidos na área e possa, também, servir de apoio ao ensino de graduação e de pós-graduação. Com esse intuito, cada um dos capítulos foi escrito de maneira a oferecer os conteúdos básicos necessários para que mesmo leitores sem formação na área possam acompanhar as discussões.

Os textos aqui incluídos são originais, preparados especialmente para este livro, o que faz com que o tratamento dos assuntos reflita não somente o estado da arte, mas também os enfoques que os seus respectivos autores privilegiam atualmente. Há uma preocupação em indicar, aos que estão tendo o seu primeiro contato com a filosofia da biologia, as linhas-mestras dos programas que lidam com os tópicos aqui contemplados, em uma área que já conta com uma significativa tradição de pesquisas.

As discussões devem interessar também aos especialistas em diversas áreas: não somente aos filósofos e biólogos, mas também aos psicólogos e cientistas sociais. O espaço aqui dedicado ao confronto das diferentes abordagens hoje empregadas para tratar da evolução humana, e do papel que nela desempenha a cultura é, efetivamente, maior do que o usual para obras do gênero.

*Filosofia da biologia* é uma evidência cabal da importância que ganhou a pesquisa nessa área na América Latina, destacando-se sua qualidade e diversidade temática. Filósofos e biólogos estão aqui igualmente representados, o que retrata a colaboração profícua que vem se dando entre esses especialistas nas últimas décadas.

Este empreendimento não teria sido possível sem o apoio decidido do grupo de filósofos da biologia que se formou em um congresso ocorrido na Universidade Nacional da Colômbia, em 2006, e que passou a ser conhecido como “Grupo Bogotá de Pensamento Evolucionista”. A maioria dos membros desse grupo contribuiu para este livro, bem como intermediou a agregação de especialistas que, originalmente, não eram integrantes do mesmo. Agradecemos aos colaboradores a confiança que depositaram no organizador, e sua disponibilidade em adequar os textos de modo a que os objetivos inicialmente traçados pudessem ser alcançados.

Muitas pessoas contribuíram para esse projeto de diferentes modos: fornecendo informações, respondendo a questões técnicas de toda ordem, que surgiram nas diversas

etapas desse projeto, e participando da correção dos originais. Quero destacar, de modo especial, a ajuda de Karla Chediak, Fábio Portela L. Almeida, Charbel Niño El-Hani, Sanmya J. Salomão, Eli Vieira A. Júnior, Regina Célia de Oliveira, Jorge Martínez-Contreras, Ana Barahona e Sergio Martínez.

O organizador agradece o CNPq por uma bolsa de pesquisa que permitiu desenvolver os tópicos abordados na Introdução e no capítulo 13, bem como encontrar, em congressos, no Brasil e no exterior, vários dos colaboradores que participam deste livro.

Brasília, 25 de abril de 2010.

## PREFÁCIO À 2ª EDIÇÃO

O objetivo principal que perseguimos nesta segunda edição do livro *Filosofia da biologia* é o de colocá-lo à disposição de um público ainda mais amplo, após ter-se esgotado a primeira edição. Ele terá acesso livre na web. Além disso, os capítulos que foram escritos, originalmente, em espanhol também estão sendo publicados. Dessa forma, recuperamos, nesta edição, o projeto inicial para esta obra. As traduções desses capítulos para o português, que figuravam na primeira edição, estão agora na segunda parte do livro.

Desde a primeira edição, a área de filosofia da biologia avançou muito e novos problemas de pesquisa passaram a estar no foco dos filósofos e biólogos. Acreditamos, contudo, que apesar dos vários anos passados desde então, este livro pode continuar fornecendo uma introdução sólida e abrangente à filosofia da biologia e contribuir, desse modo, para a formação de estudantes nessa área, tanto na graduação como na pós-graduação, além de atender os interesses de um público não-acadêmico.

O livro mantém a sua característica distintiva: apoiar-se na pesquisa de qualidade realizada na América Latina. Os colaboradores de *Filosofia da Biologia* continuam desempenhando as suas atividades de pesquisa e de ensino em seus países, e muitos deles envolveram-se, desde então, com a criação da “Associação Ibero-Americana de Filosofia da Biologia” (AIFIBI), que melhorou ainda mais a institucionalização da área nos países de língua portuguesa e espanhola, incorporando o que vinha sendo feito no âmbito do “Grupo Bogotá de Pensamento Evolucionista”, a que fiz referência no prefácio à primeira edição.

Enquanto organizador do livro, quero agradecer aos colaboradores por terem dado o seu aval para publicarmos esta segunda edição em seu novo formato, continuando assim a contribuir para a pesquisa e ensino na área de filosofia da biologia com o seu conhecimento especializado nos vários tópicos aqui abordados.

As intervenções que fizemos nos textos da primeira edição foram mínimas pois não queríamos descaracterizá-la. Implementamos somente correções de caráter predominantemente formal. Os colaboradores foram, também, convidados a fazer menção às suas publicações posteriores nas quais desenvolveram as ideias expostas em seus capítulos. Não houve qualquer tentativa, entretanto, de fazer uma atualização ampla da bibliografia pertinente aos temas abordados nos vários capítulos, embora as publicações posteriores dos colaboradores possam oferecer, mesmo que indiretamente, uma

atualização parcial.

Esta nova edição não teria sido possível sem o interesse que os Profs. Robinson Guitarrari e Alessandro Bandeira Duarte, do “Núcleo de Lógica e Filosofia da Ciência” da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (NULFIC/UFRRJ), manifestaram pelo livro em várias oportunidades. Eles me forneceram o incentivo indispensável para que me decidisse por essa segunda empreitada e se ofereceram, de modo extremamente generoso, para hospedar a segunda edição de *Filosofia da biologia* na plataforma da Editora do PPGFIL-UFRRJ, além de se envolverem com entusiasmo no árduo trabalho de revisão, editoração e arte final. Os meus sinceros agradecimentos, extensivos a todos os que contribuíram, direta ou indiretamente, para esse projeto que resultou em duas edições de *Filosofia da biologia*.

Paulo C. Abrantes

Brasília, junho de 2018.

## CONTEÚDO

Prefácio à 1 <sup>a</sup> edição	iii
Prefácio à 2 <sup>a</sup> edição	v
I Capítulos	
Introdução: o que é filosofia da biologia?	2
PAULO C. ABRANTES	
1 Reduccionismo en biología: una tomografía de la relación biología-sociedad	37
SERGIO F. MARTÍNEZ	
2 Leyes y teorías en biología	60
PABLO LORENZANO	
3 Função e explicações funcionais em biologia	103
KARLA CHEDIAK	
4 El problema de <i>la especie</i> a 150 años de <i>El origen</i>	122
FAVIO GONZÁLES	
5 La clasificación biológica: de especies a genes	163
NATALIA PABÓN-MORA & FAVIO GONZÁLEZ	
6 La contingencia de los patrones de organización biológica: superando la dicotomía entre pensamiento tipológico y poblacional	194
MAXIMILIANO MARTÍNEZ & EUGENIO ANDRADE	
7 Adaptacionismo	216
CLAUDIA SEPÚLVEDA & DIOGO MEYER & CHARBEL NIÑO EL-HANI	

8	Niveles y unidades de selección: el pluralismo y sus desafíos filosóficos	257
	ESTELA SANTILLI	
9	Aproximação epistemológica à biologia evolutiva do desenvolvimento	284
	GUSTAVO CAPONI	
10	El modelo primatológico de <i>cultura</i>	303
	JORGE MARTÍNEZ-CONTRERAS	
11	Genes, seleção natural e comportamento humano: a mente adaptada da psicologia evolucionista	325
	RICARDO WAIZBORT & FILIPE CAVALCANTI DA SILVA PORTO	
12	Evolução humana: a teoria da dupla herança	352
	PAULO C. ABRANTES & FÁBIO PORTELA L. ALMEIDA	
13	Ética evolucionista: el enfoque adaptacionista de la cooperación humana	400
	ALEJANDRO ROSAS	

## II Traduções

A	Reduccionismo em biologia: uma tomografia da relação biologia-sociedade	426
	SERGIO F. MARTÍNEZ	
B	Leis e teorias em biologia	449
	PABLO LORENZANO	
C	O problema da <i>espécie</i> 150 anos depois de <i>A origem</i>	492
	FAVIO GONZÁLEZ	
D	A classificação biológica: de espécies a genes	533
	NATALIA PABÓN-MORA & FAVIO GONZÁLEZ	
E	A contingência dos padrões de organização biológica: superando a dicotomia entre pensamento tipológico e populacional	564
	MAXIMILIANO MARTÍNEZ & EUGENIO ANDRADE	
F	Níveis e unidades de seleção: o pluralismo e seus desafios filosóficos	587
	ESTELA SANTILLI	

G	O modelo primatológico de <i>cultura</i>	614
	JORGE MARTÍNEZ-CONTRERAS	
H	Ética evolucionista: o enfoque adaptacionista da cooperação humana	637
	ALEJANDRO ROSAS	

## LEIS E TEORIAS EM BIOLOGIA

Pablo Lorenzano\*

### 1 Introdução

O objetivo deste capítulo é servir como introdução às problemáticas das leis e das teorias em biologia, no contexto mais amplo da filosofia geral da ciência. Ambas as problemáticas, além disso, estão relacionadas, uma vez que se tem afirmado usualmente que a ciência em geral contém, entre outras coisas, teorias científicas e estas, por sua vez, devem conter leis. E o que vale para a ciência em geral também vale para as diversas disciplinas em particular. Assim, a biologia, como disciplina científica empírica, contém, entre outras coisas, teorias, as quais, por sua vez, incluem leis. Contudo, alguns têm argumentado que isso traz dificuldades para a biologia, uma vez que a biologia, afirmam eles, não possui leis genuínas. Diante desse tipo de argumentação, encontramos duas reações diferentes: de um lado, estão aqueles que concluem que a biologia também não possui teorias genuínas, ou vão além disso e defendem que a biologia não é uma verdadeira ciência ou bem que é uma ciência de qualidade inferior, tomando como referência aquelas que possuem leis e teorias, como a física e, talvez, a química. Do outro lado estão aqueles que parecem dispostos a sustentar que ou bem não há leis nas teorias biológicas — e que, eventualmente, isso não representaria nenhum problema, dado que as teorias em geral não precisam conter leis ou, pelo menos, que as teorias da biologia constituem um tipo especial e não precisam conter leis — ou bem dizem que

\* Este trabalho foi realizado com a ajuda dos projetos de investigação PICTR2006 N° 2007, PICT2007 N° 1558 e PICT2014 N° 1741 da Agência Nacional de Promoção Científica e Tecnológica da Argentina) e FFI2008-01580 e FFI2009-08828 do Ministério de Ciência e Inovação (Espanha) e FFI2012-37354/CONSOLIDER INGENIO CSD2009-0056 e FFI2013-41415-P do Ministério da Economia e Competitividade (Espanha).

sim existem leis na biologia, só que a expressão “lei”, neste caso, tem um significado diferente do habitual. Neste trabalho, tentaremos mostrar a possibilidade de contar com um enfoque filosófico unificado das teorias e das leis da ciência em geral, e da biologia em particular, que nos permita sustentar que nem as leis nem as teorias da biologia são peculiares, ou diferentes, das que podemos encontrar em disciplinas tais como a física ou a química, e que a biologia, considerada como uma disciplina científica, também não é de qualidade inferior se comparada a essas outras disciplinas. Faremos isso à luz da aplicação do estruturalismo metateórico e do seu conceito de lei fundamental à análise da teoria *genética clássica de populações* e àquela que poderia ser considerada sua lei fundamental, a *lei de concordância populacional*.

## 2 A concepção clássica das teorias

No período que vai do fim de 1920 até o final de 1950, a filosofia da ciência iniciada em Viena no âmbito do que, a partir de 1929, passaria a ser denominado oficialmente *Círculo de Viena*<sup>1</sup> — e continuada principalmente nos Estados Unidos, após a chegada nesse país dos principais filósofos centro-europeus da ciência —, instaura-se como a corrente principal nessa área.<sup>2</sup> Durante esse período, momento ou fase — denominada “clássica” —, a filosofia da ciência esteve marcada não por uma única concepção, mas por um conjunto de problemas, posições e pressupostos que tinham um ar em comum.

Um dos problemas centrais da fase clássica foi a elucidação do conceito de teoria empírica. Poder-se-ia dizer que embora todos os filósofos pertencentes a essa fase considerassem as *teorias* como *conjuntos de enunciados organizados dedutiva ou axiomáticamente*, nem todos concordavam quanto ao modo específico em que isso devia ser compreendido e especificado. Essa concepção é conhecida com o nome de *concepção clássica* — *herdada, padrão, recebida, ortodoxa, tradicional, enunciativa* ou *sintática* — das teorias científicas, e tem sido defendida por diversos autores. Sua versão mais madura e elaborada, fruto de diferentes análises, críticas e sucessivas tentativas de superá-las, podemos encontrá-la, contudo, em Rudolf Carnap (1956, 1966). De acordo com ela, as teorias científicas particulares podem apresentar-se sob a forma de um *sistema interpretado* que consta de:

- a) um sistema axiomático e
- b) um sistema de regras semânticas para sua interpretação.

No caso de uma teoria particular, as leis dessa teoria (aquelas leis que não se deduzem de outras e que costumam ser denominadas “fundamentais”) são os *axiomas*, os enunciados básicos primitivos da teoria. Estes enunciados constituem o que geralmente se

<sup>1</sup> Ver Carnap, Hahn & Neurath (1929).

<sup>2</sup> Para as vicissitudes pelas quais atravessou a filosofia da ciência dos imigrantes centro-europeus nos Estados Unidos durante a Guerra Fria, ver Reisch (2005).

denomina *sistema axiomático*. Deles são deduzidas, como teoremas, o resto das afirmações teóricas. Quanto aos seus termos, um sistema axiomático contém, além de termos lógico-matemáticos, termos descritivos, com os quais se formulam os axiomas e que são os chamados *termos teóricos* primitivos do sistema. Às vezes, podem ser introduzidos termos teóricos adicionais por meio de definições, com cuja ajuda alguns teoremas são abreviados; mas os termos definidos são *elimináveis*, por serem meras abreviações notacionais.

Ao adotar o enfoque anterior no problema de oferecer os fundamentos axiomáticos das teorias científicas, para revelar assim sua *estrutura interna*, a questão da *interpretação* surge de uma forma direta e natural, dado que na formalização se abstrai o conteúdo dos termos que formam o sistema. Com a finalidade de resolver essa questão é preciso atribuir *regras semânticas*, em primeiro lugar aos signos, constantes ou termos lógicos do vocabulário lógico *VL* (que estabelecem para cada um deles as condições de verdade dos enunciados construídos com sua ajuda) e, posteriormente, para os signos, constantes ou termos específicos, próprios do sistema axiomático e que — como já vimos — são conhecidos com o nome de *termos teóricos* e formam o vocabulário descritivo teórico *VT*. Este segundo passo é necessário se a teoria é empírica e não meramente matemático-formal, uma vez que deve haver uma ligação dos termos teóricos, introduzidos pelo cálculo axiomático, com a experiência ou com situações empíricas. Esta ligação é feita por meio de certos enunciados que vinculam alguns, mas não necessariamente todos os termos teóricos (por exemplo, “temperatura”), com termos descritivos de outro tipo, denominados *observacionais*, que formam o vocabulário observacional *VO* (por exemplo, “subir” ou “líquido”). Os termos observacionais recebem uma interpretação empírica completa mediante regras semânticas de designação e se referem ao que é observável seja diretamente ou, por meio de técnicas relativamente simples. Estes enunciados mistos que, além dos axiomas, também fazem parte da teoria, são denominados *regras de correspondência C*, por exemplo, “ao aumentar a temperatura a coluna de líquido sobe”. Por meio das regras de correspondência é proporcionada uma interpretação empírica (observacional), embora parcial e indireta, aos termos do formalismo axiomático abstrato que, assim, adquirem conteúdo empírico. Dessa forma, a teoria, ou cálculo interpretado, consiste na conjunção de todos os axiomas e de todas as regras de correspondência *T & C*.

Essa concepção, que surge fundamentalmente a partir da reflexão dos filósofos clássicos sobre a física, instaura-se como uma metateoria geral, ou seja, como uma teoria filosófica sobre as teorias científicas em geral, e não apenas sobre as de uma disciplina particular. Mas, paradoxalmente, essa concepção, que contava com escassos exemplos concretos de análise de teorias substantivas que a sustentassem, mesmo no campo da física, deu contudo lugar, no campo da biologia, a propostas de axiomatização de teorias específicas. Seu principal representante em filosofia da biologia, durante a fase que vai do final dos anos vinte até o final dos anos cinquenta, foi J.H. Woodger, que

tentou aplicá-la à análise de teorias biológicas específicas, em especial à genética clássica (WOODGER, 1937, 1939, 1952, 1959).<sup>3</sup> Posteriormente, contudo, uma série de filósofos da ciência criticaram as propostas de Woodger, tanto no que se refere ao seu enfoque geral quanto pelo modo particular com que as desenvolveu, apesar de que também foram adotadas por Kyburg (1968), Lindenmayer e Simon (1980) e Rizzotti e Zanardo (1986).<sup>4</sup> Outros autores também tentaram aplicar a concepção clássica das teorias à biologia evolutiva (RUSE, 1973, talvez WILLIAMS, 1970), assim como, frente a críticas e objeções, também defenderam sua aplicabilidade nesse âmbito (ROSENBERG, 1985).

Contudo, não apenas se tem discutido sobre a adequação da concepção clássica para a análise das teorias biológicas em particular, mas também para as teorias científicas em geral. De fato, a concepção clássica das teorias foi submetida, já a partir do fim dos anos cinquenta, a uma série de críticas que levaram a duvidar de sua adequação, justificando e motivando o desenvolvimento de alternativas, em especial da grande alternativa à concepção clássica, e sua sucessora: a denominada “concepção semântica das teorias científicas”, da qual falaremos mais adiante.<sup>5</sup>

### 3 O conceito clássico de lei

Como já vimos, de acordo com a concepção clássica das teorias, as leis são um componente essencial delas: constituem os axiomas por meio dos quais elas são representadas metateoricamente. Além disso, supõe-se que as leis desempenham um papel central em uma das atividades que os cientistas costumam desenvolver, a de proporcionar explicações, pelo menos segundo a análise da explicação científica conhecida como “modelo de cobertura legal inferencial”, que está indissoluvelmente ligado ao nome e à obra de Carl G. Hempel (1942, 1965, HEMPEL; OPPENHEIM, 1948). Desde seu surgimento, na década de 1940, até meados dos anos 60, este modelo foi aceito quase sem discussão pela comunidade filosófica (STEGMÜLLER, 1983; SALMON, 1989) e tem sido um ponto de referência obrigatório para as propostas de análises alternativas e/ou complementares (como as de *relevância estatística*, *pragmática*, *causal* e de *unificação teórica*), desenvolvidas a partir de então. De acordo com Hempel, explicar um fato (seja ele particular ou geral) consiste em poder inferir o enunciado que o descreve (conhecido como *explanandum*) como conclusão de um argumento no qual as premissas (ou *explanans*) contêm essencialmente pelo menos uma lei. Devido à importância, então, das leis — seja como componentes essenciais das teorias ou do *explanans* nas explicações —, durante a

<sup>3</sup> Para exemplos de análises dentro da concepção clássica de teorias científicas, pertencentes tanto às ciências formais como às empíricas, ver Carnap (1958), que inclui alguns dos resultados de Woodger (1937).

<sup>4</sup> Para uma apresentação e crítica dessas ideias, ver Lorenzano (1995).

<sup>5</sup> Para uma exposição e discussão das críticas à concepção clássica das teorias, ver, entre outros, Stegmüller (1970), Suppe (1974a), Díez & Lorenzano (2002a).

fase clássica também foram realizados esforços para elucidar a noção metacientífica de lei.

Seguindo uma estratégia adotada por Nelson Goodman (1947), Hempel & Oppenheim (1948) tentam elucidar o conceito de *lei* (fundamental) a partir da noção mais ampla de *enunciado legiforme*. Supõe-se que uma das características que devem satisfazer os enunciados de leis é serem verdadeiros. Os enunciados legiformes, por sua vez, possuem todas as características dos enunciados de leis, com a possível exceção da verdade. Assim, todo enunciado de lei (fundamental) é um enunciado legiforme (fundamental), enquanto nem todos os enunciados legiformes (fundamentais) são (enunciados de) leis (fundamentais). De maneira informal, um enunciado legiforme (fundamental) possui as seguintes características:

- (1) tem forma universal, ou seja, é um enunciado geral que somente contém quantificadores universais, por exemplo do tipo  $(x)(Fx \rightarrow Gx)$ ;
- (2) seu alcance é ilimitado, isto é, aplica-se a todo tempo e espaço; isso estaria garantido caso o universo de discurso, i.e. o domínio de objetos cobertos pelos quantificadores (ou intervalo das variáveis individuais), consistisse de todos os objetos físicos do universo ou de todas as localizações espaço-temporais;
- (3) não contém designações de objetos particulares, i.e. não se refere explicitamente a objetos particulares, sendo, assim, proibido o uso de nomes próprios;
- (4) contém apenas termos gerais, ou seja, somente é permitida, em sua formulação, a utilização de predicados que não se referem implicitamente a nenhum objeto particular ou a nomes próprios e nem a nenhuma localização espacotemporal.

Enquanto a condição (1) pretende capturar a intuição de que as leis (fundamentais) devem ser leis gerais, estabelecendo uma condição ou critério de caráter sintático (relativo à forma lógica dos enunciados de lei), as condições (2), (3) e (4) são condições ou critérios de caráter semântico (relativos ao âmbito de aplicação das leis) projetados basicamente para excluir como acidentais aquelas generalizações universais cujas variáveis não percorrem o universo inteiro ou que contêm referência, explícita ou implícita, a particulares. Todas elas, incluída a condição de verdade antes mencionada, foram consideradas problemáticas. A seguir, assinalaremos brevemente suas dificuldades e discutiremos tentativas para superá-las, para dedicar, depois, alguns parágrafos à diferença entre “leis naturais” ou “da natureza”, por um lado, e “leis científicas” ou “da ciência”, por outro, assim como também às diferentes posturas gerais que têm sido sustentadas sobre a natureza das leis, localizando nelas a análise clássica de corte hempeliano.

Para começar com a discussão dos diferentes critérios oferecidos, a condição de verdade dificilmente pode ser interpretada de maneira plausível, seja como condição suficiente ou como condição necessária, mesmo sem considerar que as leis contêm

diversas *idealizações* que fazem com que somente sejam válidas de maneira *aproximada* (esses traços de idealização e aproximação, por outro lado, estão presentes nos diversos níveis da conceitualização científica: nos dados empíricos, nas hipóteses, nas leis e nas teorias). A verdade não é uma condição suficiente para que um enunciado seja considerado uma lei, devido a que — independente da problemática, *predicação ou justificação da verdade* de qualquer enunciado empírico, ou de sua mera *aceitação “como se fosse verdadeiro”* — há uma enorme quantidade de enunciados que são verdadeiros ou são aceitos como tais, mas que ninguém consideraria leis, como o seguinte enunciado: “este é um texto pertencente a uma antologia dedicada à filosofia da biologia”. Por outro lado, a verdade também não parece ser uma condição necessária, uma vez que há certo número de enunciados na história da ciência que foram, em sentido estrito, considerados refutados ou falseados, mas que não se pode duvidar que sejam leis, como as chamadas “leis de Newton”, ou as leis da mecânica clássica.

A condição (1) — “de universalidade” — estabelece que os enunciados de leis e, mais especificamente, os enunciados legiformes, devem ter a *forma sintática de enunciados universais*, i.e. serem *generalizações ou enunciados gerais que contêm apenas quantificadores universais*, tendo a forma canônica padrão de *enunciados condicionais quantificados universalmente*. Utilizando-se os recursos proporcionados pela lógica, os enunciados dessa forma costumam ser simbolizados como  $(x)(Fx \rightarrow Gx)$  (onde o primeiro par de parênteses simboliza o quantificador universal, que se lê “para todo” ou “dado qualquer”, e  $x$  é uma variável, ou letra esquemática que pode ser substituída por (nomes de) objetos do domínio, ou que está em lugar deles. Esta não deveria ser considerada uma condição *suficiente* para ser uma lei, contudo, uma vez que há enunciados que possuem esta forma e que dificilmente podem ser considerados leis. É o caso daquelas *generalizações* que, para diferenciá-las das que constituem leis, são chamadas “*generalizações acidentais*”. Consideremos o seguinte exemplo clássico: “Todas as moedas em meu bolso são de prata”. Este enunciado tem a forma universal exigida para as leis: “para todo objeto em meu bolso, se é uma moeda, então é de prata”, mas não é uma lei — uma vez que se aplica somente às moedas em meu bolso, onde, por outro lado, poderia haver moedas de outro material —, mas uma *generalização acidental*. Mas se a condição de universalidade não é uma condição suficiente para ser uma lei, parece ser pelo menos uma condição *necessária*. Contudo, tanto este quanto qualquer outro *critério sintático* enfrenta o problema colocado pela existência de enunciados logicamente equivalentes aos enunciados em consideração, mas que possuem, em geral, uma forma lógica diferente. Nesse caso particular, é preciso considerar a existência de enunciados que são logicamente equivalentes aos enunciados de forma universal, mas que possuem uma forma lógica diferente da canônica padrão dos enunciados de lei, seja sem afetar a universalidade (por exemplo,  $(x)(\neg Fx \vee Gx)$ ), seja afetando-a (por exemplo,  $(\exists x)Fx \rightarrow (\exists x)Gx$ ), onde ‘ $\exists$ ’ simboliza o “quantificador existencial” e lê-se: “há”, “existe” ou “para alguns”. Como tentativa de solucionar esta dificuldade surgiu a proposta de

reformular a condição de universalidade da seguinte maneira: ou bem as próprias leis são enunciados universais, ou bem, referindo-se a equivalências lógicas, considera-se, como uma primeira possibilidade, que todos os enunciados logicamente equivalentes a elas devem ser universais ou, como uma segunda possibilidade, que as leis devem ser enunciados logicamente equivalentes a um enunciado universal.

Para poder distinguir as generalizações que são leis das generalizações *acidentais*, são adicionadas ao critério sintático, proporcionado pela condição de universalidade, considerações *semânticas* relativas ao *âmbito de aplicação* das leis. Deste modo, de um enunciado de lei não apenas se exige que seja um enunciado universal (ou que todas as suas equivalências lógicas sejam universais, ou que seja equivalente a um que sim é universal), mas exige-se que também seja “estritamente” universal. Isso que significa que o âmbito de aplicação das leis deve ser *ilimitado* — i.e., que as leis devem ser aplicadas em todo tempo e lugar (condição 2) —, ou pelo menos *irrestrito* — i.e. que seu âmbito de aplicação não seja restrito a uma região espaçotemporal determinada (condição 2 modificada; NAGEL, 1961) —, sem qualquer referência explícita (condição 3) ou implícita (condição 4) a objetos particulares, lugares ou momentos específicos, proibindo o uso de nomes próprios ou de uma referência tácita a nomes próprios, objetos particulares ou localizações espaço-temporais e somente permitindo, portanto, a utilização de predicados “puramente universais em caráter” (segundo a terminologia de POPPER, 1935), também chamados por Hempel “puramente qualitativos” (HEMPEL; OPPENHEIM, 1948, modificando a proposta de CARNAP, 1947).

Contudo, estas condições também não estão livres de dificuldades. Por um lado, parecem ser demasiadamente fracas, aceitando como leis enunciados universalmente irrestritos que não constituem leis e, por outro, demasiadamente fortes, excluindo leis claramente aceitáveis. Com relação ao primeiro ponto, basta considerar que de acordo com as condições estabelecidas, enunciados como o seguinte contariam como lei: “Todo diamante tem uma massa menor que 100.000 kg”. Quanto ao segundo ponto, as leis de algumas teorias cosmológicas efetivamente só são aplicáveis à totalidade do universo e do espaço-tempo, assim como as leis da “grande teoria unificada” (“*grand unification theory*”) ou as da “teoria de tudo” (“*theory of everything*”), em caso de existir, — que unificariam as duas teorias físicas mais importantes: a relatividade e a quântica — ou, talvez, as leis da “teoria das cordas” ou “das supercordas” (“*string theory*” ou “*superstring theory*”). Entretanto, esta situação não é a habitual: na verdade, as leis normalmente são aplicadas a sistemas parciais e bem delimitados e não a um único sistema “cósmico”; algumas, inclusive, envolvem de modo essencial regiões espaço-temporais particulares (por exemplo, as leis da geologia que somente seriam válidas na terra, ou as leis que se referem aos primeiros minutos do universo) ou contêm nomes próprios que fazem referência a objetos particulares (como a anteriormente mencionada segunda lei de Kepler, na qual se menciona explicitamente o sol). Além disso, e em geral, esses critérios (especialmente a condição (2), seja na sua versão original ou na modificada) dependem,

por um lado, da verdade de uma hipótese empírica, a saber: a hipótese da *infinitude do universo*, cuja plausibilidade tem sido questionada. Por outro lado, dependem do conceito intuitivo, e nunca bem explicitado durante a fase clássica da filosofia da ciência, de *campo*, *âmbito* ou *domínio de aplicação*, que não é simples de tornar preciso.

Como uma tentativa de salvar esses critérios, durante essa fase clássica foi proposto que se diferencie entre dois tipos de leis genuínas: de um lado, leis de alcance ilimitado, irrestrito ou *fundamentais* e, de outro, leis de alcance limitado, restrito ou *derivadas* (HEMPEL; OPPENHEIM, 1948, a partir de REICHENBACH, 1947). Segundo esta proposta de análise, leis como as de Kepler — de alcance limitado ou restrito — seriam *derivadas* ou poderiam ser deduzidas logicamente de leis fundamentais — de alcance ilimitado ou irrestrito — como as de Newton. Contra essa proposta seria possível mencionar razões tanto históricas quanto sistemáticas. Com relação às históricas, seria preciso mencionar que Kepler propôs suas leis, e elas foram consideradas como tais e não simplesmente como leis derivadas, antes de que Newton propusesse as suas, i.e. antes de que existissem as leis das quais supostamente elas derivariam. No que se refere às razões sistemáticas, seria preciso considerar que as denominadas “leis derivadas” na verdade *não são derivadas* ou *deduzidas literalmente* das leis fundamentais — pelo menos não *apenas* delas sem considerar algumas premissas adicionais —, ou não são assim de um modo *exato*. Contudo, embora a conceitualização (e, por conseguinte, a terminologia) específica proposta não esteja livre de dificuldades, veremos mais adiante a plausibilidade da ideia de identificar leis com diferentes graus de generalidade dentro da mesma teoria.

Por outro lado, aquilo que Hempel e Oppenheim (1948) reconheceram que “o problema de uma definição adequada dos predicados puramente qualitativos permanece em aberto” (p. 157) não perdeu vigência ainda hoje, e a mesma coisa vale para aqueles predicados que cumpririam uma função similar, como os que Goodman denomina “projetáveis” (GOODMAN, 1955, p. 86), ou para outras propostas de distinguir os autênticos enunciados de leis das generalizações acidentais, como a capacidade de dar apoio a *enunciados contrários-aos-fatos* (CHISHOLM, 1946) ou *contrafáticos* (GOODMAN, 1947), ou ainda a *inferências contrafáticas*. Os enunciados contrários-aos-fatos ou contrafáticos são enunciados condicionais cujo antecedente é falso, mas que nos dizem o que *poderia* ter ocorrido, o que *ocorreria*, se houvessem sido dadas certas condições; ou quais tendências, faculdades ou potencialidades *poderiam* manifestar um objeto em ambientes adequados. As leis devem dizer o que ocorreria caso se cumprissem as condições antecedentes que, de fato, não se cumprem, ou dar apoio a *enunciados modais* — sobre a *necessidade*, *possibilidade* e *impossibilidade física, natural* ou *nômica*, diferentemente da *necessidade*, *possibilidade* e *impossibilidade lógica*. Ou ainda, as leis devem possuir *conteúdo modal* — delineando o que é *física, natural* ou *nomicamente* (e não, como dissemos, logicamente) *necessário*, *possível* ou *impossível*. O problema principal dessas últimas propostas está na dificuldade de proporcionar uma análise satisfatória, e independente, das noções de dar

apoio a enunciados contrafáticos e/ou modais; em particular, estes últimos correm sério risco de tornar-se circulares, uma vez que a razão pela qual podemos dar apoio a um enunciado contrafático é que podemos inferi-lo de uma lei da natureza, na medida em que consideramos que algo é física, natural ou nomicamente impossível porque viola uma lei da natureza, e consideramos que algo é física, natural ou nomicamente possível porque não viola uma lei da natureza.

### 3.1 Leis naturais (ou da natureza) e leis científicas (ou da ciência)

Na literatura científica e filosófica muitas vezes se fala não só de *leis*, mas também de leis *naturais*, ou da *natureza*, por um lado, e de leis *científicas*, ou da *ciência*, por outro. Essas expressões, além disso, costumam ser utilizadas como se as que pertencem a um par fossem intercambiáveis pelas que pertencem ao outro, i.e., como se fossem sinônimas ou possuíssem o mesmo significado. Contudo, nós consideramos conveniente distinguir o primeiro dos pares do segundo deles, uma vez que correspondem a enfoques ou perspectivas diferentes (ver, por exemplo, WEINERT, 1995a): o primeiro a um enfoque de tipo *ontológico* — correspondente a como são as próprias coisas —, e o segundo a um de tipo *epistemológico* — centrado naquilo que conhecemos. Assim, embora essas expressões se refiram a regularidades, “leis naturais” e “leis da natureza” (expressões que têm uma longa história que remete há um tempo em que as pessoas pensavam a natureza como obedecendo as leis de seu Criador de um modo similar a como os indivíduos obedeciam as leis impostas por seu monarca), referem-se àquelas *regularidades empíricas que governam o mundo natural que nos rodeia, independente de se os seres inteligentes possuem ou não conhecimento dessas regularidades ou de se foi desenvolvida uma representação linguística apropriada ou não* para pelo menos algumas dessas regularidades. As “leis científicas” e “leis da ciência”, por sua vez, referem-se àquelas *regularidades do mundo natural que são conhecidas por nós e que foram colocadas em apropriadas formas linguísticas (enunciados)*. Outro modo de colocar a relação existente entre leis naturais (ou da natureza) e leis científicas (ou da ciência) é considerar estas últimas como as próprias *formulações linguísticas*, enunciadas, afirmadas ou asseveradas pelos cientistas em um momento determinado; e considerar as leis naturais (ou da natureza) como os fatos *referidos* ou proposições *expressas* por aquelas. Alguns filósofos sustentam que um tratamento filosófico das leis deve ser dado somente para as leis da natureza, e não para as leis da ciência. Outros, por sua vez, consideram mais apropriado referir-se às leis da ciência e não (apenas) às leis da natureza, devido a que, em todo caso, as leis da ciência proporcionariam importantes chaves para a compreensão do que é uma lei da natureza.

### 3.2 A natureza das leis

Na discussão sobre a natureza das leis são dirimidas questões filosóficas globais substantivas muito problemáticas, como as do realismo, da modalidade, dos univer-

sais, da relação entre epistemologia e metafísica etc. A seguir será apresentada uma caracterização muito geral das principais alternativas.<sup>6</sup> Em geral, é possível distinguir três tipos de análise das leis: a *dos regularistas humeanos*, a *dos regularistas realistas* e a *dos necessitaristas* (ou também *universalistas*). Ninguém nega, a princípio, a diferença entre regularidades acidentais e nômicas: todos pretendem dar conta dessa diferença; a questão está nos termos em que fazem isso. As concepções regularistas analisam as leis como regularidades (verdadeiras) de certo tipo (as quais têm as propriedades que vimos no final da seção 3 e que distinguem as regularidades nômicas das acidentais). Os regularistas *humeanos* (devido a que Hume, 1739-1740, 1748, foi o primeiro defensor explícito dessa concepção) afirmam que *não há necessidades na natureza*; se houvesse, em todo caso, seriam *projetadas* por nós (por meio do nosso conhecimento, da ciência, etc.; GOODMAN, 1955; AYER, 1956; MACKIE, 1966). Os regularistas *realistas*, por sua vez, supõem a aceitação de algum tipo de necessidade ou modalidade na natureza, independente do nosso conhecimento (LEWIS, 1973, 1983). Os *universalistas*, por outro lado, compartilham com os regularistas realistas seu rechaço a Hume: para eles, a necessidade nômica descansa em algum tipo de distinção objetiva que não é projetada, que “está na natureza”. Mas diferenciam-se deles por rejeitarem a ideia de que as leis são generalizações. De acordo com eles, as leis não são generalizações, mas consistem, na verdade, em *relações singulares* entre universais ou propriedades naturais (DRETSKE, 1977; TOOLEY, 1977; ARMSTRONG, 1983). Nenhuma das análises propostas — sejam elas *regularistas* ou *necessitaristas* — é completamente livre de objeções e dificuldades, e atualmente ainda se discute a respeito. De qualquer modo, se quiséssemos localizar nestas análises a elucidação clássica do conceito de lei científica (fundamental), diríamos que a proposta de Hempel (e Oppenheim) caracteriza-se por tentar defender, de algum modo, as regularidades humeanas, sem apelar, contudo, para elementos psicológicos ou epistêmicos. Segundo vimos, Hempel pretende caracterizar as leis considerando os próprios enunciados gerais, e não aquilo que eles expressam, como certo tipo de regularidades, sem recorrer a uma suposta necessidade na natureza, e tampouco, explicitamente, a condições epistêmicas, impondo apenas condições sintáticas e semânticas. Embora, deste modo, Hempel não pareça poder distinguir de maneira plenamente satisfatória as generalizações que são leis (ou regularidades nômicas) das acidentais.

### 3.3 Leis em biologia

Uma vez exposto, e discutido de um modo geral, o *conceito clássico de lei*, apresentaremos aqui as *críticas* que já foram feitas à *ideia de que em biologia encontramos leis* nesse sentido e duas *reações* provocadas por tais argumentos.

<sup>6</sup> Para um estudo mais detalhado, consultar Armstrong (1983) e van Fraassen (1989). Ver também este último, Cartwright (1983, 2005) e Giere (1995) para posturas céticas sobre qualquer noção de lei.

### 3.3.1 Argumentos contra a existência de leis em biologia

#### 3.3.1.1 Smart e a universalidade

A argumentação de Smart (1963) consta dos seguintes passos. Primeiro, faz uma caracterização de um conceito que ele denomina “lei em sentido estrito”, que se assume como aplicável às leis da física e da química. Depois, analisa o que normalmente é apresentado, em biologia, como exemplos de leis em função de se possuem as mesmas características que as leis das disciplinas anteriormente mencionadas. Finalmente, conclui que em biologia não há leis (“em sentido estrito”), mas, no máximo, generalizações (empíricas, que não constituem leis), devido a que os exemplos por ele investigados de supostas leis biológicas não compartilham tais características.

Smart caracteriza o conceito de lei em sentido estrito de um modo que corresponde basicamente à elucidação clássica do conceito de *lei fundamental* apresentada na seção anterior: *leis em sentido estrito* são proposições “universais, no sentido de que se supõe que se aplicam a todo tempo e espaço e que podem ser expressas em perfeitos termos gerais, sem fazer uso de nomes próprios ou de uma referência tácita a nomes próprios” (SMART, 1963, p. 53).

Para investigar se na biologia há proposições que cumprem essa caracterização e que podem, então, ser chamadas “leis em sentido estrito” (ou fundamentais), Smart propõe analisar o que em biologia geralmente é apresentado como exemplos de leis, como as denominadas “leis de Mendel”. Convida a considerar primeiro a seguinte proposição que, diz ele, é uma proposição que obviamente pertence à história natural: “os ratos albinos sempre se reproduzem puros”. Desta proposição afirma que, apesar de ser geral no sentido lógico, não é uma lei em sentido estrito, uma vez que traz a referência implícita a uma entidade particular, ou seja, a Terra, dado que o termo “ratos” denota uma espécie determinada de animal, cuja definição requer uma referência ao nosso planeta (SMART, 1963, p. 53-54). Ainda que — prossegue Smart (1963, p. 54) — redefinamos o termo “rato” sem fazer referência à Terra, mas por meio de uma série de propriedades  $A_1, A_2, \dots, A_n$  somente possuídas por ratos entre os animais deste planeta, é muito provável que seja falsa a proposição de que todos os que possuam essas propriedades e sejam albinos também se reproduzam puros. Em algum planeta pertencente a uma estrela remota poderia haver uma espécie de animal com tais propriedades, que sejam albinos, mas que não se reproduzam puros. Nesse caso, tal proposição não mais seria universalmente verdadeira e, portanto, não teria um alcance ilimitado e disso concluiríamos que não estamos diante de uma lei em sentido estrito (ou fundamental).

Se dirigimos depois nossa atenção às consideradas leis da genética, como as denominadas “leis de Mendel”, ocorre não só que não temos nenhuma certeza de sua validade fora do restrito âmbito espacial da Terra, mas que mesmo aqui em nosso planeta encontramos exceções. Segundo Smart, nem sequer as populações terrestres segregam

perfeitamente de acordo com a denominada “lei da segregação de Mendel” e isto “por uma infinidade de razões, das quais a mais importante é o fenômeno de *crossing-over*” (SMART, 1963, p. 55-56). A lei da segregação de Mendel, suposta lei fundamental da genética, não é, portanto, uma lei em sentido estrito.

### 3.3.1.2 Beatty e a necessidade

Outro argumento contra a existência de leis em biologia, muito discutido nos últimos tempos, está baseado na chamada “tese da contingência evolutiva” e pressupõe uma análise modal do conceito de lei (“lei natural” ou “lei da natureza”) em termos de necessidade nômica ou natural. Segundo essa análise, para que um enunciado seja considerado como lei ele deveria expressar algo mais do que uma regularidade verdadeira isto é, não basta ser, além de universal, verdadeiro contingentemente, mas deve possuir necessidade natural (ou nômica). Contudo, sustenta Beatty (1981, 1987, 1995, 1997), as generalizações do mundo vivo são de dois tipos: ou “são apenas generalizações matemáticas, físicas ou químicas (ou consequências dedutivas de generalizações matemáticas, físicas ou químicas, acrescidas de condições iniciais)” (BEATTY, 1995, p. 46), ou são “generalizações claramente biológicas” (BEATTY, 1995, p. 47). Se são generalizações do primeiro tipo, não podem ser consideradas leis da biologia; e se são do segundo tipo, descrevem resultados contingentes da evolução e, desse modo, carecem de *necessidade natural* ou *nômica* e, portanto, não deveriam ser consideradas leis da natureza.

Beatty — por meio da elaboração de uma tese defendida por Gould (1989) — diferencia dois sentidos de “contingência” evolutiva, ou seja, dois sentidos nos quais os agentes da evolução podem quebrar as regras, assim como fazê-las, e nos quais a natureza *fails to necessitate* a verdade das generalizações biológicas:

- a) o sentido mais fraco — que Carrier (1995) denomina “contingência simples” —, concernente à dependência das generalizações biológicas das circunstâncias em geral; nesse sentido fraco, “as condições que levam à predominância evolutiva de um traço determinado dentro de um grupo particular podem mudar de forma tal que se reduz a predominância do traço” (BEATTY, 1995, p. 53). A contingência simples resulta de fontes como a mutação, a seleção natural em ambientes mutáveis e a deriva ao acaso das frequências gênicas em populações pequenas e/ou entre genótipos relativamente equivalentes, entre outras.
- b) o sentido mais forte — denominada “contingência de alto nível” por Carrier (1995) — concernente à falha das circunstâncias em determinar de maneira inequívoca o resultado, segundo o qual todas as generalizações descrevem estados de coisas “contingentes”, uma vez que a “evolução pode levar a resultados diferentes a partir do mesmo ponto inicial, mesmo quando estão operando as mesmas pressões seletivas” (BEATTY, 1995, p. 57). Isso é devido a diversas razões, entre as quais

estão a chamada mutação “ao acaso” ou “*random*” (a probabilidade de ocorrência de uma mutação não é de modo algum proporcional à vantagem que ela confere), a “equivalência funcional” (há muitas maneiras diferentes de adaptar-se a um meio qualquer) e a deriva ao acaso das frequências gênicas em pequenas populações.

Essa tese da contingência evolutiva, sustenta Beatty, está relacionada, por sua vez, com outros temas de filosofia da biologia, a partir dos quais obtém apoio e cobra sentido: os ideais explicativos da biologia, especialmente o “pluralismo teórico”, e a natureza das controvérsias em biologia, especificamente as controvérsias a respeito da “significância relativa”. De acordo com Beatty, o pluralismo teórico, segundo o qual “*diferentes itens do mesmo domínio exigem explicações em termos de teorias ou mecanismos diferentes*” (BEATTY, 1995, p. 65), é característico da biologia, em oposição ao monismo teórico da tradição newtoniana, que procura explicar um domínio de fenômenos em termos de tão poucos mecanismos diferentes quanto possível e, no melhor dos casos, de um único mecanismo. Para Beatty também são características da biologia as disputas de “significância relativa”, nas quais o que está em questão é o alcance na aplicabilidade de uma teoria dentro de um domínio, seu domínio pretendido, isto é, a proporção de fenômenos dentro do domínio que a teoria descreve corretamente, e não se o mecanismo ou teoria é a descrição correta (BEATTY, 1995, p. 75).

Segundo Beatty, os exemplos de pluralismo teórico e de controvérsias de significância relativa, que aparecem em todos os níveis de pesquisa em biologia, apoiam a tese da contingência evolutiva no seguinte sentido: uma vez que as contingências da história evolutiva excluem (impossibilitam) a existência de leis em biologia, não é surpreendente que um biólogo esteja mais interessado no *alcance na aplicabilidade* de uma teoria dentro de seu domínio pretendido do que em sua possível *universalidade* dentro desse domínio; e que, ao não esperar generalizações universais que sejam válidas dentro de um domínio, os biólogos esperam valer-se de uma pluralidade de teorias para cobri-lo.

### **3.3.2 Em defesa da existência de leis em biologia**

#### **3.3.2.1 Ruse, Manson e Carrier sobre Smart e Beatty**

Uma estratégia possível contra essa argumentação é questionar a análise feita por Smart dos exemplos selecionados. Esse caminho é seguido, por exemplo, por Ruse (1970) e Munson (1975). Ambos assinalam que o enunciado “os ratos albinos sempre se reproduzem puros” não constitui, de nenhuma maneira, algo que um biólogo ou geneticista poderia apresentar como lei, seja em sentido estrito ou fundamental. Segundo Ruse, tal enunciado, em caso de ser considerado como uma lei, teria de sê-lo como uma lei derivada, obtida a partir das leis fundamentais “os genes albinos são recessivos” e a lei da segregação de Mendel — que, de acordo com a formulação que ele dá, “estabelece que, quando dois organismos se cruzam, cada um contribui para a descendência com

apenas um dos genes do par presente em cada *locus* particular e que, considerando apenas esse *locus*, a probabilidade de que seja transmitido para a descendência um ou outro dos genes do par é exatamente a mesma” —, nenhuma das quais faz referência, explícita ou implícita, à Terra. Por outro lado, Ruse acrescenta que nenhuma definição de um grupo de organismos (espécie) precisa referir-se, nem sequer implicitamente, à Terra, e que na prática nenhuma definição faria tal referência (RUSE, 1970, p. 246).

Para Munson, por sua vez, o erro que comete Smart ao considerar o enunciado “os ratos albinos sempre se reproduzem puros” é o de confundir uma instância de lei com a própria lei: esse enunciado é, na verdade, uma instância do princípio mendeliano que afirma que “todo organismo diplóide, homozigótico com relação a um caráter recessivo, reproduz-se puro”, em cuja formulação não se faz referência, explícita ou implícita, a nenhuma espécie ou gene em particular, e que não apenas é logicamente geral, mas também irrestrito do ponto de vista espaçotemporal (MUNSON, 1975, p. 445).

Além disso, tanto para Ruse como para Munson a lei da segregação mendeliana, que é universal em sua forma, não se refere explícita ou implicitamente a objetos particulares (como poderia ser a Terra) e é irrestrita do ponto de vista espaçotemporal; tampouco contém outros termos que não sejam gerais, ou seja, atende a todos os requisitos que, segundo Smart, deve satisfazer um enunciado para ser denominado “lei em sentido estrito”.

Quanto à existência de exceções a essa lei, Ruse aponta que não é a lei da segregação que precisa ser modificada devido à existência de exceções, mas sim outra das leis atribuídas a Mendel, ou seja, a lei da transmissão independente, e isto não pelo “*crossing-over*” (recombinação, permuta), mas devido a outro fenômeno conhecido como “*linkage*” (ligação gênica). Além disso, Ruse assinala que embora seja verdade que existiriam exceções à lei da segregação, especialmente pela existência de genes extracromossômicos, essas exceções alcançariam uma proporção muito pequena do total dos casos analisados pela genética, pelo menos com certeza não maior do que a encontrada na maioria das leis físicas (RUSE, 1970, p. 243-244).

Por outro lado, temos visto que a tese da contingência evolutiva é suficiente para que Beatty negue que as generalizações biológicas sejam leis. Contudo, mesmo quando admite não saber se existem leis físicas ou químicas, concede que é possível que as generalizações físicas ou químicas, que são verdadeiras com respeito aos mundos vivo e não-vivo, sejam contingentes, talvez não evolutivamente, mas “cosmologicamente” contingentes. De fato, como assinala Carrier (1995), a tese da contingência evolutiva não parece ser exclusiva da biologia em nenhum dos dois sentidos, seja o mais fraco ou o mais forte. Em relação ao sentido mais fraco, resultados concretos obtidos com base em todas as leis científicas dependem grandemente das condições iniciais e de contorno que tenham sido escolhidas. Com respeito ao sentido mais forte, a ocorrência de mudanças ao acaso, que tornam não-preditivas as explicações evolutivas, é uma situação que também está presente na mecânica quântica (dado que é impossível prever fenômenos

quânticos; somente é possível prever médias e frequências relativas dos valores medidos). Mais ainda, o “pluralismo teórico” e as controvérsias de “significância relativa” são mais comuns em física do que Beatty pensa e, deste modo, não são características apenas da biologia.

### 3.3.2.2 Brandon, Sober e Elgin sobre leis biológicas não-empíricas ou a priori

Outra estratégia utilizada para defender a existência de leis ou princípios em biologia — ou de enunciados que, não se ajustando à elucidação clássica do conceito de lei, cumprem na biologia papéis equivalentes aos que tradicionalmente são atribuídos às leis, como, por exemplo, o de serem explicativas — consiste em distinguir dois tipos de generalizações: as empíricas — eventualmente não universais e contingentes ou de necessidade nômica limitada — e as não empíricas — mas explicativas —, e em sustentar que pelo menos algumas (das) leis biológicas (mais fundamentais) ou princípios são do segundo tipo. Esta é a estratégia seguida por autores como Brandon (1978, 1997), Sober (1984, 1993, 1997) e Elgin (2003).

De acordo com o primeiro (BRANDON, 1978, 1997), as generalizações desse tipo são leis esquemáticas, ou esquemas de lei, que carecem de conteúdo empírico por si mesmas, ou seja, que não possuem conteúdo empírico biológico, e são, rigorosamente falando, matemática aplicada a problemas biológicos. Nesse sentido, são analíticas, e constituem princípios organizadores das teorias empíricas das quais são originárias, tendo um papel essencial em todas as explicações que essas teorias proporcionam. Mas se estas generalizações carecem de conteúdo empírico enquanto esquemas de lei, não ocorre o mesmo com seus pressupostos de aplicabilidade, que são empíricos, nem com suas instanciações, que também o são. Brandon (1997) recomenda algo que denomina “conservadorismo linguístico”, que consiste em manter a caracterização clássica de lei e em reconhecer que outras coisas diferentes das leis, assim caracterizadas, podem ter poder explicativo — sejam regularidades empíricas, mas contingentes, ou generalizações não empíricas (citando como exemplos deste último tipo o princípio de seleção natural, a lei de Hardy-Weinberg e a explicação de Galton de regressão em direção à média).

Em diversos trabalhos, Sober (1984, 1993, 1997) argumentou que o processo da evolução está governado por modelos (tais como o teorema fundamental da seleção natural de Fisher, o modelo de Kimura da evolução neutra ou a lei de Hardy-Weinberg) que, na medida em que constituem leis de processos caracterizadas por serem generalizações qualitativas, que dão apoio a contrafáticos e que descrevem relações causais e explicativas — dizendo como os sistemas do tipo especificado se desenvolvem no tempo e governando, assim, as trajetórias das populações, ao descreverem a probabilidade de distribuição dos estados que o sistema poderia ocupar em alguma quantidade determinada de tempo posterior —, podem ser conhecidos como verdadeiros *a priori*, independente da experiência sensível (SOBER, 1984, p. 65; SOBER, 1997, p. S458-S459).

Contudo, apesar de que as proposições dos modelos matemáticos da biologia evolutiva são *a priori*, Sober (1984, 1993) enfatiza tanto seu caráter não trivial quanto o fato de serem passíveis de revisão à luz da experiência, i.e., de serem contrastáveis<sup>7</sup> empiricamente. Mesmo no caso em que tais proposições sejam concebidas como tautologias — seja por serem verdades matemáticas ou, como em uma das interpretações habituais do princípio da seleção natural, que ele rejeita (SOBER, 1984, p. 74; 1993, p. 69-73), por constituírem definições —, é uma questão empírica (SOBER, 1993, p. 16, 18, 73) saber se as condições estipuladas pelo modelo proposto se cumprem, i.e., determinar se o modelo se aplica ou não, ou se há entidades que se ajustem à suposta definição proporcionada por elas (SOBER, 1984, p. 81).

Nessa mesma linha de pensamento, sustenta que, inclusive quando uma generalização utilizada em uma explicação pudesse ser uma verdade matemática, “[I]a explicação *como um todo* é empírica, devido a *outros* dos seus componentes” (SOBER, 1984, p. 79), dado que, como ensinam Duhem e Quine, “asseverações altamente teóricas resultam em predições observacionais somente quando são associadas a outros pressupostos [o que] mostra por que pode ser difícil ver se uma asserção teórica é contrastável empiricamente, uma vez que não é possível determinar isso examinando a afirmação de maneira isolada” (SOBER, 1984, p. 73).

Por outro lado, Sober (1997) sugere um modo de transformar — mediante a explicitação da cláusula *ceteris paribus* ou, como teria que denominá-la seguindo Joseph (1980), *ceteris absentibus* implícita nos modelos evolutivos — as generalizações biológicas contingentes em leis não contingentes (SOBER, 1997, p. S459-461), relacionando, assim, mediante certa “formulação apropriada”, a ideia de leis biológicas (de processo) *a priori* — ou enunciados gerais “do tipo ‘se/então’” (SOBER, 1993) — com a tese da contingência evolutiva apresentada por Beatty. Para isso, propõe, em primeiro lugar, representar a tese da contingência evolutiva apresentada por Beatty da seguinte maneira (SOBER, 1997, p. S460):

$$I \rightarrow [se P \text{ então } Q]$$


---


$$t_0 \quad t_1 \quad t_2$$

onde **I** é o conjunto de condições iniciais contingentes obtidas em um tempo determinado ( $t_0$ ), que causa uma generalização ser verdadeira durante algum período de tempo posterior (de  $t_1$  a  $t_2$ ). Devido a que a generalização é verdadeira somente porque se obteve **I**, poderíamos dizer que a generalização é contingente. “Contudo”, prossegue Sober, “há *outra* generalização que sugere este cenário, e não é nada claro que *esta*

<sup>7</sup> Nota do Org.: em português difundiu-se o uso do termo ‘testar’ (e correlatos, ‘teste’ etc.), que constituem anglicismos (*to test* e correlatos, em inglês). Em Espanhol usa-se ‘contrastar’ (e correlatos, ‘contrastação’ etc.), para designar os procedimentos envolvidos em passar as teorias (e outras construções científicas) pelo *crivo* da experiência, ou em submetê-las ao *tribunal* da experiência, metáforas que se consolidaram por tradição. Optamos por manter, neste capítulo, a terminologia empregada na versão original.

generalização seja contingente. Esta generalização terá a seguinte forma lógica:

(L) Se I é obtido em um tempo, então a generalização [se P então Q] será válida depois”.  
(SOBER, 1997, p. S460).

Poderíamos dizer, utilizando a terminologia de Schaffner (1980, 1993), que esse procedimento permite “congelar” os acidentes “históricos” em “universalidade nômica”,<sup>8</sup> mesmo que *a priori*.

Finalmente, baseado nas análises realizadas por Sober (1997) e tomando como exemplo a lei de Hardy-Weinberg, Elgin (2003) também sustentou, em um artigo recente, a existência de leis biológicas *a priori*. Sua argumentação consiste em afirmar que generalizações biológicas não empíricas ou *a priori* “aparecem em explicações e predições em biologia de um modo similar a como aparecem as leis físicas em explicações e predições em física”; e que, embora usualmente haja acordo, no debate sobre as leis da natureza, em torno de que “as leis devem ser empíricas e universais” prossegue Elgin —, “ou bem temos que nos apegar ao requisito empírico e dizer que tais generalizações biológicas *a priori* não são leis da natureza ou bem assumimos essas generalizações biológicas *a priori* como evidência de que o requisito empírico é forte demais. Eu sou favorável à última opção. Uma das implicações de abandonar esse requisito é que a biologia sim possui leis” (ELGIN, 2003, p. 1381).

#### 4 As concepções semânticas das teorias

Começando com o trabalho de J.C.C. McKinsey, E. Beth e J. von Neumann, desenvolvido entre as décadas de trinta e cinquenta, torna-se cada vez mais estendida e acaba impondo-se em geral, próximo do final da década de setenta e na de oitenta, uma nova caracterização das teorias científicas, denominada *concepção semântica das teorias* (também chamada *modelo-teórica*, *semantista* ou *modelista*). Esta nova concepção é desenvolvida, entre outros, pelos respectivos seguidores dos autores acima mencionados, P. Suppes, B. van Fraassen e F. Suppe, além de R.N. Giere, nos Estados Unidos; M.L. Dalla Chiara e G. Toraldo di Francia, na Itália; M. Przelecki e R. Wójcicki, na Polônia; G. Ludwig, na Alemanha; N.C.A. Da Costa, no Brasil; e a concepção estruturalista das teorias, iniciada nos Estados Unidos por um estudante de Suppes, J. Sneed, e desenvolvida na Europa, principalmente na Alemanha, por aquele que reintroduziu a filosofia analítica em geral e a filosofia da ciência em particular nos países de língua alemã e nos outros países da Europa Central depois da Segunda Guerra Mundial, W. Stegmüller, e seus discípulos C.U. Moulines e W. Balzer, e por J.A. Díez, J.L. Falguera, A. García da Sienra, M. Casanueva, C. Lorenzano e P. Lorenzano, entre outros, na América ibérica, constituindo uma verdadeira *família*, com diferentes versões que compartilham alguns elementos gerais.

<sup>8</sup> Para uma discussão aprofundada do tratamento que Schaffner dá à acidentalidade e/ou à necessidade, assim como de outros aspectos da proposta deste autor, Lorenzano pode ser consultado (2012).

O slogan do enfoque semântico é o seguinte: apresentar uma teoria não é apresentar uma classe de axiomas, é apresentar uma classe de modelos. Um modelo, em sua acepção informal mínima, é um sistema ou estrutura que pretende representar, de maneira mais ou menos aproximada, um “pedaço da realidade”, constituído por entidades de diversos tipos, que *realizam* uma série de afirmações, no sentido de que nesse sistema “ocorre o que as afirmações dizem” ou, mais precisamente, as afirmações são verdadeiras nesse sistema. Por exemplo, se consideramos a segunda lei de Newton, há vários sistemas ou “pedaços de realidade” nos quais ela é verdadeira (por exemplo, um corpo caindo na superfície terrestre, um planeta girando ao redor do Sol, um pêndulo, etc.). Essa ideia intuitiva pode ser precisada de diversos modos, sendo o mais usual aquele que corresponde à teoria de modelos.

Dado que a noção de modelo é uma noção fundamentalmente semântica (algo é um modelo de uma afirmação se a afirmação é *verdadeira* com respeito a esse algo) e que sua análise mais comum é feita pela teoria de modelos, denomina-se *concepção semântica* esse novo enfoque, que enfatiza a importância dos modelos na análise da ciência. A concepção clássica é qualificada, contrariamente, como *sintática* devido à sua caracterização das teorias enquanto conjuntos de enunciados e pela sua ênfase geral nos aspectos linguístico-sintáticos. O slogan acima mencionado expressa, portanto, o caráter distintivo da concepção semântica frente à concepção sintática clássica.

Essa opção não supõe, nem pretende, prescindir dos enunciados ou, em geral, das formulações linguísticas; não pretende que os recursos linguísticos sejam supérfluos para a caracterização metateórica das teorias. É claro que é preciso uma linguagem para determinar ou definir uma classe de modelos. Os modelos, à medida que forem determinados explicitamente, e de maneira precisa, na análise metateórica, são determinados através de uma série de axiomas, princípios ou leis, isto é, mediante enunciados. Ninguém pretende negar isso. A única coisa que se pretende é que os conceitos relativos a modelos são mais proveitosos para a análise filosófica das teorias científicas, da sua natureza e funcionamento, que os conceitos relativos a enunciados; que a natureza, função e estrutura das teorias é melhor compreendida quando sua caracterização, análise ou reconstrução metateórica é centrada nos modelos que determina, e não em um conjunto particular de axiomas ou recursos linguísticos por meio dos quais faz isso.

O enfoque semântico, que enfatiza a referência explícita aos modelos, mais do que aos enunciados, pode parecer uma simples revisão do enfoque sintático, próprio da concepção clássica. De fato é uma revisão, dado que pretende expressar de maneira mais adequada uma ideia já contida na concepção anterior, mesmo que insatisfatoriamente expressa. Mas não é uma simples revisão — se com isso se quer sugerir que se trata de uma revisão sem importância —, à medida que é a conceitualização mais satisfatória de uma ideia essencialmente correta, antes insatisfatoriamente conceitualizada. E exemplifica o tipo de progresso ao que é possível aspirar em filosofia.

Até aqui tratou-se da motivação e justificativa da mudança de estratégia que caracte-

riza a família de concepções semânticas. Quanto ao desenvolvimento dessa estratégia, cada membro da família faz isso de um modo específico, não apenas tecnicamente, mas também diferem com respeito a questões filosóficas fundamentais. Não compartilham, portanto, uma série de teses filosóficas substantivas (além das gerais, relativas à estrutura e natureza das teorias científicas), mas, sim, um modo e um marco no qual colocar os problemas filosóficos. A mesma coisa ocorria no seio da concepção herdada, onde o acordo geral sobre o enfoque axiomático era compatível com diferenças radicais em temas filosóficos substantivos, como o do realismo, da explicação ou da causalidade. Contudo, apesar de suas diferenças, as diversas caracterizações da noção de teoria que são feitas dentro da família semântica têm alguns elementos em comum:

- (1) uma teoria caracteriza-se em primeiro lugar, como já vimos, por determinar um conjunto de modelos; apresentar/identificar uma teoria é apresentar/identificar a família dos seus modelos característicos. A determinação dos modelos é realizada por meio de uma série de princípios ou leis. As leis devem ser entendidas, portanto, como definindo uma classe de modelos: “ $x$  é um modelo da teoria... se e somente se<sub>def</sub>  $\_ (...x...)$ ”, onde  $\_$  expressa as leis em questão. Que isto seja uma definição, que as leis definam os modelos, não significa, é claro, que uma teoria seja uma definição, ou que seja verdadeira por definição, ou coisas parecidas; significa apenas que as leis determinam quais entidades se comportam de acordo com a teoria.
- (2) uma teoria não apenas determina, por meio de suas leis, uma classe de modelos. Se somente fizesse isso, pouco teríamos. Já sabemos, por exemplo, o que é, de modo abstrato, um sistema mecânico. O que fazemos só com isso? Nada, uma vez que definimos os sistemas mecânicos para conseguir algo mais, talvez, por exemplo, para explicar o comportamento do par de objetos Terra-Lua. Uma teoria determina uma classe de modelos para alguma coisa: para dar conta de certos dados, fenômenos ou experiências correspondentes a determinado âmbito da realidade. Parte da identificação da teoria consiste, então, na identificação desses fenômenos empíricos dos quais se pretende dar conta.
- (3) uma vez identificados os modelos teóricos abstratos e os fenômenos empíricos dos quais se pretende dar conta, temos o essencial da teoria. O que faz a teoria é definir os modelos com a pretensão de que representem de maneira adequada os fenômenos, i.e., com a pretensão de que os sistemas que constituem os fenômenos dos quais queremos dar conta estejam entre os modelos da teoria. Em termos tradicionais, esperamos que tais fenômenos concretos satisfaçam as leis da teoria, que se comportem como as leis dizem. Esta pretensão torna-se explícita mediante um ato linguístico ou proposicional, mediante uma *afirmação*, a afirmação ou asserção “empírica” da teoria. A asserção empírica afirma que há uma certa

relação entre os sistemas empíricos dos quais queremos dar conta e os modelos determinados pelas leis. Esta relação pode ser de diversos tipos, mais fortes ou mais fracos, dependendo das versões. Pode ser de identidade, isomorfismo, aproximação, subsunção, ou similaridade. O essencial é que a asserção empírica expressa a pretensão de que nossa teoria represente adequadamente a “realidade”, i.e., que nossos modelos se “apliquem bem” aos sistemas que é preciso explicar.

Já se tentou usar as diferentes concepções semânticas das teorias na análise específica de diversas teorias científicas particulares, entre as quais podemos contar várias que pertencem ao âmbito das ciências biológicas, biomédicas e bioquímicas.<sup>9</sup> Essas análises, por sua vez, são feitas tanto por meio de um uso intuitivo, informal ou *lato*, como sistemático das ferramentas conceituais dessas metateorias visando o esclarecimento de algum aspecto ou problema vinculado com (alguma(s) da(s)) conceitualizações ou teorizações pertencentes a esses campos científicos.

## 5 A noção de lei fundamental na concepção estruturalista das teorias

Em seções anteriores, primeiro expusemos e analisamos a elucidação clássica do conceito de lei e, depois, acompanhamos a discussão no âmbito filosófico sobre a existência de leis em biologia, articulada em torno das temáticas da universalidade, da necessidade e do caráter *a priori* dessas leis. Nesta seção, tentaremos mostrar como essas questões podem ser abordadas por meio da noção de lei fundamental proposta no marco da *concepção estruturalista das teorias científicas* — também chamada *concepção estrutural*, *estruturalismo metateórico*, e, mais raramente, *estruturalismo alemão* (REDMAN, 1989) ou *escola estruturalista alemã* (SUÁREZ; CARTWRIGHT, 2008).<sup>10</sup>

Como vimos na seção 3, apesar dos sucessivos e renovados esforços realizados, ainda não dispomos de um conceito satisfatório de lei científica, i.e., de um conjunto adequado

<sup>9</sup> Para uma apresentação e avaliação concisa de algumas das reconstruções de teorias em biologia realizadas por meio da utilização tanto da concepção clássica como das diferentes variantes semanticistas, ver Krohs (2004, 2005).

<sup>10</sup> Ver Balzer, Moulines & Sneed (1987) para uma apresentação completa, ou Díez & Lorenzano (2002a) para uma apresentação sucinta, dessa concepção metateórica. Dentro da família de concepções semânticas, a concepção estruturalista é a que oferece uma análise mais detalhada da estrutura fina das teorias, por meio tanto do tratamento de uma quantidade maior de elementos quanto de uma melhora no tratamento dos elementos identificados previamente, ao mesmo tempo que é a que mais atenção tem dedicado à análise e reconstrução de teorias científicas particulares, e a que maiores frutos tem dado no esclarecimento dos problemas conceituais e na explicitação dos pressupostos fundamentais de teorias científicas concretas. Nancy Cartwright assim resume as duas vantagens relativas da metateoria estruturalista com respeito a outras propostas semânticas: “Os estruturalistas alemães sem dúvida oferecem o tratamento mais satisfatoriamente detalhado e bem ilustrado da estrutura das teorias científicas disponível” (CARTWRIGHT, 2008, p. 65). Para uma apresentação e comparação das distintas concepções semânticas, ver Lorenzano (2013) e Ariza, Lorenzano & Adúriz-Bravo (2016). Para uma bibliografia (quase) completa até 2012, a partir da concepção estruturalista e sobre ela, ver Diederich, Ibarra & Mormann (1989, 1994) e Abreu, Lorenzano & Moulines (2013).

de condições necessárias e suficientes precisas, como critério para que um enunciado seja considerado como uma “lei”. Mais do que isso, “[é] provável que nenhum conjunto de condições, que parecesse satisfatório para todos, possa ser alguma vez encontrado, uma vez que a noção de lei é uma noção fortemente histórica, dependente da disciplina” (BALZER; MOULINES; SNEED, 1987, p. 19). Por isso, dentro da tradição estruturalista — quando se discutem os critérios para que um enunciado seja considerado uma lei fundamental de uma teoria —, a tendência é falar, de maneira mais precisa, de “condições necessárias” (STEGMÜLLER, 1986), de “condições necessárias fracas” (BALZER, MOULINES; SNEED, 1987); ou, melhor ainda, apenas de “sintomas”, alguns inclusive formalizáveis” (MOULINES, 1991), embora “em cada caso particular de reconstrução de uma teoria dada, parece, via de regra, ser relativamente fácil chegar a um acordo, com base em considerações informais ou semi-formais [...], sobre se um determinado enunciado deve ser tomado como lei fundamental da teoria em questão” (MOULINES, 1991, p. 233).

Na literatura estruturalista geralmente são mencionados quatro critérios como condições necessárias, condições necessárias *fracas* ou “sintomas” para ser lei fundamental<sup>11</sup>: 1) o caráter sinóptico; 2) que seja válida em todas as aplicações intencionais da teoria; 3) o caráter *quase-vácuo* (empiricamente); e 4) o papel sistematizador.

- 1) O caráter sinóptico. Esse critério tem recebido diferentes formulações, algumas mais fortes do que outras. De acordo com a mais forte delas, “qualquer formulação correta da lei deveria incluir necessariamente *todos* os termos relacionais (e, implicitamente, também todos os conjuntos básicos) e, portanto, definitivamente, *todos os conceitos fundamentais* que caracterizam essa teoria” (MOULINES, 1991, p. 234). Nas formulações mais fracas, não se exige que nas leis fundamentais ocorram todos os conceitos fundamentais, mas apenas “várias das magnitudes” (STEGMÜLLER, 1986, p. 23), “diversas funções” (STEGMÜLLER, 1986, p. 93), “possivelmente muitos conceitos teóricos e não teóricos” (STEGMÜLLER, 1986, p. 386), “quase todos” (BALZER; MOULINES; SNEED, 1987, p. 19) ou “pelo menos dois” (STEGMÜLLER, 1986, p. 151) conceitos. Qualquer das formulações do critério permite que diferenciemos as leis fundamentais das “meras” caracterizações dos conceitos individuais (ou inclusive de possíveis leis especiais), nas quais os termos ocorrem de maneira isolada.
- 2) O critério de ser válida em todas as aplicações intencionais da teoria permitiria discriminar as leis fundamentais das leis especiais, que, embora sinópticas, somente são válidas em algumas, mas não em todas, as aplicações da teoria. Segundo ele, não é necessário que as leis fundamentais das teorias possuam um alcance

<sup>11</sup> Para um tratamento atualizado da noção de lei fundamental na concepção estruturalista das teorias que leve em conta o que será discutido mais adiante sobre a necessidade, e que incorpore explicitamente a *força modal como um quinto critério*, ver Lorenzano (2014-2015, esp. p. 54-55).

ilimitado, sejam aplicáveis em todo tempo e lugar, e tenham como universo de discurso algo como uma “grande aplicação”, que constitui um modelo único ou “cósmico” (STEGMÜLLER, 1979; MOSTERÍN, 1984); basta que se apliquem a sistemas empíricos parciais e bem delimitados (o conjunto de aplicações intencionais). De fato, como vimos na seção 3, somente as leis fundamentais de algumas teorias cosmológicas, que são aplicáveis ao modelo cósmico, entre poucas outras, são universais nesse sentido. Contudo, essa não é a situação habitual. As leis da física normalmente são aplicadas a sistemas físicos e bem delimitados (o conjunto de aplicações intencionais), não ao modelo cósmico. E isso também vale para a ciência empírica de modo geral. Das leis fundamentais, então, não se afirma que valem em todo tempo e lugar, mas sim em todos os modelos da teoria; e supõem-se que sejam válidas em todas as aplicações (propostas ou intencionais) da teoria, enquanto as leis mais específicas seriam aplicáveis a domínios mais restritos.

- 3) O caráter *quase-vácuo*. Este “sintoma” refere-se ao fato de que as leis fundamentais são altamente abstratas, esquemáticas, suficientemente vácuas e com ocorrência essencial de termos próprios, distintivos, dependentes da teoria (chamados “*T*-teóricos”), de modo a resistir qualquer possível refutação, mas que, contudo, adquirem conteúdo empírico específico (e a possibilidade de serem contrastadas) mediante um processo não dedutivo conhecido com o nome de “especialização” (MOULINES, 1991). Esse processo, por meio do qual são obtidas as leis mais específicas, chamadas “especiais”, a partir de uma(s) lei(s) fundamental(is) de uma teoria, consiste na introdução de restrições ulteriores, constrições ou especificações a (alguns dos componentes de) essa(s) lei(s), de maneira tal a ir concretizando-a progressivamente em várias direções, até desembocar finalmente nas chamadas “especializações terminais”, nas quais todos os seus componentes estão especificados.<sup>12</sup> Moulines propõe a denominação de “empiricamente irrestritos” (1978/1982, p. 96) para esse tipo de enunciado que, por um lado, são irrefutáveis ou empiricamente vácuos, mas que, por outro lado, são assim em um sentido diferente ao dos exemplos paradigmáticos de enunciados analíticos, como “Todos os solteiros são não casados”. Devido a esse caráter peculiar das leis fundamentais, também já foi sugerido considerá-las como um tipo particular de enunciados “quasi-analíticos” ou “sintéticos *a priori*”, mas com uma noção relativizada de *a priori*. Essa última noção é encontrada em alguns dos epígonos

<sup>12</sup>As diversas possibilidades de especialização podem ser realizadas parcial ou totalmente, de maneira isolada ou conjuntamente. Uma especialização em que tenham sido realizados totalmente os diferentes tipos de especificação denomina-se “especialização terminal” ou “lei especial terminal”. E são as “asserções empíricas” associadas a essas especializações as que, em todo caso, seriam contrastadas (dirigindo a elas “os dardos do *modus tollens*”) e avaliadas, i.e., aceitas ou rejeitadas, por constatar, ou não, que os sistemas empíricos considerados cumprem com o proposto pelas especializações terminais sugeridas. Caso “saíam vencedoras” da contrastação, i.e. se as especificações introduzidas mostrarem-se apropriadas, diz-se que as aplicações pretendidas têm ‘êxito’, e é assim que os sistemas empíricos passam a ser “modelos” da teoria.

de Kant, entre os quais seria possível mencionar Cassirer (1910) — que, tendo presente a distinção kantiana entre princípios *a priori constitutivos* e *regulativos*, propõe substituir o *a priori* constitutivo de Kant por um ideal puramente regulativo, sobre o qual voltaremos mais adiante. Também encontramos essa noção em autores como Reichenbach (1920), que rejeita a ideia de juízos sintéticos *a priori* — em que o *a priori* é absolutamente fixo e impossível de revisar, incorporado de uma vez e para sempre em nossas capacidades cognitivas fundamentais —, mas aceita uma concepção *relativizada e dinâmica* deste, que muda e se desenvolve juntamente com o desenvolvimento dos princípios pertencentes às próprias ciências matemática e física, mantendo a função constitutiva, caracteristicamente kantiana, de estruturar e dar um marco ao conhecimento empírico natural mediante esses princípios, tornando-o, assim, possível. A noção proposta por Reichenbach é retomada e desenvolvida, mais recentemente, por Friedman (1993, 1994, 1997, 2000, 2002, 2004) e mencionada por Kuhn (1993), além de desenvolvida por ele (KUHN, 1962/1970, 1974a, 1974b, 1976, 1983a, 1983b, 1989a, 1990) em uma linha de pensamento muito próxima à da concepção estruturalista. Um dos componentes essenciais dos paradigmas ou matrizes disciplinares são as “generalizações simbólicas”, que “segundo a análise de Stegmüller [...] não são mais do que as *leis fundamentais* do chamado ‘núcleo estrutural’ de uma teoria” (MOULINES, 1978/1982, p. 89). Devido a que as generalizações simbólicas parecem possuir características de enunciados tanto analíticos quanto sintéticos, além de serem “constitutivas” das *teorias* às quais pertencem (KUHN, 1976, p. 189) e “necessárias” nesse *contexto* (KUHN, 1983b, p. 566-567; 1989a, p. 22 n. 19; 1990, p. 317 n. 17) — diferentemente das formas simbólicas ou leis específicas, que não são constitutivas das teorias nas quais aparecem e que “são todas [...] totalmente contingentes” (1983b, p. 566) —, Kuhn chega a caracterizá-las como quasi-analíticas (KUHN, 1974a, p. 304 n. 14; 1976, p. 198 n. 9) e, finalmente, como sintéticas *a priori* (KUHN, 1989a, p. 22 n. 19; 1990, p. 317 n. 17). Da mesma maneira poderiam ser caracterizadas as leis fundamentais da metateoria estruturalista.<sup>13</sup>

- 4) O último dos “sintomas” poderia ser entendido como estabelecendo que as leis fundamentais possibilitam incluir na mesma teoria diversas aplicações a diferentes sistemas empíricos, ao proporcionar um guia e um marco conceitual para a formulação de outras leis (as denominadas “especiais”) que, como vimos acima, introduzem restrições adicionais com respeito às leis fundamentais e aplicam-se, assim, aos sistemas empíricos particulares. Devido, então, ao processo de “especialização”, que estrutura as teorias de um modo fortemente hierárquico, e à obtenção de aplicações que têm ‘êxito’, é possível integrar os diferentes sistemas

<sup>13</sup>Ver Lorenzano (2008a), para diferentes sentidos nos quais se pode entender a noção de *a priori* constitutivo e sua vinculação com o debate em torno das leis e teorias científicas.

empíricos, “modelos” ou “exemplares” sob uma única conceitualização, onde a(s) lei(s) fundamental(is) ocupam um lugar central. Normalmente, há uma única lei fundamental “na topo” da hierarquia e uma série de leis especiais com diversos graus de “concretude”, “especificação” ou “especialização”. Além disso, à medida que as leis fundamentais, por um lado, são quase-vácuas — afirmando que se dão certas relações entre seus componentes mas deixando esses componentes indeterminados até que sejam feitas as correspondentes especializações, e que, por outro lado, funcionam heurísticamente como guias ou regras para a formulação de leis especiais progressivamente mais restritivas —, parecem possuir, em princípio, “um valor não *constitutivo*, mas meramente *regulativo*” (Kant 1781/1787, A 180/B 223) e, nesse sentido, também parecem situar-se na linha de pensamento de Cassirer (1910). Ao funcionar, então, regulativamente, as leis fundamentais determinam em grande medida (algumas das) as ações que realizam os cientistas no desenvolvimento da sua prática. Esta maneira de entender o componente “*a priori*” das leis poderia ser relacionada com um outro modo de se entender a noção de “*a priori* constitutivo” (e não “meramente regulativo”), a saber, como uma ideia pragmática de constituição, tal como é encontrada originalmente nos pragmatistas, em Kuhn (1962/1970, 1989a, 1990), e que atualmente defendem autores como Richardson (2002). A ideia é que os princípios *a priori* constituem as *práticas científicas*, determinando em grande medida (algumas de) as ações que realizam os cientistas durante o desenvolvimento da sua prática, em particular, como já assinalamos, a especialização, mas também outras tradicionalmente reconhecidas pela filosofia da ciência, e estreitamente vinculadas com ela, como a de contrastar hipóteses, e a explicação.

Mas vejamos agora, brevemente, como se relaciona essa noção de lei fundamental com as discussões sobre a universalidade, a necessidade e o caráter *a priori* das leis da biologia presentes nas seções anteriores.

### **5.1 Universalidade, necessidade e aprioricidade das leis da biologia**

“Quando os filósofos discutem leis da natureza falam em termos de universalidade e necessidade”, escreve um dos mais importantes representantes da família semantista, à qual pertence a concepção estruturalista, Bas van Fraassen (1989, p. 1). Os dois argumentos apresentados contra a existência de leis biológicas referem-se, justamente, à sua falta de universalidade e de necessidade. Conforme vimos, contudo, com estes critérios parece que não apenas deveriam ser descartadas as leis biológicas como tais, mas também as leis físicas mais respeitáveis. De fato, devido à falta de critérios não problemáticos para as leis da natureza, van Fraassen (1989) propõe se prescindir dessa categoria. Sua crítica ao conceito de necessidade natural ou nômica e seu consequente ceticismo quanto à noção de lei da natureza, são compartilhados por outros autores,

como Swartz (1995). Aceitar isso, contudo, não implica para eles que não existam equações fundamentais ou princípios básicos de teorias, que realmente estruturam a prática científica real; isso sim que sejam concebidas como *leis científicas* (SWARTZ, 1995) ou *leis dos modelos* (VAN FRAASSEN, 1989, 1993), por oposição às *leis da natureza*. Essas leis não são concebidas como regularidades empíricas que governam o mundo natural que nos rodeia — independentemente de se os seres inteligentes possuem ou não conhecimento dessas regularidades ou de se foi desenvolvida uma representação simbólica apropriada ou não para pelo menos algumas dessas regularidades —, mas como criações humanas, i.e., como regularidades do mundo natural (ou, melhor ainda, do *mundo modelado*) conhecidas por nós, que foram postas em formas simbólicas apropriadas e adotadas em nosso esforço coletivo de explicar, predizer e controlar esse mundo. Nessa linha, nos concentramos nas leis científicas ou da ciência, apresentando a elucidação que a concepção estruturalista das teorias faz do conceito de lei (científica) fundamental e, a seguir, discutiremos o correspondente *status* das leis da biologia ou das ciências biológicas.

Primeiro, consideremos a condição de *universalidade*. Para a concepção estruturalista, assim como para as outras versões da família semanticista, não é necessário que as leis fundamentais das teorias possuam um alcance ilimitado, se apliquem em todo tempo e lugar e tenham como universo de discurso algo como uma “grande aplicação”, que constitua um modelo único ou “cósmico”; delas se requer, isso sim, que sejam válidas em *todos aqueles âmbitos em que se supõe que a teoria se aplica*, i.e., em *todas as aplicações propostas ou intencionais da teoria*. E a mesma coisa ocorre com as leis das ciências biológicas. A maioria das teorias científicas (as biológicas incluídas) possuem leis de diferentes graus de generalidade dentro do mesmo marco conceitual, com uma única lei fundamental “no topo” da hierarquia – que não vale em todo tempo e lugar, mas em todos os modelos da teoria, e supõe-se que seja válida em todas as aplicações intencionais da mesma — e uma série de leis especiais — que se aplicam a um domínio mais restrito — com diferentes graus de “concretude”, “especificação” ou “especialização”.

Em relação à temática que se refere à necessidade, seria possível sustentar que a noção estruturalista de lei fundamental é neutra com respeito à disputa em torno da natureza das leis — até onde sabemos, isto não tem sido tratado na literatura estruturalista, mas diremos alguma coisa a esse respeito mais adiante — e, assim, compatível com diferentes maneiras de analisar os conceitos de accidentalidade e de necessidade natural ou nômica. Em particular, a noção estruturalista é compatível— na linha apontada anteriormente, de restringir nossa análise às leis científicas ou da ciência, e de acordo com as considerações de Kuhn introduzidas acima — com a seguinte posição: no que concerne à noção de *necessidade*, quando ela é utilizada não é para atribuir *necessidade natural*, mas, no máximo — seguindo também a van Fraassen e a Swartz — *necessidade dos modelos* determinados pelas leis fundamentais. Nesse sentido, as leis fundamentais das respectivas teorias biológicas devem ser consideradas como *necessárias em seu âmbito*

*de aplicação*, mesmo quando fora desse âmbito — que inclui (a conceitualização de) os processos que deram origem aos sistemas empíricos que o formam — não deva ser assim.

O aspecto anterior está em estreita relação com o caráter não empírico ou *a priori* que possuem (pelo menos algumas) das leis da biologia de acordo com as análises apresentadas na seção 3.3.2.2. Segundo nosso entendimento, este caráter poderia ser melhor concebido como “quasi-vácuo” ou “empiricamente irrestrito” no sentido anteriormente assinalado, em vez de “não empírico”, suas leis fundamentais compartilhando, assim, essa característica com leis fundamentais de outras disciplinas científicas, tais como a física. Desse modo, consideramos que, em caso de se querer continuar utilizando uma terminologia de longa tradição na filosofia, é mais adequado concebê-las como enunciados “sintéticos *a priori*”, mas com o *a priori* relativizado às teorias para as quais as leis em questão são fundamentais — sendo assim, como vimos, constitutivas dessas teorias, de seus conceitos *T*-teóricos e de (certas) práticas associadas a elas; assim como, talvez, conceber tais leis como regulativas com respeito a essas práticas —, em vez de como enunciados “analíticos” ou “*a priori*”, entendidos como opostos a empíricos. O caráter de “não empíricas” ou “*a priori*” que acreditam perceber os autores mencionados parece dever-se ao fato de que as consideram independentemente de seu aspecto aplicativo, i.e., independentemente de uma avaliação sobre sua adequação empírica aos sistemas aos quais se pretende aplicá-las, supondo, então, que caso sejam satisfeitas as condições ou restrições que estabelecem, irão cumprir-se em toda uma série de sistemas as relações que elas formulam, mas sem determinar ainda em qual sistema empírico particular são efetivamente satisfeitas. Em outras palavras, na “teoria” ou no “modelo (matemático)” estabelecido “funcionam” bem, são “verdadeiras”; “somente” resta saber se (alguma parcela de) o “mundo” (e qual) se comporta de acordo com elas, i.e. se (e onde) elas se aplicam com êxito. Além disso, nem todas as leis indicadas por esses autores podem ser vistas como as leis fundamentais das correspondentes teorias nas quais aparecem. Aquelas que não são leis fundamentais (como estaríamos dispostos a afirmar a respeito da lei de Hardy-Weinberg, seguindo VAN FRAASSEN, 1987, p. 110), deveriam ser consideradas como leis especiais e, assim, não como “quase-vácuas” ou “empiricamente irrestritas” nem como “sintéticas *a priori*”. Mais ainda, na seção seguinte aprofundaremos o exame do exemplo mencionado que, por outro lado, exige que se tenha claramente identificado a teoria na qual ocorre a lei de Hardy-Weinberg. Assim, veremos como a *lei de concordância populacional*, explicitada na reconstrução da *genética clássica de populações*, ajusta-se à noção de lei fundamental discutida na seção anterior, e como a lei de Hardy-Weinberg pode ser obtida de uma especialização daquela.

Para concluir esta seção, gostaríamos de retomar brevemente a problemática da *natureza das leis*. Como havíamos mencionado, nenhuma das principais alternativas contemporâneas sobre esta problemática carece de objeções e dificuldades, e atualmente ainda se discute sobre elas. Contudo, se também quiséssemos localizar nessas análi-

ses a *elucidação estruturalista do conceito de lei científica fundamental*, diríamos que essa proposta, *pelo menos do modo em que aqui foi caracterizada*, pareceria advogar um tipo de *regularidade humeana*, que apela para *elementos epistêmicos, pragmáticos e/ou contextuais*. Segundo vimos, de acordo com esta elucidação poderíamos dizer que determinados enunciados constituem certo tipo de regularidade, se, sendo aceitos pela comunidade científica respectiva, além de possuírem determinadas características desempenham determinado papel no marco ou contexto de alguma teoria científica; i.e., se, sendo aceitos por certa comunidade científica, possuem caráter sinóptico, valem em todas as aplicações intencionais, têm caráter quase-vácuo e cumprem um papel sistematizador — tudo isso sem recorrer a uma suposta necessidade na natureza, mas pressupondo, isto sim, necessidade nos modelos determinados por esses enunciados.

Como assinalamos anteriormente (seção 3.2), a noção estruturalista de lei fundamental é neutra, bem como a concepção estruturalista das teorias em geral, a respeito da disputa filosófica em torno da natureza das leis, e o estruturalismo metateórico *como tal* somente se compromete com um tipo de teses filosóficas substantivas — a saber, aquelas gerais relativas à estrutura e natureza das teorias científicas, mas não necessariamente com outras. Portanto, é perfeitamente compatível abraçar o estruturalismo metateórico e aceitar a elucidação apresentada do conceito de lei científica fundamental e tentar argumentar, de maneira independente, a favor de *regularidades não humeanas* ou *realistas* ou, inclusive, de um *universalismo* de qualquer tipo; ou ainda, tentar propor um tratamento filosófico das *leis naturais* ou da *natureza* e não apenas das leis científicas ou da ciência. Mas, é claro, o estruturalismo também é compatível com as regularidades de corte humeano mencionadas acima.

## **6 Leis e teorias em biologia: o caso da genética clássica de populações**

Aqui discutiremos a problemática das teorias e das leis em biologia no marco da concepção estruturalista das teorias científicas e da sua noção de lei fundamental, sob a luz de uma proposta de análise da genética clássica de populações e de sua lei fundamental (LORENZANO 2008b, 2014).<sup>14</sup> Há várias razões para a escolha deste caso. Uma delas é que diversos autores tentaram reconstruir essa teoria, seja a partir de alguma variante informal da concepção clássica (RUSE, 1973) ou a partir de alguma das versões da concepção semântica (THOMPSON, 1983, 1989, 2007; LLOYD, 1984, 1988). Outra razão é que tem sido sustentada a centralidade dessa teoria no âmbito da biologia, seja

<sup>14</sup>Para uma análise da teoria genética clássica, mas não de populações, ver Lorenzano (1995, 1997, 2000, 2002), Balzer & Lorenzano (2000), e para uma análise similar à realizada aqui das leis dessa teoria, com a identificação de sua lei fundamental e obtenção das chamadas “leis de Mendel” como especializações dessa lei, ver Lorenzano (2006a, 2007a, 2007b, 2008a). Para uma análise da lei fundamental da teoria da evolução por seleção natural de Darwin, o chamado “princípio de seleção natural”, de acordo com a aqui realizada, ver Ginnobili (2007a, 2007b, 2015) e Díez & Lorenzano (2013, 2015, 2017).

porque constitui o núcleo da teoria da evolução, ou porque foi incorporada a ela, ou mantém certa relação essencial com ela, pelo menos a partir do desenvolvimento da denominada “síntese” (HUXLEY, 1942) entre a teoria da evolução por seleção natural e a genética clássica, que ocorreu nas décadas de 1930 e 1940. Sua análise torna-se, assim, necessária para a compreensão da teoria da evolução. Finalmente, uma de suas leis, a lei ou princípio de Hardy-Weinberg, é uma das que são trazidas ao debate quando se discute a existência de leis em biologia, sendo, inclusive, para alguns, a lei fundamental da genética (clássica) de populações (ver seção 3.3.2.2.).

## 6.1 A genética clássica de populações e sua lei fundamental

A genética de populações geralmente é caracterizada como o estudo da origem e da dinâmica da variação genética dentro das populações ou, de modo equivalente, como o estudo da mudança na composição (ou na estrutura) genética das populações, de geração em geração, ao longo do tempo. Por meio do cruzamento dos indivíduos de uma população e da ulterior produção da seguinte geração, a composição genética da população da qual eles são membros pode ser afetada. Muitos fatores podem afetar a transmissão e a mudança na estrutura genética de uma população. Essas mudanças constituem a “evolução” de uma população. Na literatura, geralmente, são mencionados quatro fatores evolutivos, ou forças evolutivas (as “causas” das mudanças): a migração, a mutação, a seleção e a deriva gênica. Por outro lado, os indivíduos de uma população possuem certos traços ou características que permitem identificar essa população e que, pelo cruzamento dos seus indivíduos, distribuem-se na seguinte geração de certa maneira — dada sob a forma de razões numéricas ou frequências relativas. Essas razões numéricas ou frequências relativas na distribuição dessas características nas sucessivas gerações constituem, basicamente, aquilo que nos permite contrastar a genética (clássica) de populações (ou seja, constituem sua “base (empírica) de contrastação”), ao mesmo tempo que, dito de outro modo, permitem expressar aqueles fenômenos empíricos dos quais a teoria pretende dar conta ou explicar. Finalmente, supõe-se certo tipo de relação — que denominaremos “determinação” — entre a composição genética dos indivíduos das populações e suas características — relação de “determinação” que poderia chegar a depender não apenas da composição genética, mas também do ambiente no qual os indivíduos da população se desenvolvem.<sup>15</sup>

A lei fundamental da genética clássica de populações determina o modo de dar conta das distribuições dos traços ou características nas gerações sucessivas. Ela estabelece que, dadas:

- (i) certas populações — que se cruzam e deixam descendência (gerações seguintes);

---

<sup>15</sup>Caso considere conveniente levar em conta o ambiente, este poderia ser incorporado, sem dificuldades, na análise aqui apresentada.

- (ii) certas relações entre genes (genótipos) e características (fenótipos nos quais se expressam genes com distintos graus de dominância ou epistasia); e
- (iii) dados certos fatores evolutivos,

tem lugar na descendência uma concordância (seja ela exata ou aproximada)<sup>16</sup> entre as distribuições (frequências relativas) de características (fenótipos) e as distribuições dos genes (genótipos) postuladas teoricamente (probabilidades esperadas ou teóricas). Esta lei, que por analogia com o nome já utilizado para a lei fundamental da genética clássica (mas não de populações) denominaremos “lei de concordância populacional”, embora não formulada explicitamente na literatura genética, subjaz de maneira implícita nas formulações habituais desta teoria, sistematizando-a, dotando de sentido a prática dos geneticistas populacionais e unificando os diversos modelos heterogêneos sob uma e a mesma teoria.

Podemos ver facilmente que na lei de concordância populacional proposta é possível identificar os elementos presentes nas leis fundamentais, que foram assinalados na seção 5.

Em primeiro lugar, a lei de concordância populacional distingue-se como uma lei *sinóptica*, ao conectar de um modo inseparável os termos mais importantes da genética clássica de populações em uma “grande” fórmula. Aí figuram tanto os termos próprios ou distintivos da genética, os *genético-teóricos* — os conjuntos dos fatores ou genes (genótipo), o conjunto de fatores evolutivos, as distribuições de probabilidade dos genes na descendência e as relações postuladas entre os genes e as características — como os que não lhe são próprios, os *genético-não-teóricos*, mais acessíveis empírica ou independentemente — os indivíduos (progenitores e descendentes) e populações (progenitoras e descendentes), o conjunto das características, a atribuição de características aos indivíduos e às populações, e de descendentes aos progenitores, bem como as frequências relativas das características observadas na descendência.

Por outro lado, a lei de concordância populacional sendo *altamente esquemática e geral*, e possuindo *tão pouco conteúdo empírico, é irrefutável* (tem um caráter quase-vácuo). Então, se a frequência relativa das características for determinada empiricamente e a distribuição dos genes for postulada hipoteticamente, checar que os coeficientes na distribuição de características e de genes na descendência são (aproximadamente) iguais, sem introduzir restrições adicionais de nenhum tipo, consiste em uma tarefa “de lápis e papel” e não envolve nenhum tipo de trabalho empírico. Contudo, como ocorre com toda lei fundamental, apesar de ser ela mesma irrefutável, fornece um marco conceitual dentro do qual é possível formular leis especiais, cada vez mais específicas (e de âmbito de

<sup>16</sup>Há concordância *idealmente* exata no caso em que não se considerem as aproximações que a genética clássica de populações contém, assim como praticamente todas as teorias empíricas; ou há concordância somente *aproximada*, de forma tal que, de acordo com algum procedimento estatístico — que estabeleça, por exemplo, que não ultrapassem uma  $\epsilon$  dada as distâncias entre os coeficientes que representam uma distribuição teórica e os das frequências relativas.

aplicação mais limitado) até chegar às “terminais”, cujas asserções empíricas associadas podem ser vistas como hipóteses particulares contrastáveis e, eventualmente, refutáveis.

Além disso, poderíamos afirmar que essa lei foi *aceita* implicitamente *como válida em todas as aplicações da teoria* pela comunidade de geneticistas de populações, que a adotaram como pano de fundo geral para corrigir as hipóteses teóricas propostas, e realizar análises particulares das diferentes distribuições de características encontradas, obtendo, assim, um *guia para a pesquisa e o tratamento específico* dessas diversas situações empíricas (caráter “sistematizador”).

A presença de todos esses elementos na lei de concordância populacional justifica, então, que essa, como toda lei fundamental, seja considerada como “*sintética a priori*”, no sentido *relativizado, constitutivo e regulativo* examinado acima: *relativizado* com respeito à genética clássica de populações; *constitutivo* da teoria em questão, assim como também de seus conceitos *genético clássico de população*-teóricos e de certas práticas associadas a essa teoria; e *regulativo*, mais uma vez, com respeito a essas práticas.

O papel primário da lei de concordância populacional foi o de guiar o processo de especialização, determinando os modos nos quais ela deve ser especificada para obter leis especiais. De acordo com ela, para contrastar as hipóteses teóricas avançadas e dar conta das distribuições das características parentais na descendência é preciso especificar: a) o número de pares de genes envolvidos; b) o modo no qual os genes se relacionam com as características — tendo dominância completa ou incompleta, co-dominância ou epistasia, dependendo do caso; c) o número de fatores evolutivos que precisam ser considerados; d) a natureza dos fatores evolutivos que devem ser considerados (se migração, mutação, seleção e/ou deriva gênica); e e) a forma em que se distribuem os genótipos parentais na descendência (ou seja, o modo com que muda a composição genética das populações parentais).

As diversas possibilidades de especialização podem ser realizadas parcial ou totalmente, de maneira isolada ou conjuntamente. Cada especificação estabelecerá condições que, frente a certas situações ou sistemas particulares considerados, poderiam ser qualificadas como “mais realistas”.

A geralmente chamada “lei de Hardy-Weinberg” é um exemplo de especificação. Em sua formulação padrão estabelece que, se for considerado um único gene com somente dois alelos,  $A$  e  $a$ , é possível demonstrar matematicamente que as frequências, ou proporções relativas, dos alelos  $A$  e  $a$  na população não mudarão de uma geração para outra, após a segunda geração (ou, o que vem a ser o mesmo, que o reservatório gênico estará em um estado estacionário — em equilíbrio — com respeito a esses alelos), quando se cumprem certas condições.<sup>17</sup>

<sup>17</sup>Essas condições são as seguintes: 1) que os organismos da população sejam diplóides; 2) que a reprodução seja sexual; 3) que as gerações não se superponham, i.e., que os indivíduos que pertençam a diferentes gerações não se cruzem ou acasalem; 4) que o cruzamento ou acasalamento entre indivíduos seja ao acaso, ou seja, aleatório; 5) que o tamanho da população seja muito grande (pelo menos suficientemente grande para que se apliquem as leis da probabilidade); 6) que a migração seja insignificante; 7)

De fato, é possível mostrar que, partindo da lei de concordância populacional, podemos obter a lei de Hardy-Weinberg se são feitas especificações adequadas do tipo a), c), d) e e). Assim, sua “dedução” somente ocorre se é acrescentada uma série de pressupostos (premissas) adicionais. Além disso, nessa “dedução”, não são feitas todas as especificações; em particular, não especifica de que modo os fatores se vinculam com as características, razão pela qual, apesar de ser uma especialização, a lei de Hardy-Weinberg não pode ser considerada uma “especialização terminal”. Mais do que isso, nessa lei não encontramos nenhuma das condições necessárias, ou “sintomas”, assinaladas na seção 5 (ou seja: ter caráter sinóptico, validade em todas as aplicações intencionais da teoria, caráter quase-vácuo e papel sistematizador). Desse modo, está claro que a lei de Hardy-Weinberg não deveria ser considerada como a lei fundamental da genética clássica de populações.

### Referências bibliográficas

ABREU, C.; LORENZANO, P.; MOULINES, C.U. Bibliography of Structuralism III (1995-2012, and Additions). *Metatheoria. Revista de Filosofía e Historia de la Ciencia/Journal of Philosophy and History of Science/Revista de Filosofia e História da Ciência*, v. 3, n. 2, p. 1-36, Abr. 2013.

ALLÉN, S. (Ed.). Possible worlds in humanities, arts, and sciences. In: NOBEL SYMPOSIUM, 65., 1986, Berlin. *Proceedings...* Berlin: Nobel Symposium, 1989.

ARIZA, Y.; LORENZANO, P.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Meta-Theoretical Contributions to the Constitution of a Model-Based Didactics of Science. *Science & Education*, v. 25, n. 7-8, p. 747-773, Oct. 2016.

ARMSTRONG, D. M. *What is a Law of Nature?* Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

AYER, A. J. What Is a Law of Nature? *Revue Internationale de Philosophie*, v. 36, p. 144-165, 1956. Reimpresso em Ayer (1963), p. 209-234. Tradução espanhola: “¿Qué es una ley de la naturaleza?”, em Ayer (1966), p. 255-85.

AYER, A. J. *The Concept of a Person*. New York: St. Martin's Press, 1963. Tradução espanhola AYER, A. J. *El concepto de persona*. Barcelona: Seix Barral, 1966.

BALZER, W.; LORENZANO, P. The Logical Structure of Classical Genetics. *Journal for General Philosophy of Science*, v. 31, n. 2, p. 243-266, Dec. 2000.

BALZER, W.; MOULINES, C. U.; SNEED, J. D. *An architectonic for science: the structuralist program*. Dordrecht: D. Reidel, 1987. Tradução espanhola BALZER, W.; MOULINES, que a mutação possa ser ignorada; e 8) que a seleção natural não afete os alelos em questão.

C. U.; SNEED, J. D. *Una arquitectura para la ciencia: el programa estructuralista*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes, no prelo.

BALZER, W.; SNEED, J. D.; MOULINES, C. U. (Ed.). *Structuralist knowledge representation: paradigmatic examples*. Amsterdam: Rodopi, 2000.

BEATTY, J. What's wrong with the received view of evolutionary theory? In: ASQUITH, P. D.; KITCHER, P. (Ed.). *Proceedings of the 1980 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*. East Lansing: Philosophy of Science Association, 1981. p. 397-426. v. 2.

BEATTY, J. On behalf of the semantic view. *Biology and Philosophy*, v. 2, n. 1, p. 17-23, Jan. 1987.

BEATTY, J. The evolutionary contingency thesis. In: PITTSBURGH-KONSTANZ COLLOQUIUM IN THE PHILOSOPHY OF SCIENCE, 2., 1993, Pittsburgh. *Proceedings...* Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1995. p. 45-81.

BEATTY, J. Why Do Biologists Argue Like They Do? *Philosophy of Science*, v. 64, n. s1, p. S432-S443, Dec. 1997.

BOVENS, L.; HOEFER, C.; HARTMANN, S. (Ed.). *Nancy cartwright's philosophy of science*. New York: Routledge, 2008.

BRANDON, R. N. Adaptation and evolutionary theory. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, v. 9, n. 3, p. 181-206, Sept. 1978.

BRANDON, R. N. Does biology have laws? The experimental evidence. *Philosophy of Science*, v. 64, n. s1, p. S444-S457, Dec. 1997.

CARNAP, R. On the application of inductive logic. *Philosophy and Phenomenological Research*, v. 8, n. 1, p. 133-148, 1947.

CARNAP, R. The methodological character of theoretical concepts. In: FEIGL, H.; SCRIVEN, M. *The foundations of science and the concepts of psychology and psychoanalysis*. Minneapolis: University of Minnesota Press, c1956. p. 38-76. (Minnesota studies in the philosophy of science, v. 1). Tradução espanhola: "El carácter metodológico de los términos teóricos", em FEIGL; SCRIVEN (1967), p.53-93; em ROLLERI (1986), p.69-111; e em OLIVÉ; PÉREZ RANSANZ (1989), p.70-115.

CARNAP, R. *Introduction to symbolic logic and its applications*. New York: Dover, 1958.

CARNAP, R. *Philosophical foundations of physics: an introduction to the philosophy of science*. New York: Basic Books, 1966. Tradução espanhola CARNAP, R. *Fundamentación lógica de la física*. Buenos Aires: Sudamericana, 1969.

CARNAP, R.; HAHN, H.; NEURATH, O. *Wissenschaftliche Weltauffassung: der Wiener Kreis*. Wien: Artur Wolf Verlag, 1929. Tradução espanhola CARNAP, R.; HAHN, H.; NEURATH, O.; CARNAP, R. La concepción científica del mundo: el Círculo de Viena. *Redes*, v. 9, n. 18, p. 103-149, 2002.

CARRIER, M. Evolutionary change and lawlikeness: beauty on biological generalizations. In: PITTSBURGH-KONSTANZ COLLOQUIUM IN THE PHILOSOPHY OF SCIENCE, 2., 1993, Pittsburgh. *Proceedings...* Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1995. p. 83-97.

CARTWRIGHT, N. *How the laws of physics lie*. Oxford: Clarendon Press, 1983.

CARTWRIGHT, N. (2005), "No God; No Laws", em SINDONI; MORIGGI (2005), p.183-190.

CARTWRIGHT, N. (2008), "Reply to Ulrich Gähde", em BOVENS, HOEFER; HARTMANN (2008), p.65-66.

CASSIRER, E. *Substanzbegriff und Funktionsbegriff: Untersuchungen über die Grundfragen der Erkenntniskritik*. Berlin: Bruno Cassirer, 1910.

CHISHOLM, R. M. The contrary-to-fact conditional. *Mind: a quarterly review of psychology and philosophy*, v. 55, n. 220, p. 289-307, 1946.

CONANT, J. e J. HAUGELAND (eds.)(2000), *The Road Since Structure: Philosophical Essays, 1970-1993, with An Autobiographical Interview*, Chicago: The University of Chicago Press. Tradução espanhola: CONANT, J. e J. HAUGELAND (eds.)(2002), *El camino desde la estructura. Ensayos filosóficos 1970-1993, con una entrevista autobiográfica*, Barcelona: Paidós.

DIEDERICH, W.; IBARRA, A.; MORMANN, T. Bibliography of structuralism. *Erkenntnis*, v. 30, n. 3, p. 387-407, May 1989.

DIEDERICH, W.; IBARRA, A.; MORMANN, T. Bibliography of structuralism II (1989-1994 and additions). *Erkenntnis*, v. 41, n. 3, p. 403-418, Nov. 1994.

DÍEZ, J. A.; LORENZANO, P. La concepción estructuralista en el contexto de la filosofía de la ciencia del siglo XX. In: DÍEZ, J. A.; LORENZANO, P. (Coord.). *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2002a. p. 13-78.

DÍEZ, J. A.; LORENZANO, P. (Coord.). *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2002b.

DÍEZ, J.; LORENZANO, P. Who Got What Wrong? Sober and F&PP on Darwin: Guiding Principles and Explanatory Models in Natural Selection. *Erkenntnis*, v. 78, n. 5, p. 1143-1175, Oct. 2013.

DÍEZ, J.; LORENZANO, P. Are Natural Selection Explanatory Models A Priori? *Biology & Philosophy*, v. 30, n. 6, p. 787-809, Nov. 2015.

DÍEZ, J.; LORENZANO, P. ¿Son a priori los modelos explicativos de la selección natural? *Metatheoria. Revista de Filosofía e Historia de la Ciencia/Journal of Philosophy and History of Science/Revista de Filosofia e História da Ciência*, v. 8, n. 1, p. 31-42, Oct. 2017.

DRETSKE, F. I. Laws of nature. *Philosophy of Science*, v. 44, n. 2, p. 248-268, Jun. 1977.

ELGIN, M. Biology and a priori laws. *Philosophy of Science*, v. 70, n. 5, p. 1380-1389, Dec. 2003.

ERNST, G.; NIEBERGALL, K-G. *Philosophie der Wissenschaft: Wissenschaft der Philosophie*. Paderborn: Mentis-Verlag, 2006. Festschrift für C.Ulises Moulines zum 60. Geburtstag.

FAGOT-LARGEAULT, A.; RAHMAN, S.; TORRES, J. M. (Ed.). *The influence of genetics on contemporary thinking*. Dordrecht: Springer, 2007.

FRIEDMAN, M. Remarks on the history of science and the history of philosophy. In: HORWICH, P. (Ed.). *World changes: Thomas Kuhn and the nature of science*. Cambridge: MIT Press, 1993. p. 37-54.

FRIEDMAN, M. Geometry, convention, and the relativized a priori: Reichenbach, Schlick, and Carnap. In: SALMON, W; WOLTERS, G. (Ed.). *Logic, language, and the structure of scientific theories*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1994. p. 21-334.

FRIEDMAN, M. Philosophical naturalism. *Proceedings and Adresses of American Philosophical Association*, v. 71, n. 2, p. 7-21, 1997.

FRIEDMAN, M. Transcendental philosophy and a priori knowledge: a neo-Kantian perspective. In: BOGHOSSIAN, P.; PEACOCKE, C. *New essays on the a priori*. Oxford: Oxford University Press, 2000. p. 367-383.

FRIEDMAN, M. Kant, Kuhn, and the rationality of science. *Philosophy of Science*, v. 69, n. 2, p. 171-190, Jun. 2002.

FRIEDMAN, M. Carnap and the evolution of the a priori. In: AWODEY, S.; CARSTEIN, K. *Carnap brought home: the view from Jena*. Illinois: Carus, 2004. p. 101-116.

GIERE, R. N. The skeptical perspective: science without laws of nature. In: WEINERT, F. *Laws of nature: essays on the philosophical, scientific and historical dimensions*. Berlin: Walter de Gruyter, 1995. p. 120-138.

GINNOBILI, S. Darwinismo universal de dominio de aplicación restringido. In: MARTINS, L. A. P. et al. (Org.). *Filosofia e história da biologia*. São Paulo: Fundo Mackenzie de Pesquisa, 2007a. p. 427-443. v. 2. Seleção de Trabalhos do V Encontro de Filosofia e História da Biologia.

GINNOBILI, S. Hay lo que queda: sobre la presunta tautologicità de la selección natural. *Análisis Filosófico*, v. 27, n. 1, p. 75-89, mayo 2007b.

GINNOBILI, S. La ley fundamental de la teoría darwiniana de la selección natural. *Metatheoria. Revista de Filosofía e Historia de la Ciencia/Journal of Philosophy and History of Science/Revista de Filosofia e História da Ciência*, v. 6, n. 1, Oct. 2015.

GONZÁLEZ FERNAN, W. J. (Coord.). *Análisis de Thomas Kuhn: las revoluciones científicas*. Madrid: Trotta, 2004.

GOODMAN, N. The problem of counterfactual conditionals. *Journal of Philosophy*, v. 44, n. 5, p. 113-128, Feb. 1947. Tradução espanhola GOODMAN, N. Los condicionales contrafácticos. *Cuadernos de Epistemología*, v. 12, 1965.

GOODMAN, N. *Fact, fiction, and forecast*. 4th ed. Cambridge: Harvard University Press, 1983.

HEMPEL, C. G.; OPPENHEIM, P. Studies in the logic of explanation. *Philosophy of Science*, v. 15, n. 2, p. 135-175, Apr. 1948. Reimpresso em HEMPEL (1965). p. 245-290. Tradução espanhola HEMPEL, C. G.; OPPENHEIM, P. La lógica de la explicación. In: HEMPEL, C. G. *La explicación científica: estudios sobre la filosofía de la ciência*. Buenos Aires: Paidós, 1979. p. 247-294.

HEMPEL, C. G. *Aspects of scientific explanation, and other essays in the philosophy of science*. New York: Free Press, 1965. Tradução espanhola HEMPEL, C. G. *La explicación científica: estudios sobre la filosofía de la ciência*. Buenos Aires: Paidós, 1979.

HENKIN, L.; SUPPES, P.; TARSKI, A. (Ed.). *The axiomatic method*. Amsterdam: North-Holland, 1959.

HORWICH, P. (Ed.). *World Changes: Thomas Kuhn and the nature of science* Cambridge: MIT Press, 1993.

HUME, D. *A treatise of human nature*. Cheapside: John Noon, 1739-1740. 3 v.

HUME, D. *An enquiry concerning human understanding*. London: A. Millar, 1748.

HUXLEY, J. *Evolution, the modern synthesis*. London: G. Allen & Unwin, 1942. Tradução espanhola HUXLEY, J. *La evolución: síntesis moderna*. Buenos Aires: Losada, 1946.

JOSEPH, G. The many sciences and the one world. *The Journal of Philosophy*, v. 77, n. 12, p. 773-791, Dec. 1980.

KANT, I. *Kritik der reinen Vernunft*. Darmstadt: WBG, 1983. Publicado originalmente em 1781.

KITCHER, P.; SALMON, W. C. (Ed.). *Scientific Explanation*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1989. (Minnesota studies in the philosophy of science; v. 13).

KROHS, U. *Eine Theorie biologischer Theorien: status und gehalt von funktionsaussagen und informationstheoretischen modellen*. Berlin: Springer, 2004.

KROHS, U. Wissenschaftstheoretische Rekonstruktionen. In: KROHS, U.; TOEPFER, G. (Ed.). *Philosophie der Biologie: eine einführung*. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 2005. p. 304-321.

KROHS, U.; TOEPFER, G. *Philosophie der Biologie: eine einführung*. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 2005

KUHN, T. S. *The structure of scientific revolutions*. 2.ed. Chicago: University of Chicago Press, 1970. Tradução espanhola KUHN, T. S. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica, 1971.

KUHN, T. S. Second thoughts on paradigms. In: SUPPE, F. (Ed.). *The structure of scientific theories*. Urbana: University of Illinois Press, 1974c. p. 459-482. Tradução espanhola: "Segundas reflexiones acerca de los paradigmas", em Suppe (1979), p.509-533; *Segundos pensamientos sobre paradigmas*, Madrid: Tecnos, 1978; e "Algo más sobre paradigmas", em Kuhn (1977), p.317-343.

KUHN, T.S. (1974b), "Discussion [on Second Thoughts on Paradigms, and other papers of the conference]", em Suppe (1974c), p.295-297, 369-370, 373, 409-412, 454-455, 500-517 *passim*. Tradução espanhola: "Discusión sobre Segundas reflexiones acerca de los paradigmas y otros artículos del simposio", em Suppe (1979), p.336-337, 414-415, 419, 458-462, 503-505, 551-569 *passim*.

KUHN, T. S. Theory change as structure-change: comments on the sneed formalism. *Erkenntnis*, v. 10, n. 2, p. 179-199, Jul. 1976. Tradução espanhola KUHN, T. S. El cambio de teoría como cambio de estructura: comentarios sobre el formalismo de Sneed. *Teorema*, v. 7, n. 2, p. 141-166, 1977; em ROLLERI, 1986. p. 251-274; em CONANT; HAUGELANG, 2002, P.211-232.

KUHN, T. S. *The essential tension: selected studies in scientific tradition and change*. Chicago: University of Chicago Press, 1977. Tradução espanhola KUHN, T. S. *La tensión esencial: estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciência*. México: Fondo de Cultura Económica, 1982.

KUHN, T.S. Commensurability, comparability, communicability. In: ASQUITH, P. D.; NICKLES, T. (Ed.). *Proceedings of the 1982 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*. East Lansing: Philosophy of Science Association, 1983a. p. 669-688. v. 2. Tradução espanhola em KUHN, 1989b, p.95-135; e em CONANT; HAUGELAND, 2002, p.47-75.

KUHN, T. S. Rationality and theory choice. *The Journal of Philosophy*, v. 80, p. 563-570, 1983b. Tradução espanhola em CONANT; HAUGELAND, 2002, p.247-255.

KUHN, T. S. Possible worlds in history of science. In: Allén, S. (Ed.). *Possible worlds in humanities, arts, and sciences: proceedings of Nobel Symposium 65*. Berlin: W. de Gruyter, 1989a. p. 9-32. Tradução espanhola em CONANT; HAUGELAND, 2002. p.77-112.

KUHN, T. S. *¿Qué son las revoluciones científicas? y otros ensayos*. Barcelona: Paidós, 1989b.

KUHN, T. S. Dubbing and redubbing: the vulnerability of rigid designation. In: SAVAGE, C. W. *Scientific theories*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1990. p. 298-318. Tradução espanhola KUHN, T. S. Doblaje y redoblaje: la vulnerabilidad de la designación rígida. In: Gonzalez, W. J. (Ed). *Análisis de Thomas Kuhn: las revoluciones científicas*. Madrid: Trotta, 2004. p.105-133.

KUHN, T. S. *The road since structure: philosophical essays, 1970-1993, with an autobiographical interview*. Chicago: University of Chicago Press, 2000. Tradução espanhola KUHN, T. S. *El camino desde la estructura: ensayos filosóficos, 1970-1993, con una entrevista autobiográfica*. Barcelona: Paidós Ibérica, 2001.

KUHN, T. S. Afterwords. In: HORWICH, P. *World changes: Thomas Kuhn and the nature of science*. Cambridge: MIT Press, 1993. p. 311-341. Tradução espanhola Epílogo. In: CONANT, J.; HAUGELAND, J. (Eds.). *El camino desde la estructura*. Paidós: Barcelona, 2002. p. 267-299.

KYBURG, H. *Philosophy of science: a formal approach*. New York: Macmillan, 1968.

LEWIS, D. K. *Counterfactuals*. Cambridge: Harvard University Press, 1973.

LEWIS, D. New work for a theory of universals. *Australasian Journal of Philosophy*, v. 61, n. 4, p. 343-377, Dec. 1983.

LINDENMAYER, A.; SIMON, N. The Formal Structure of Genetics and the Reduction Problem. In: ASQUITH, P. D.; GIERE, R. N. (Ed.). *Proceedings of the 1980 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*. East Lansing: Philosophy of Science Association, 1980. p. 160-170. v. 1.

LLOYD, E. A. A semantic approach to the structure of population genetics. *Philosophy of Science*, v. 51, n. 2, p. 242-264, Jun. 1984.

LLOYD, E. A. *The structure and confirmation of evolutionary theory*. New York: Greenwood Press, 1988.

LORENZANO, P. *Geschichte und Struktur der klassischen Genetik*. Frankfurt am Main: Peter Lang, 1995.

LORENZANO, P. Hacia una reconstrucción estructural de la genética clásica y de sus relaciones con el mendelismo. *Episteme: Filosofia e História das Ciências em Revista*, v. 3, n. 5, p. 89-117, 1997.

LORENZANO, P. Classical genetics and the theory-net of genetics. In: BALZER, W.; MOULINES, C. U.; SNEED, J. (Ed.). *Structuralist knowledge representation: paradigmatic examples*. Amsterdam: Rodopi, 2000. p. 251-284.

LORENZANO, P. La teoría del gen y la red teórica de la genética. In: DÍEZ, J. A.; LORENZANO, P. (Ed.). *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes, 2002b. p. 285-330.

LORENZANO, P. Fundamental laws and laws of biology. In: ERNST, G.; NIEBERGALL, K. G. (Ed.). *Philosophie der Wissenschaft Wissenschaft der Philosophie. Festschrift für C. Ulises Moulines zum 60. Geburtstag*. Paderborn: Mentis-Verlag, 2006a. p. 129-55.

LORENZANO, P. Leyes fundamentales y leyes de la biología. *Scientiae Studia: Revista Latino-Americana de Filosofía e História da Ciência*, v. 5, n. 2, p. 185-214, abr./jun. 2007a.

LORENZANO, P. The influence of genetics on philosophy of science: classical genetics and the structuralist view of theories. In: FAGOT-LARGEAULT, A.; TORRES, J. M.; RAHMAN, S. (Ed.). *The influence of genetics on contemporary thinking*. Dordrecht: Springer, 2007b. p. 99-115.

LORENZANO, P. Lo a priori constitutivo y las leyes (y teorías) científicas. *Revista de Filosofía*, v. 33, n. 2, p. 21-48, 2008a.

LORENZANO, P. Bas van Fraassen y la ley de Hardy-Weinberg: una discusión y desarrollo de su diagnóstico. *Principia*, v. 12, n. 2, p. 121-154, 2008b.

LORENZANO, P. The Semantic Conception and the Structuralist View of Theories: A Critique of Suppe's Criticisms. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 44, n. 4, p. 600-607, Dec. 2013.

LORENZANO, P. Kenneth Schaffner, las teorías de alcance intermedio y la concepción estructuralista de las teorías. In: PERIS-VIÑÉ, L.M. (Ed.). *Filosofía de la Ciencia en Iberoamérica: Metateoría estructural*. Madrid: Tecnos, 2012, pp. 318-346.

LORENZANO, P. What is the Status of the Hardy-Weinberg Law within Population Genetics? In: GALAVOTTI, M.C.; NEMETH, E.; STADLER, F. (Eds.). *European Philosophy of Science – Philosophy of Science in Europe and the Viennese Heritage, Vienna Circle Institute Yearbook*, v. 17. Dordrecht: Springer, 2014. p. 159-172.

LORENZANO, P. Principios-guía y leyes fundamentales en la metateoría estructuralista. *Cuadernos del Sur*, v. 43-44, p. 35-74, 2014-2015.

MACKIE, J. L. The Direction of Causation. *Philosophical Review*, v. 75, p. 441-466, 1966.

MARTINS, L. A. P. et al. (Ed.). *Filosofia e história da biologia*. São Paulo: Fundo Mackenzie de Pesquisa, 2007. v. 2.

GABBAY, D. M. et al. (Ed.). *Philosophy of biology*. St. Louis: Elsevier, 2007. (Handbook of the Philosophy of Science).

MOSTERÍN, J. *Conceptos y teorías en la ciência*. 2. ed. Madrid: Alianza, 1987.

MOULINES, C. U. Cuantificadores existenciales y principios-guía en las teorías físicas. *Crítica: Revista Hispanoamericana de Filosofía*, v. 10, n. 29, p. 59-88, Aug. 1978.

MOULINES, C. U. *Exploraciones metacientíficas: estructura, desarrollo y contenido de la ciência*. Madrid: Alianza, 1982.

MOULINES, C. U. *Pluralidad y recursión: estudios epistemológicos*. Madrid: Alianza, 1991.

MUNSON, R. Is Biology a Provincial Science? *Philosophy of Science*, v. 42, n. 4, p. 428-447, Dec. 1975.

NAGEL, E. *The Structure of Science: problems in the logic of scientific explanation*. New York: Harcourt, Brace & World, 1961. Tradução espanhola NAGEL, E. *La estructura de la ciência: problemas de la lógica de la investigación científica*. Buenos Aires: Paidós, 1968.

NERSESSIAN, N. J. (Ed.). *The Process of Science: contemporary philosophical approaches to understanding scientific practice*. Dordrecht: M. Nijhoff, 1987.

OLIVÉ, L.; PÉREZ RANSANZ, A. R. (Eds.). *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*. México: Siglo XXI de España, 1989.

POPPER, K. R. *Logik der Forschung*. Wien: Julius Springer Verlag, 1935. Tradução espanhola POPPER, K. R. *La lógica investigación científica*. Madrid: Tecnos, 1962.

REDMAN, D. A. (Ed.). *Economic Methodology: a bibliography with references to works in the philosophy of science, 1860-1988*. New York: Greenwood Press, 1989.

REICHENBACH, H. *Relativitätstheorie und Erkenntnis A Priori*. Berlin: Springer, 1920.

REICHENBACH, H. *Elements of Symbolic Logic*. New York: Macmillan, 1947.

REISCH, G. A. *How the cold war transformed philosophy of science: to the icy slopes of logic*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. Tradução espanhola REISCH, G. A. *Cómo la guerra fría transformó la filosofía de la ciencia*. Quilmes: Universidad Nacional de Quilmes, 2009.

RICHARDSON, A.W. Narrating the history of reason itself: Friedman, Kuhn, and a Constitutive a priori for the twenty-first century. *Perspectives on Science*, v. 10, n. 3, p. 253-274, 2002.

RIZZOTTI, M.; ZANARDO, A. Axiomatization of genetics 1: biological meaning. *Journal of Theoretical Biology*, v. 118, n. 1, p. 61-71, Jan. 1986.

RIZZOTTI, M.; ZANARDO, A. Axiomatization of genetics 2: formal development. *Journal of Theoretical Biology*, v. 118, n. 2, p. 145-152, Jan. 1986.

ROLLERI, J. L. (Ed.). *Estructura y desarrollo de las teorías científicas*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1986.

ROSENBERG, A. *The Structure of Biological Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.

RUSE, M. E. Are there Laws in Biology? *Australasian Journal of Philosophy*, v. 48, n. 2, p. 234-246, 1970.

RUSE, M. *The philosophy of biology*. London: Hutchinson, 1973. Tradução espanhola RUSE, M. *La filosofía de la biología*. Madrid: Alianza, 1979.

SALMON, W. C. *Four decades of scientific explanation*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1989.

SALMON, W; WOLTERS, G. (Ed.). *Logic, language, and the structure of scientific theories*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1994.

SAVAGE, C. W. (Ed.). *Scientific theories*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1990. (Minnesota Studies in the Philosophy of Science, v. 14).

SCHAFFNER, K. F. Theory structures in the biomedical sciences. *The Journal of Medicine and Philosophy*, v. 5, n. 1, p. 57-97, Mar. 1982.

SCHAFFNER, K. F. *Discovery and explanation in biology and medicine*. Chicago: University of Chicago Press, 1993.

SINDONI, E.; MORIGGI, S. (Ed.). *Dio, la natura e la legge: god and the laws of nature*. Milan: Angelicum-Mondo X, 2005.

SMART, J. J. C. Theory construction. *Philosophy and Phenomenological Research*, v. 11, n. 4, p. 457-473, 1951.

SMART, J. J. C. *Philosophy and Scientific Realism*. New York: Humanities Press, 1963.

SOBER, E. Fact, fiction and fitness: a reply to Rosenberg. *The Journal of Philosophy*, v. 82, n. 7, p. 372-385, 1984.

SOBER, E. *Philosophy of biology*. Boulder: Westview Press, 1993.

SOBER, E. Two outbreaks of lawlessness in recent philosophy of biology. *Philosophy of Science*, v. 64, n. s1, p. S458-S467, Dec. 1997.

STEGMÜLLER, W. *Theorie und Erfahrung*. Berlin: Springer, 1970. Tradução espanhola

STEGMÜLLER, W. *Teoría y experiencia*. Barcelona: Ariel, 1979.

STEGMÜLLER, W. *The structuralist view of theories: a possible analogue of the Bourbaki programme in physical science*. Berlin: Springer, 1979. Tradução espanhola STEGMÜLLER, W. *La concepción estructuralista de las teorías: un posible análogo para la ciencia física del programa de Bourbaki*. Madrid: Alianza Editorial, 1981.

STEGMÜLLER, W. *Erklärung–Begründung–Kausalität*. Berlin: Springer, 1983.

STEGMÜLLER, W. *Die Entwicklung des neuen Strukturalismus seit 1973*. Berlin: Springer, 1986.

SUÁREZ, M.; CARTWRIGHT, N. Theories: tools versus models. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, v. 39, n. 1, p. 62-81, Jan. 2008.

SUPPE, F. The search for philosophic understanding of scientific theories. In: SUPPE, F. (Ed.). *The structure of scientific theories*. Urbana: University of Illinois Press, 1974c. p. 3-241. Tradução espanhola SUPPE, F. (Ed.). En busca de una comprensión filosófica de las teorías científicas. In: SUPPE, F. (Ed.). *La estructura de las teorías científicas*. Madrid: Editora Nacional, 1979. p. 15-277.

SUPPE, F. (Ed.). *The structure of scientific theories*. Urbana: University of Illinois Press, 1974c. Tradução espanhola SUPPE, F. (Ed.). *La estructura de las teorías científicas*. Madrid: Editora Nacional, 1979.

- SUPPES, P. et al. *Logic, methodology and philosophy of science*. In: INTERNATIONAL CONGRESS FOR LOGIC, METHODOLOGY, AND PHILOSOPHY OF SCIENCE, 4., 1971, Bucharest. *Proceedings...* Amsterdam: North-Holland, 1973.
- SWARTZ, N. The neo-humean perspective: laws as regularities. In: WEINERT, F. (Ed.). *Laws of nature: essays on the philosophical, scientific and historical dimensions*. Berlin: Walter de Gruyter, 1995. p. 67-91.
- THOMPSON, P. The structure of evolutionary theory: a semantic approach. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 14, p. 215-229, 1983.
- THOMPSON, P. *The structure of biological theories*. New York: State University of New York Press, 1989.
- THOMPSON, P. Formalisations of evolutionary biology. In: GABBAY, D. M. et al. (Ed.). *Philosophy of biology*. St. Louis: Elsevier, 2007. p. 485-523. (Handbook of the Philosophy of Science).
- TOOLEY, M. The nature of laws. *Canadian Journal of Philosophy*, v. 7, p. 667-698, 1997.
- VAN FRAASSEN, B. *Laws and Symmetry*. Oxford: Oxford University Press, 1989.
- VAN FRAASSEN, B. Armstrong, Cartwright, and Earman on laws and symmetry. *Philosophy and Phenomenological Research*, v. 53, n. 2, p. 431-444, 1993.
- WEINERT, F. Laws of nature-laws of science. In: WEINERT, F. (Ed.). *Laws of nature: essays on the philosophical, scientific and historical dimensions*. Berlin: Walter de Gruyter, 1995a. p. 3-64.
- WEINERT, F. (Ed.). *Laws of nature: essays on the philosophical, scientific and historical dimensions*. Berlin: Walter de Gruyter, 1995b.
- WILLIAMS, M. B. Deducing the consequences of evolution: a mathematical model. *Journal of Theoretical Biology*, v. 29, n. 3, p. 343-385, Dec. 1970.
- WOLTERS, G.; LENNOX, J. (Ed.). Concepts, theories and rationality in the biological sciences. In: PITTSBURGH-KONSTANZ COLLOQUIUM IN THE PHILOSOPHY OF SCIENCE, 2., 1993, Pittsburgh. *Proceedings...* Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1995.
- WOODGER, J. H. *Biological principles: a critical study*. London: K. Paul, 1929.
- WOODGER, J. H. *The axiomatic method in biology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1937.
- WOODGER, J. H. *The technique of theory construction*. Chicago: University of Chicago Press, 1939.

WOODGER, J. H. *Biology and language: an introduction to the methodology of the biological sciences, including medicine*. Cambridge: Cambridge University Press, 1952. Tradução espanhola WOODGER, J. H. *Biología y lenguaje*. Madrid: Tecnos, 1978.

WOODGER, J. H. Studies in the foundations of genetics. In: HENKIN, L.; SUPPES, P.; TARSKI, A. *The axiomatic method with special reference to geometry and physics*. Amsterdam: North-Holland, 1959. p. 408-428.