

## Popper *versus* Bachelard: o caso da “hipótese provisória da pangênese” de Darwin

### *Popper versus Bachelard: the case of Darwin’s “provisional hypothesis of pangenesis”*

**Fernanda Gonçalves Arcanjo**

Programa de Pós-Graduação em Biologia Comparada, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP), Universidade de São Paulo (USP).

[fgarcanjo@usp.br](mailto:fgarcanjo@usp.br)

[orcid.org/0000-0002-1190-9768](https://orcid.org/0000-0002-1190-9768)

**Resumo.** O objetivo deste trabalho foi comparar a relação das epistemologias de Karl Popper e de Gaston Bachelard com a história da ciência. Primeiro, foi feita uma comparação dos pressupostos teóricos de ambas as epistemologias em suas interpretações da história da ciência. Depois foi discutido um caso particular da história da biologia, o da “hipótese provisória da pangênese” de Charles Darwin, sob as perspectivas de ambas as epistemologias. Concluiu-se que, uma vez que a teoria de Popper está estruturada num modelo lógico, ela acaba se restringindo a contar uma história da ciência demasiada homogênea, que não comporta a pluralidade das ciências. A teoria bachelardiana, por outro lado, concede foco exatamente à pluralidade e às contradições da atividade científica. Ambas, no entanto, carecem de discutir os elementos não conceituais da história da ciência.

**Palavras-chave:** História da ciência. Epistemologia. História da biologia. Charles Darwin.

**Abstract.** *The aim of this paper was to compare the relation between the epistemologies of Karl Popper and Gaston Bachelard with the history of science. First, a comparison was made of the theoretical assumptions of both epistemologies in their interpretations of the history of science. Then, a case of the history of biology was discussed from the perspective of both epistemologies, that of Charles Darwin's “provisional hypothesis of pangenesis”. It was then concluded that, since Popper's theory is structured in a logical perspective, it ends up restricting itself in telling a history of science that is too homogeneous, which does not include the plurality of sciences. Bachelard's theory, on the other hand, gives focus precisely to the plurality and contradictions of scientific*

*activity. Both, however, lacks a discussion about non-conceptual elements of the history of science.*

**Keywords:** *History of science. Epistemology. History of biology. Charles Darwin.*

Recebido: 01/10/2017 Aceito: 27/10/2017 Publicado: 06/11/2017

## 1. Introdução

A filosofia da ciência sem a história da ciência é vazia; a história da ciência sem a filosofia da ciência é cega (LAKATOS, 1971, p.91).

Essa célebre frase de Lakatos resume uma condição central aos historiadores e filósofos da ciência, definindo que “história e filosofia da ciência” não configura um campo único e homogêneo, afinal a história da ciência (HC) tem objetos, métodos e problemas diferentes da filosofia da ciência (FC). No entanto, pesquisas tanto em HC quanto em FC não se sustentam quando estão desassociadas dos objetos, métodos e problemas da outra.

Nesse sentido, se propõe uma discussão sobre as diferentes formas em que a filosofia da ciência se relaciona com a história da ciência. Utiliza-se como exemplos as epistemologias de Karl Popper, amplamente reconhecido pela sua teoria das conjecturas e refutações (POPPER, 1980) e principal nome da vertente epistemológica anglo-saxônica, e de Gaston Bachelard, a grande referência daquela que chamamos a vertente epistemológica francesa; sua teoria do racionalismo aplicado é, ainda hoje, uma das mais expressivas marcas da lógica não aristotélica na epistemologia. Embora ambas as teorias de Popper e Bachelard sejam reconhecidas como racionalistas, suas abordagens são notoriamente diferentes. O que segue é uma breve revisão destas diferenças, pois muito a respeito disto já foi estudado. Nossa ênfase será identificar e definir a diferença da relação entre as teorias de Popper e de Bachelard com a história da ciência e, posteriormente, abordar a sua serventia para a análise de um caso particular da história da biologia.

## 2. As epistemologias de Popper e Bachelard

A epistemologia popperiana se sustenta sob uma perspectiva realista absoluta, pois afirma que o status científico de uma teoria é determinado por sua capacidade de ser refutada pelos os dados empíricos, ou seja, pelo contato direto com o mundo real. Nesse sentido, a ciência só progride na medida em que se reproduzem estes testes, estes contatos “diretos” com a realidade. Enquanto isso, Bachelard afirma que a noção de que o conhecimento é refratário do mundo real é uma noção ingênua advinda da ideia de que enxergamos o mundo como ele realmente é. Bachelard entendia não ser possível

algo como um acesso ao real absoluto. Enxergamos o mundo através de recortes ou lentes e a lente do cientista, em particular, seria a teoria racionalmente produzida.

A epistemologia de Popper, arquitetada sobre a lógica aristotélica clássica, assume, portanto, que a realidade na qual se baseia a ciência é estática: aquilo que é real é sempre real e só real. Já aquilo que não é real, nunca foi nem nunca será real. A epistemologia de Bachelard, fundamentada numa lógica não aristotélica, assume uma realidade científica dinâmica. As proposições elementares que, em determinado momento, se tem como verdade são justamente aquelas que o cientista deve estar sempre apto a recusar. Assim, aquilo que é, nem sempre é.

A questão do modo como se dá o progresso na ciência é outra diferença crucial entre as duas epistemologias e expõe de maneira clara como ambas estão relacionadas com a história da ciência. O método lógico da epistemologia popperiana de propor conjecturas e buscar refutações pressupõe que, desde o primeiro enfrentamento com o conhecimento de senso comum até as seguintes substituições de teorias científicas, há sempre uma contínua melhora de respostas para as mesmas perguntas e um acúmulo de respostas para novas perguntas. Embora jamais se chegue a todas as respostas corretas, à verdade ou à realidade plena, a ciência promove um aumento do conteúdo de verdade das teorias. Ou seja, a ciência, para Popper, evolui no sentido de trabalhar diretamente sobre o real e daí resgatar recortes cada vez mais amplos e claros do mundo como ele é.

Como método para a compreensão da história da ciência, o modelo popperiano traz, portanto, uma exposição clara dos elementos que devem ser identificados. É necessário saber, para um determinado período, quais são as teorias que foram refutadas, a correta sequência em que estas teorias foram refutadas e quais as razões destas refutações. É importante também identificar a teoria que prevalece até o momento o qual se estuda e o que ela trouxe de novo, num sentido de progresso, em relação às teorias anteriores.

É a principal consequência deste modelo, portanto, que a história da ciência passe a ser interpretada de uma maneira homogênea. Seria papel da história da ciência enfatizar os períodos que, hoje, são reconhecidos como os mais notáveis da história, pois foram estes que moldaram a ciência, e apenas eles vão nos revelar o caminho pelo qual a ciência avança. As condições específicas sobre as quais cada evento científico se sucedeu ou sobre as quais cada conceito ou teoria foi proposto(a) são deixadas de lado no intuito de recortar uma continuidade das teorias científicas e evidenciar o progresso da ciência.

Em oposição a este continuísmo popperiano, temos que a epistemologia bachelardiana é rupturista. Para Bachelard, o conhecimento científico é sempre a reforma de uma ilusão e a primeira ilusão é a do primeiro contato com o mundo, o contato sensível. É necessário romper com o senso comum para construir o conhecimento científico. E, no desenvolvimento da ciência, o novo conhecimento sempre diz não ao conhecimento anterior. Tal ruptura é tamanha que promove não uma simples mudança das respostas aos problemas científicos, mas uma mudança das próprias questões a serem perseguidas: há uma infinda mudança de racionalização. Consequentemente, não há

garantias de a ciência represente uma contínua ampliação do conhecimento sobre a realidade.

Isso não significa que Bachelard acreditava que a ciência não avança, ele defendia apenas que o progresso científico assume propriedades dialéticas. Bachelard acreditava que este progresso se evidencia no amadurecimento da perspectiva filosófica com a qual a ciência enxerga a realidade. Esse amadurecimento se dá, de acordo com Bachelard, de uma perspectiva realista para uma racionalista. Segue que o conhecimento produzido num determinado intervalo da história da ciência não é, necessariamente, descartado. Na dependência de como e onde este conhecimento é aplicado, ele será compreendido por diferentes óticas filosóficas.

É característica essencial da epistemologia de Bachelard, portanto, o fato de que ela não é elaborada na forma de um modelo, como a teoria de Popper e de vários filósofos da ciência da vertente anglo-saxônica. Bachelard simplesmente sugeriu uma realidade muito mais plural do que aquela exibida na epistemologia popperiana. Sua conclusão mais óbvia é de que não é possível resgatar uma homogeneidade na história da ciência, ela deve ser estudada caso a caso. Cada conceito, cada problema, cada teoria tem seu desenvolvimento único. E a história aponta para o conhecimento como a produção de uma realidade sob as leis da razão. A epistemologia bachelardiana é, portanto, denominada uma epistemologia histórica, pois ela é um reflexo da história ao mesmo tempo em que bebe da fonte da lógica dialética. Enquanto, por outro lado, a epistemologia de Popper é inteiramente tributária da lógica clássica e pretende formatar a própria história da ciência à luz de sua lógica.

É importante, neste momento, lembrarmos-nos da frase de Lakatos. Segue dela que uma história da ciência é sempre contada de modo a se adequar à filosofia que lhe é imposta. Essa história, ou melhor, essa versão jamais será absoluta ou sequer suficiente. Por outro lado, a epistemologia também é sempre desenvolvida de modo a se adequar à(s) história(s) na(s) qual(is) ela se baseia. Dizemos isso, pois Popper, assim como a grande maioria dos filósofos de seu período, baseou sua epistemologia em exemplos da história da física e da matemática. Bachelard foi um dos poucos que trabalhou, no início do século XX, também com a história da química. Portanto, transpassar quaisquer destas epistemologias para uma análise da história de uma outra ciência é sempre um exercício filosófico que deve se manter aberto e feito com cautela. Ainda permanece relativamente obscuro até que ponto estas epistemologias têm poder explanatório para a história da biologia. No intuito de fomentar esta polêmica, fazemos um questionamento a respeito das interpretações popperiana e bachelardiana para o lugar da hipótese darwiniana da pangênese na história da biologia, um caso pouco conhecido e discutido em comparação às ideias evolutivas de Charles Darwin.

### **3. Analisando o caso da pangênese**

Charles Robert Darwin, conhecido pela publicação de sua teoria para a evolução biológica em “A origem das espécies” (1859), foi também autor do livro “A variação de

animais e plantas sob domesticação” (1868), onde publicou sua segunda proposta teórica geral: a “hipótese provisória da pangênese”. Muito menos reconhecida que a teoria evolutiva, a pangênese explicava o fenômeno da herança biológica (hereditariedade) e o desenvolvimento ontológico dos seres vivos.

A pangênese (do grego *pan-* todo e *genesis-* origem/nascimento) estava baseada na proposta de que toda a organização do corpo é capaz de reproduzir a si mesmo através de suas partes. Cada parte do corpo, possivelmente cada célula, seria capaz de liberar minúsculas gêmulas (de proporção similar aos átomos), que carregariam a informação herdável das características daquela parte. Estas gêmulas seriam liberadas ao longo de toda a vida do indivíduo e se multiplicariam e circulariam ao longo do corpo durante certo período até que se acomodassem nos órgãos reprodutivos. Durante a reprodução sexual, o conjunto de gêmulas de ambos os parentais seria unido, formando um embrião, ou seja, um novo ser vivo com as características de ambos os parentais.

O objetivo explícito de Darwin com a hipótese da pangênese, portanto, era fornecer uma explicação unificada e universal para o maior número de fenômenos, até então, não esclarecidos, mas que ele acreditava estarem envolvidos tanto com a herança biológica como com o desenvolvimento dos indivíduos. Dentre os diversos fenômenos os quais Darwin elucidou com sua hipótese estava o fenômeno da herança de caracteres adquiridos (HCA). Popularizada pela teoria de Jean Baptiste de Lamarck, a HCA era, na realidade, amplamente aceita pela comunidade científica há alguns séculos. E foi Darwin, e não Lamarck, que desenvolveu um mecanismo fisiológico (na pangênese) para explicá-la, inclusive em coerência com a sua teoria evolutiva (ARCANJO & SILVA, 2017).

Hoje sabemos que a hipótese da pangênese não apresenta valor heurístico para a fisiologia ou para a biologia do desenvolvimento. No entanto, na época de sua publicação ela teve uma recepção acalorada com diversos adeptos, assim como opositores (BIZZO, 2008). Francis Galton, primo de Darwin, mais conhecido por seus trabalhos em estatística, foi um dos grandes adeptos da hipótese da pangênese logo que foi publicada. Sua confiança e excitação em relação às promessas heurísticas da pangênese o levaram a elaborar um experimento baseado nas hipóteses de Darwin.

Tal experimentação se deu no intuito de identificar a presença de gêmulas na corrente sanguínea de ratos, afinal Darwin havia proposto que as gêmulas, antes do repouso nos órgãos sexuais, permaneceriam circulando pelo organismo durante certo tempo. O experimento não gerou resultados positivos, decepção que levou Galton a publicar um ensaio na revista *Nature* relatando e lamentando o insucesso de seus experimentos. Darwin, no entanto, rebateu a publicação de Galton através de uma resposta na *Nature* na qual afirmou que jamais havia dito que as gêmulas circulariam especificamente na corrente sanguínea.

Sob a perspectiva epistemológica de Popper, são três as mais óbvias conclusões que se pode tirar desse breve relato sobre a hipótese da pangênese. Primeiro, a pangênese darwiniana não teve papel relevante na história da teoria evolutiva como a conhecemos

e, portanto, não teve papel relevante na história da biologia. Portanto, pouco tem a oferecer para uma compreensão da lógica do desenvolvimento desta ciência. Segundo, Darwin elaborou com a pangênese uma “teoria” extremamente abstrata que, à primeira vista, não proíbe nenhum acontecimento logicamente previsível. Ou seja, não há como refutá-la, como bem exemplifica a resposta de Darwin aos experimentos de Galton. Sendo assim, a hipótese da pangênese sequer pode ser considerada como uma teoria genuinamente científica. Terceiro, a hipótese da pangênese estaria mais bem definida, então, como uma hipótese ou teoria pseudocientífica e é consequência disso a baixa relevância que ela apresentou para os desenvolvimentos seguintes da biologia.

À princípio essas conclusões fazem sentido, afinal, quem hoje ouve falar sobre a hipótese da pangênese, senão como um devaneio de Charles Darwin? O mais comum, na realidade, é ver a pangênese retratada como um deslize de um grande cientista (BIZZO & MOLINA, 2004). Estas conclusões são, certamente, coerentes com a visão popperiana de que as condições nas quais a teoria é formulada não são relevantes para se compreender a história da ciência. No entanto, esta visão também empobrece o entendimento do lugar da pangênese em sua época enfatizando o lugar da pangênese hoje, em que temos a genética como explicação atual, e muito bem sucedida, para a hereditariedade. Esquece-se que, no século XIX, os fenômenos relacionados com herança eram completamente incompreendidos e se ignora o exercício de Darwin em explicar fisiologicamente uma grande parte desses fenômenos com um mesmo sistema teórico de caráter materialista e mecanicista e que estava, ainda, em total harmonia com a sua teoria evolutiva, a teoria mais relevante atualmente do campo da biologia. Sob outro ponto de vista, o empreendimento darwiniano com a pangênese talvez esteja sendo muito facilmente menosprezado ao ser categorizado como pseudocientífico.

Da mesma maneira que Popper diz que é relativamente fácil encontrar verificações que corroborem a sua teoria, também é relativamente fácil reconhecer nas teorias atualmente estabelecidas motivos para seus estabelecimentos. Certamente mais simples do que reconhecer em ideias ultrapassadas valores que foram sepultados. Não seria papel da história da ciência compreender o valor das teorias em seu tempo? Não teria este exercício algo a nos dizer, também, sobre o empreendimento científico?

Como não existe um modelo na teoria de Bachelard, apenas proposições a respeito de características da ciência, é mais complicado interpretar a história de uma hipótese específica, como a pangênese, sobre uma abordagem bachelardiana. No entanto, algumas questões são claras. Bachelard assume que todo conceito ou ideia na ciência apresenta um espectro nocional, ou seja, a realidade de uma ideia está fracionada em diversas perspectivas filosóficas. Foi o que ele desenvolveu em sua noção de perfil epistemológico. Deste modo, seria correto supor que Bachelard defenderia uma análise mais profunda da hipótese para extrair de sua história o que ela tem a dizer sobre o empreendimento científico.

Neste sentido, algo curioso em relação à hipótese da pangênese é que ela era fundamentada na ideia de que o desenvolvimento é a base para as mudanças evolutivas e, portanto, era seu pressuposto que o estudo dos mecanismos do desenvolvimento



desvendaria os mistérios da origem e natureza da variação das espécies. É possível dizer que a hipótese da pangênese era um projeto de Darwin para sintetizar o estudo da evolução com o estudo do desenvolvimento, de modo a conferir uma linha heurística experimental para o estudo das variações na evolução.

A ideia de que compreender o desenvolvimento é a base para compreender a origem da variação foi suprimida em meados do século XX pelo desenvolvimento da teoria sintética da evolução (TSE) – a síntese entre a teoria evolutiva darwiniana e a genética mendeliana. A abordagem genecentrada da TSE para o estudo da evolução – definindo-a como a mudança das frequências de genes ao longo das gerações – substituiu a tradição de estudo do desenvolvimento no campo da evolução. No entanto, eis que no final do século XX surge a disciplina biologia evolutiva do desenvolvimento (Evo-devo) que, como defende Hall (2003), teria como origem a publicação da “Origem das espécies”. O trabalho de Darwin teria sido um marco para o início da tradição do estudo de evolução através da embriologia comparativa que, associada às inovações da biologia molecular no final do século XX, definiu o início da produção da Evo-devo como disciplina.

Embora não seja possível entrar em detalhes, o fato é que uma ideia que no século XIX era amplamente defendida e que foi quase completamente rejeitada após o advento da genética no século XX, volta, no século XXI, com toda força. Este tipo de reviravolta não é comportado pelo modelo continuísta de Popper, especialmente porque não é possível identificar, nesta história, nenhuma refutação passada que tenha se mostrado claramente equivocada e explicasse o retorno de uma ideia anteriormente abandonada.

A perspectiva bachelardiana já nos permite entender este evento de uma maneira diferente. Tendo em vista a relação dialética que Bachelard supõe existir entre o real absoluto e o real científico, enquanto a realidade em si é inacessível, o real científico tem de ser dinâmico e mutável, e sua mutabilidade teria de se mostrar não em um, mas em diversos sentidos para compor tal relação dialética. Uma vez que não temos acesso ao mundo real e trabalhamos com seus recortes, uma mudança na racionalização pode levar a um resgate de ideias anteriormente rejeitadas com propriedade, mas que devido a esta conversão de racionalização passam a ser compreendidas de uma nova maneira (BACHELARD, 1978).

É possível compreender esta volta dos estudos em desenvolvimento e evolução desta maneira, levando em consideração que o advento da genética e a chamada revolução molecular na biologia, provocaram verdadeiras mudanças de racionalização – uma teórica e outra experimental – no estudo do campo da biologia como um todo. E, de alguma maneira, estas novas espécies de evidências permitiram um resgate de uma ideia tão claramente defendida no corpo da pangênese, mas que não teve meios conceituais e técnicos para se difundir em sua época.

Deve estar claro que não defendemos aqui valores heurísticos para a hipótese da pangênese. Não defendemos a pangênese como explicação para a herança nem propomos que se volte a procurar gêmulas nos fluidos corporais de organismos

multicelulares. Desde o início da genética moderna, novos conhecimentos surgiram e as técnicas e a linguagem dos estudos em herança e evolução sofreram mudanças dramáticas. Portanto, o resgate ingênuo de velhas ideias não faz sentido. Porém, reconstruindo historicamente o desenvolvimento das ideias de herança (mesmo que apenas parcialmente), percebemos que hipóteses e teorias antes ignoradas podem ser ressignificadas à luz dos conhecimentos atuais.

Segue disto que propostas como a pangênese darwiniana, uma vez bem adequadas ao seu tempo, não podem, nem devem ser menosprezadas por sua incongruência com conhecimentos subsequentes, principalmente quando muito do seu foco ressurgem nas mais recentes produções da área. Defendemos, portanto, que há valor histórico e há valor epistemológico numa hipótese que, sob uma análise lógica e positivista, é facilmente ignorada. Neste sentido, a perspectiva bachelardiana da ciência parece fazer mais jus aos pormenores filosóficos da história da ciência, inclusive ao se tratar da história da biologia.

#### 4. Conclusões

Neste ensaio concluímos que, uma vez que a teoria de Popper está estruturada num modelo lógico bem definido, tal modelo acaba se restringindo a contar uma história da ciência demasiada homogênea, que não comporta a pluralidade das ciências e seus diversos desenvolvimentos. A teoria bachelardiana, por outro lado, concede foco exatamente à pluralidade epistemológica da atividade científica. Nem só de positivismo, nem só de racionalismo se desenvolve uma ciência. E, neste sentido, não temos dúvidas de que ele está correto, as revoluções que vemos ocorrer nas ciências não poderiam estar desassociadas de conversões filosóficas na compreensão da natureza. Portanto, tudo muda. Se tudo muda, uma só viseira filosófica pode não ser suficiente para contar a história de toda uma ciência, muito menos de todas as ciências.

Não afirmamos, no entanto, que a epistemologia bachelardiana tenha preenchido todas as lacunas da epistemologia. Há algo que nenhuma das duas parece, igualmente, dar conta. Afinal, quais as influências concretas do desenvolvimento econômico e social sobre a atividade científica? O modelo lógico de Popper facilmente se livra dessas preocupações ao eclipsar os meios irracionais de desenvolvimento de teorias pelos meios racionais, críticos e objetivos do método de refutações. Menos aristotélico que Popper, Bachelard põe as seguintes questões:

Perguntaremos pois aos cientistas: como pensais, quais são as vossas tentativas, os vossos ensaios, os vossos erros? Quais são as motivações que vos levam a mudar de opinião? Por que razão vocês se exprimem tão sucintamente quando falam das condições psicológicas de uma nova investigação? (BACHELARD, 1978, p.8)

Bachelard, diferente de Popper, assume que há fatores suprarracionais atuando no empreendimento científico. No entanto, não é possível dizer que ele avança sequer um passo em relação à perspectiva popperiana no sentido de responder às suas próprias questões. Em sua epistemologia Bachelard se abstém de entrar neste aspecto da ciência.



Portanto, a conclusão final deste trabalho é de que, tomando como exemplo a comparação entre as abordagens popperiana e bachelardiana para a história da hipótese darwiniana da pangênese, a análise bachelardiana parece expor características do empreendimento científico muito mais interessantes e frutíferas do que a análise popperiana. Dito isso, resta uma lacuna que Bachelard não preencheu, embora parecesse estar ciente: qual a influência da cultura, religião e demais valores sociais sobre o empreendimento científico. Sendo assim, se faz necessário um novo modelo, de inspiração bachelardiana, mas que se aproprie racionalmente das influências de elementos concretos e sociológicos no estabelecimento de conceitos, teorias e tradições científicas, isto no intuito de compor uma filosofia da ciência que tome não apenas um, mas todos os ângulos da história da ciência de maneira racional e plural.

## Financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

## Referências

ARCANJO, F.G.; SILVA, E.P. Pangênese, genes, epigênese. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v. 24, n. 3, p. 707-726. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0104-59702017000300009>

BACHELARD, 1978. A filosofia do não. In: PESSANHA, J. A.M. (ed.). **Bachelard**, Coleção Os Pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1978. pp. 1-87.

BIZZO, N. A teoria genética de Darwin e sua oposição ao mendelismo. **Filosofia e História da Biologia**, v. 3, p. 317-333. 2008. Disponível em: <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-03/FHB-v03-17.html>

BIZZO, N.; MOLINA, A. El mito darwinista en el aula de clase: un analisis de fuentes de informacion al gran publico. **Ciência&Educação**, v. 10, n. 3, p. 401-416. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132004000300007>

DARWIN, C.R. The provisional hypothesis of pangenesis. In: DARWIN, C. R. (autor). **The variation of animals and plants under domestication**. London: John Murray, 1868. pp. 357-404.

HALL, B.K. Evo-Devo: evolutionary development mechanisms. **International Journal of Biological Sciences**, v. 47, n. 7/8, p. 491-495. 2003. Disponível em: <http://www.ijdb.ehu.es/web/paper/14756324/evo-devo-evolutionary-developmental-mechanisms>



LAKATOS I. History of science and its rational reconstructions. In: BUCK, R.C.; COHEN, R.S. (eds). **PSA 1970**, Boston Studies in the Philosophy of Science, v. 8. Dordrecht: Springer, 1971. pp. 91-136. Disponível em: [https://doi.org/10.1007/978-94-010-3142-4\\_7](https://doi.org/10.1007/978-94-010-3142-4_7)

POPPER, K. Ciência: conjecturas e refutações. In: POPPER, K. (autor). **Conjecturas e refutações**. Coimbra: Almedina, 1980. pp. 63-88.