

Pangênese e teoria cromossômica da herança: a persistência de idéias?

Nadir Ferrari *
Neusa Maria John Scheid #

Resumo: Apontamos aqui aproximações e distanciamentos entre a teoria da pangênese, cujas raízes se encontram na Antigüidade e que foi concebida de forma mais sistemática na segunda metade do século XIX por Charles Darwin, e a teoria cromossômica. A teoria cromossômica, sustentada por um acúmulo de evidências empíricas obtidas durante diversas décadas, a partir do início do século XX e por um sólido e coerente quadro teórico, é o modelo científico aceito atualmente para explicar os fenômenos ligados à hereditariedade e à transmissão. Entretanto, permanecem indagações que remontam à Antigüidade, relacionadas à manutenção da estabilidade e ao desenvolvimento.

Palavras-chave: história da biologia; pangênese; teoria cromossômica.

Pangensis and chromosome theory: the persistence of ideas?

Abstract: We point out approximations and distinctions between the theories of pangensis and of chromosomes, which characterize the former as an undeveloped stage of the latter. The chromosome theory is supported by a huge amount of empirical evidence and by a solid and coherent theoretical frame. The phenomena related to inheritance and transmission are better explained by this scientific model. Nevertheless, questions related to the maintenance of stability and to development have not yet been fully understood.

Keywords: history of biology; pangensis; chromosome theory.

* Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, CEP 88040 900, Florianópolis, Santa Catarina. E-mail: nadir.ferrari@gmail.com.

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Rua Universidade das Missões 464, prédio 13, CEP 98 802 470, Santo Ângelo, Rio Grande do Sul. E-mail: scheid.neusa@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

As questões referentes ao processo de reprodução dos seres vivos, à emergência dos seres vivos a partir de outros seres vivos, e à definição de vida têm desde sempre intrigado os pesquisadores da área de Ciências Biológicas. Este texto discutirá a possibilidade de um fato científico, por ser historicamente construído, partilhar características com idéias anteriores que foram refutadas.

A produção do conhecimento é vista por Ludwick Fleck como um processo dinâmico de instauração, de extensão e de transformação do estilo de pensamento dos membros de uma comunidade (Fleck, 1896). Para esse autor, muitas vezes, embora não sempre, fatos científicos encontram-se vinculados a proto-idéias ou pré-idéias, que devem ser vistas como esboços histórico-evolutivos das teorias atuais e cujo surgimento tem que se compreender sócio-cognitivamente.

A teoria cromossômica, sustentada por um grande acúmulo de evidências empíricas e por um quadro teórico coerente, é um modelo que explica de forma mais satisfatória os fenômenos observados. Parece ter respondido de forma final às indagações sobre a filogênese e a ontogênese. Entretanto, os avanços científicos que levaram à formulação da teoria cromossômica e à identificação do ácido desoxirribonucléico, DNA, como material genético, permitiram iluminar as perguntas cruciais, mas não eliminá-las. Evelyn Fox Keller, por exemplo, afirma que é impossível concentrar toda a responsabilidade pela constância da herança, pela variabilidade necessária ao processo evolutivo e à condução dos processos de desenvolvimento e de metabolismo dos organismos em trechos de DNA; a aceitação da molécula de DNA como portadora do gene não forneceu à biologia uma “teoria sobre o viver” (Keller, 2002).

2 NOTAS HISTÓRICAS

É possível encontrar em trabalhos da Antigüidade elementos que iriam aparecer posteriormente na teoria da pangênese de Darwin. Por exemplo, no tratado *Ar, água e lugares*, uma das obras que integra o *Corpus* ou *Coleção hipocrática*, Hipócrates ao comentar sobre a variabilidade entre as populações menciona o efeito do costume de algumas populações de moldar a cabeça de recém

nascidos com bandagens e outros recursos, para mudar a forma de esférica para alongada (considerava-se nessas populações que os crânios mais alongados eram sinal de nobreza) e afirma:

No início o hábito operava, de forma que a constituição era resultado da força (faixas e massagens), mas ao longo do tempo isto acontecia naturalmente, de modo que o hábito já não atuava, **porque o sêmen vem de todas as partes do corpo, saudável das partes saudáveis e doente das partes doentes**. Portanto, se filhos calvos nascem de pais calvos, e filhos com olhos azuis de pais com olhos azuis, e se os filhos de pais com distorções nos olhos são em sua maioria estrábicos, e se o mesmo pode ser dito sobre as outras formas do corpo, o que poderia impedir que uma criança com uma cabeça alongada fosse produzida por um genitor de cabeça alongada? (Hippocrates, 1849, parte 14, grifo nosso).

Como relatado na citação acima, observa-se que nessa época já se aceitava a herança de caracteres adquiridos, um dos pressupostos da teoria de Charles Darwin, explicada por ele muitos séculos depois através da hipótese da pangênese.

Embora contrário a ela, Aristóteles no século IV a.C. é quem, dentre os escritores antigos, melhor articula a teoria da pangênese, que ele atribuiu a Demócrito (Smith, 2006). Ele supunha que cada parte do novo organismo estava contida dentro do sêmen formado por nutrientes sanguíneos. Acreditava que o sangue no ciclo menstrual da mulher continha partes do novo ser que em contato com o sêmen tinha a capacidade de formar o novo indivíduo.

É impossível que uma criatura possa produzir duas secreções seminais ao mesmo tempo; e como a secreção das fêmeas que corresponde ao sêmen dos machos é o líquido menstrual, segue-se que a fêmea não contribui com nenhum sêmen para a geração. Se houvesse sêmen não haveria nenhum líquido menstrual; mas como o líquido menstrual é de fato formado, segue-se que não há sêmen. (Aristóteles, *De generatione animalium*, livro 1, cap. 19, 727a26-30; Aristotle, 1952, p. 267).

As perguntas que dominavam a discussão sobre o sêmen nas teorias antigas sobre geração eram: ambos os genitores contribuem com o sêmen? O sêmen se origina em uma determinada parte do sistema do corpo ou em todas as partes?

Como Aristóteles acreditava que só o pai contribui, não podia aceitar que o sêmen viesse de todas as partes do corpo.

A busca de respostas às questões sobre a concepção animal, a hereditariedade e o desenvolvimento fetal, que já intrigavam os filósofos antigos, receberia, no século XVIII, o nome de “Ciência da Geração”. No século XIX, no início da Embriologia como área de pesquisa própria, as pesquisas passaram a ser motivadas por uma rejeição às idéias de Aristóteles, com uma ênfase na experimentação e na busca de explicações que não envolvessem “mergulhos” em mistérios filosóficos. Entretanto, as perguntas filosóficas sobre a natureza e as origens das substâncias eram herdadas dos gregos e lembravam o legado filosófico de Aristóteles (Smith, 2006).

Charles Darwin, ao formular sua teoria das “células gêmulas” sobre hereditariedade, reportou-se a Hipócrates e, na verdade, foi quem introduziu o termo “pangênese” nos anos 1860-68 (Castañeda, 2006; Smith, 2006), pois em *A variação em animais e plantas domesticados* afirma:

Elas [gêmulas] são coletadas de todas as partes do sistema para constituir os elementos sexuais, e seu desenvolvimento na geração seguinte forma um novo ser, mas elas são também capazes de transmissão, em estado dormente, a gerações futuras e podem então ser desenvolvidas. Seu desenvolvimento depende de sua união com outras células parcialmente desenvolvidas ou nascentes, que as precedem no curso regular do desenvolvimento. A razão para usar o termo união será vista quando discutirmos a ação direta do pólen nos tecidos da planta mãe. Gêmulas são lançadas de cada unidade, não apenas durante o estado adulto, mas durante cada estado de desenvolvimento de cada organismo, mas não necessariamente durante a existência contínua da mesma unidade. Finalmente, assumo que as gêmulas em estado dormente têm uma afinidade mútua, que as agrega em brotos ou em elementos sexuais. Assim, não são os órgãos reprodutivos ou brotos que geram novos organismos, mas as unidades que compõem cada indivíduo. Estas conjecturas constituem a hipótese provisória que eu chamo de Pangênese. (Darwin, 1868, vol. 2, p. 457, grifo nosso)

Ao formular sua hipótese, Darwin cita vários autores que, para ele, sustentam pontos de vista similares ao seu, e comenta que

Aristóteles combateu este ponto de vista, sustentado por Hipócrates e outros.

George John Romanes (1848-1894), um pesquisador que, durante grande parte de sua vida científica, trabalhou sob a tutela de Darwin, realizou suas pesquisas tentando conseguir uma fundamentação experimental para a hipótese da pangênese. Assim, como vários outros dos que se denominavam darwinianos no final do século XIX, ele buscou corrigir e complementar a teoria de Darwin, com a introdução de novos conceitos e hipóteses (Martins, 2006).

Segundo Martins, “a hipótese da pangênese permitia explicar de forma bastante natural a herança de caracteres adquiridos – que era aceita por Darwin: como os elementos sexuais conteriam gêmulas produzidas pelo próprio organismo durante todas as fases de sua vida, qualquer alteração do organismo ficaria também impressa nos gametas” (Martins, 2006, p. 214). Segundo essa hipótese, as gêmulas, contendo informações sobre os vários tecidos e órgãos de cada organismo, circulariam pelo corpo do animal ou planta. Quando duas plantas fossem unidas por enxerto, correria um intercâmbio de gêmulas entre elas, afetando assim os órgãos reprodutivos da planta, levando à produção de híbridos que poderiam ser mantidos por reprodução sexual. Romanes tentou produzir esse tipo de híbridos por enxerto, inicialmente em plantas e depois também em animais, não obtendo, no entanto, sucesso nesses experimentos.

Na década de 1880 os citologistas observaram que a divisão celular envolvia alterações nos cromossomos, mas só mais tarde é que ficaria estabelecido o papel dos cromossomos na ligação material entre as gerações. “Qualquer teoria que se relacionasse com a reprodução da vida teria de contemplar desde a fecundação, passando pela divisão celular, até a base material da herança e sua influência no desenvolvimento do novo ser” (Castañeda, 1997, p. 42). Como poderiam essas estruturas, os cromossomos, regular o desenvolvimento, e como se relacionavam com o processo de herança?

“As primeiras sugestões de que os cromossomos estavam relacionados à hereditariedade são atribuídas a Wilhelm Roux e August Weismann” (Martins, 1999b, p. 236) e a hipótese que procurava estabelecer um paralelo entre o comportamento dos cromos-

somos e os princípios mendelianos é atribuída a Sutton e Boveri, em 1902-3 (Martins, 1999b, p. 236)

Em 1892 August Weismann expôs sua teoria do plasma germinativo, na qual fazia uma distinção entre soma (células somáticas) e germe (células germinativas ou reprodutoras) e afirmava que apenas o plasma germinativo era transmitido de uma geração para a outra. Weismann, não foi o primeiro a conceber a continuidade da substância responsável pela hereditariedade, pois Francis Galton e Gustav Jäger o anteciparam, mas foi ele quem lidou com suas complicações (Martins, 2003).

Para Weismann, o plasma germinativo era constituído por partículas sub-microscópicas chamadas bióforos, que seriam as menores moléculas capazes de se dividir e multiplicar. Elas seriam responsáveis pelas características da célula. Um conjunto de bióforos constituiria um determinante, que também não seria visível ao microscópio, e seria responsável pelas características dos diferentes tecidos que constituem as diversas partes do organismo (corresponderia ao fator mendeliano). Um conjunto de determinantes constituiria um id (que em princípio poderia formar um organismo inteiro) e um conjunto de ids, constituiria um idante (que corresponderia estruturalmente ao cromossomo em termos citológicos, mas não conceitualmente porque um cromossomo conteria ids de muitos ancestrais. Porém, embora se possa fazer algumas relações entre os elementos da teoria do plasma germinativo de Weismann e a hipótese cromossômica, havia diferenças e incompatibilidades entre ambas. O tipo de divisão dos cromossomos que Weismann admitia era incompatível com a hipótese/ teoria cromossômica. Os cromossomos para Weismann teriam apenas uma permanência relativa. Na formação dos gametas eles se dividiam transversalmente, e não longitudinalmente perdendo assim metade de seus ids. Depois, através da reunião dos cromossomos paternos e maternos, por suas extremidades, seriam reconstituídos cromossomos inteiros, sendo que cada metade viria de um dos progenitores. Através desse processo, ao longo de várias gerações, os cromossomos iriam se tornando coleções de um grande número de ids diferentes, provenientes de diferentes antepassados (Martins, 2003, p. 62). Por outro lado, os elementos que constituíam o plasma germinativo, segundo a teoria de Weismann, não

circulavam pelo organismo, como as gêmulas na hipótese da pangênese.

Em 1889, Hugo de Vries enunciava sua teoria da pangênese intracelular, em que os caracteres visíveis dependiam das propriedades de pequenas e invisíveis partículas de material vivo, denominadas por ele de pangenes e que poderiam ser ativas ou inativas, sendo potencialmente capazes de crescer e se multiplicar em ambos os casos. Segundo essa teoria as pangenes não representavam partes morfológicas do organismo, nem células, nem partes de células, mas caracteres individuais, constituindo-se em unidades de vida (Stamhuis, Meijer & Zevenhuizen, 1999).

No início do século XX, a partir da hipótese formulada por Sutton e Boveri de uma explicação cromossômica para os fatores de Mendel, o trabalho coletivo de vários pesquisadores levou à formulação, e aceitação pela comunidade científica, da teoria cromossômica da hereditariedade. A história da construção da teoria cromossômica como fato científico tem sido objeto de estudo da pesquisadora Lilian Al-Chueyr Pereira Martins que, em vários de seus artigos (Martins, 1998; 1999a; 1999b; 2003) analisa as controvérsias, os equívocos e acertos, as rejeições e justificações que contribuíram para a produção de conhecimento sobre hereditariedade.

3 CONSIDERAÇÕES

No presente trabalho, aventamos a possibilidade de uma conexão entre os estilos de pensamento que tentam explicar a semelhança entre os ancestrais e a prole, desde a Antiguidade até os dias atuais, isto é, de a teoria cromossômica da herança guardar esboços rudimentares da teoria da pangênese (Fleck, 1986).

Como parte do estilo de pensamento sobre hereditariedade hoje hegemônico, a teoria cromossômica da herança propõe que os cromossomos, existentes em todas as células nucleadas do corpo, contêm os genes com as informações que norteiam a formação e o desenvolvimento de um indivíduo desde o período embrionário até a maturidade.

A idéia hipocrática da pangênese, modificada por Darwin e outros, coloca a existência de partículas provenientes de todos os órgãos do corpo que seriam transmitidas de geração a geração.

Embora essa idéia contenha, nos modelos explicativos sobre hereditariedade, concepções atualmente consideradas incorretas, rudimentos dessa teoria podem estar presentes na teoria atualmente aceita. A afirmação de que os genes estão presentes em praticamente todas as células do organismo, tanto as germinativas como as somáticas, guardaria resíduos da idéia de pangenes? Uma diferença importante entre as duas teorias é que a da pangênese, como colocada por Darwin, não estabelece descontinuidade entre células germinativas e células somáticas, compatibilizando-se com a teoria, que não é mais aceita atualmente, da herança de caracteres adquiridos. Embora a teoria cromossômica considere que os mesmos genes estão presentes em células somáticas e células germinativas, considera também que alterações nas primeiras não são transferidas à prole por intermédio das segundas, uma vez que pressupõe o isolamento entre elas.

Se, por um lado, a teoria cromossômica permite considerar que fatores ambientais podem causar alterações herdáveis no material genético, por outro lado, essas alterações só se transmitirão aos descendentes se acontecerem nas células gonadais.

Alguns exemplos ilustram a persistência da idéia de contribuição masculina diferenciada nas explicações científicas sobre hereditariedade ao longo da história da Biologia. Em Aristóteles, o macho provê a forma e a fêmea provê a matéria. Para McClung e Sutton, no início do século XX, o cromossomo acessório responsável pela diferenciação sexual estaria presente em metade dos espermátocitos e ausente nos ovócitos. Nos manuais de genética utilizados atualmente, a diferenciação sexual é explicada no estilo de pensamento da teoria cromossômica, mas com forte conotação de contribuição diferenciada. As gônadas embrionárias, bissexuada no início do desenvolvimento, se diferenciam em testículos quando o cromossomo Y está presente e, na sua ausência (pela falta, portanto) elas “passivamente” se diferenciam em ovários.

Darwin explicava satisfatoriamente, por meio do conceito de seleção natural, como as mudanças na forma e na função biológica se mantinham ou eram eliminadas, mas não conseguia explicar a origem das variações, tampouco a reprodutibilidade dessas formas e funções durante intervalos mais curtos de tempo geológico. Como ele aceitava a idéia de herança por mistura, que implicava em diminuição da variabilidade ao longo das gerações, recorreu à

idéia de herança dos caracteres adquiridos e à teoria da pangênese para explicar a origem das variações.

Se por um lado o século XIX teve como marco a instauração das idéias darwinianas como explicação da evolução, a instauração do mendelismo nas primeiras décadas do século XX trouxe uma nova forma de pensar a hereditariedade. Este sistema de idéias introduziu nas Ciências Biológicas o conceito de herança particulada, em contraposição ao de herança por mistura. Segundo o mendelismo as partículas (fatores/elementos celulares) estão no interior do núcleo, nos gametas e não circulam pelo corpo. Dessa forma, mesmo no indivíduo “heterozigoto” os fatores provenientes dos progenitores não se misturam no interior dos gametas.

Os “elementos” ou “fatores”, mais tarde chamados “genes”, passaram a ser considerados como únicos, indivisíveis, imiscíveis, que se recombinariam e garantiriam a variabilidade genética (Keller, 2002).

A aceitação, pela comunidade científica, dos dois corpos de idéias, o mendelismo e o darwinismo, como formas de pensar a constância e a variação das características dos seres vivos, que não ocorreu imediatamente como os relatos mais populares sobre a História da Biologia conduzem a acreditar, culminou na teoria sintética da evolução que pretendeu unificar diferentes campos de investigação na disciplina Biologia. Mas o gene permanecia como uma entidade abstrata, misteriosa.

Ao longo do século XX o gene pareceu materializar-se. Com a aceitação do modelo de dupla hélice para o DNA e da função do material genético para essa molécula, os genes passaram a ser considerados nada mais que moléculas de ácido desoxirribonucléico e a pergunta: de que são feitos os genes pareceu respondida (Keller, 2002). O modelo de DNA parecia ter desvendado o segredo da vida. A estrutura da molécula permitia entender o gene como entidade replicadora e mantenedora de uma informação a ser lida e transmitida. Tudo indicava que a base material da herança estava estabelecida.

Na segunda metade do século XX houve o advento da tecnologia do DNA recombinante e o lançamento do projeto de seqüenciamento do genoma humano. A Biologia atingiu seu clímax no alvorecer do século XXI com o primeiro (de vários) anúncios de término de seqüenciamento do genoma humano. Chamamos

de clímax a esse estágio da história da biologia não tanto pela maneira com que esses avanços satisfizeram nossas expectativas, mas pelo modo com que as transformaram. Expressões como: busca do cálice sagrado, receita de ser vivo, e outras utilizadas no início da década de 1990, revelavam a expectativa de que o seqüenciamento do genoma pudesse, por si só, prover tudo que era necessário para compreender a função biológica.

Quando o genoma humano, e também o de vários outros organismos, foi decodificado, a seqüência de bases no DNA passou a ser vista não como produto final, mas como ferramenta. As proteínas são produzidas sob controle gênico, mas o DNA necessita de proteínas para ser replicado com fidelidade. E permanece, como um sintoma (Didi-Huberman, 2000), a indagação que vem sendo formulada desde a Antigüidade: como a estabilidade genética é mantida? Como uma única célula pode originar um organismo completo?

O significado do termo “gene” é hoje objeto de grande controvérsia, e as complicações ficaram mais evidentes com o advento dos trabalhos com clonagem por transferência nuclear, isto é, desenvolvimento de novos organismos a partir de zigotos formados pela transferência do núcleo de uma célula de um animal adulto por um oócito anucleado de outro animal de mesma espécie. A técnica de clonagem evidenciou a importância do citoplasma no desenvolvimento. Se as instruções para o desenvolvimento estivessem contidas inteiramente nos genes, não seria necessário transferir o núcleo de uma célula de adulto para dentro de um oócito que só contém citoplasma.

Permanecem muitas perguntas, que continuam a mobilizar os pesquisadores em Ciências Biológicas. Nessa investigação foi possível perceber a sobrevivência de rudimentos da hipótese da pangênese na teoria cromossômica, em uma conjunção entre diferença e repetição, isto é, que formas não completamente desenvolvidas da teoria cromossômica estão presentes na teoria da pangênese. Talvez a História da Biologia possa ser vista, a exemplo da história da arte na perspectiva de Georges Didi-Huberman, como um jogo de latências e de crises, perspectiva a ser explorada (Didi-Huberman, 2000).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARISTOTLE. *The works of Aristotle*. Ed. W. D. Ross. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1952. 2 vols.
- CASTAÑEDA, Luzia Aurélia. *Caracteres adquiridos: história de uma idéia*. São Paulo: Scipione, 1997.
- . A natureza das gêmulas na hipótese da pangênese de Darwin e o conceito de vida. Pp. 283-308, *in*: MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira; REGNER, Anna Carolina K.; LORENZANO, Pablo (orgs.). *Ciências da vida: estudos filosóficos e históricos*. Campinas: Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul (AFHIC), 2006.
- DARWIN, Charles. *The variation of animals and plants under domestication*. London: John Murray, 1868. 2 vols. Disponível em: <www.gutenberg.org>. Acesso em 11 de abril de 2008.
- DIDI-HUBERMAN, Georges. *Devant le temps- histoire de l'art et anachronisme des images*. Paris: Éditions de Minuit, 2000.
- FLECK, Ludwick. *La génesis y el desarrollo de un hecho científico*. Trad. Luís Meana. Madrid: Alianza Editorial, 1986.
- HIPPOCRATES. On airs, waters and places. Vol. 1, pp. 161-178 *in*: *The genuine works of Hippocrates*. Trad. Francis Adams. London: Printed for the Sydenham Society, 1849. 2 vols.
- KELLER, Evelyn Fox. *O século do gene*. Trad. Nelson Vaz. Belo Horizonte: Crisálida, 2002.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. Thomas Hunt Morgan e a teoria cromossômica: de crítico a defensor. *Episteme* 3 (6): 100-126, 1998.
- . Did Sutton and Boveri propose the so-called Sutton-Boveri chromosome hypothesis? *Genetics and Molecular Biology* 22 (2): 261-271, 1999 (a).
- . McClung e a determinação do sexo: do equívoco ao acerto. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos* 6 (2): 235-256, 1999 (b).
- . August Weismann e evolução: os diferentes níveis de seleção. *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência* 1 (1): 53-74, 2003.
- MARTINS, Roberto de Andrade. George John Romanes e a teoria da seleção fisiológica. *Episteme* 11 (24): 197-208, 2006.

- STAMHUIS, I. H.; MEIJER, O. G.; ZEVENHUIZEN, E. J. A.
Hugo de Vries on heredity, 1889-1903: statistics, Mendelian laws, pangenes, mutations. *Isis* **90** (2): 238-267, 1999.
- SMITH, Justin. *The problem of animal generation in early modern philosophy*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.