

Wilson, Stevens e a determinação de sexo por cromossomos: uma controversia*

Ana Paula Oliveira Pereira de Moraes Brito†

*Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência, Pontifícia
Universidade Católica de São Paulo (PUC/SP) / Conselho Nacional de
Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil*

Lilian Al-Chueyr Pereira Martins‡

*Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência, Pontifícia
Universidade Católica de São Paulo (PUC/SP); Grupo de História e Teoria da
Ciência, Universidade Estadual de Campinas/ Conselho Nacional de
Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil*

1. Introdução

Durante as três primeiras décadas do século XX ocorreu o estabelecimento daquilo que se costuma chamar de teoria cromossômica da hereditariedade e que alguns historiadores da ciência chamam de teoria mendeliana-cromossômica da hereditariedade. Esta teoria, que considerava os cromossomos como portadores dos elementos responsáveis pela transmissão das características hereditárias, procurava relacionar o comportamento dos cromossomos nucleares dos gametas e os princípios mendelianos. Seu estabelecimento foi o resultado de um trabalho coletivo de vários indivíduos de diferentes nacionalidades (Martins, 1998, p. 105).

Nas etapas iniciais do processo, quando ocorreu a proposta da chamada "hipótese cromossômica de Sutton-Boveri" (1902-1903), não havia evidências que a substanciassem e existiam muitos problemas. Pairavam sérias dúvidas acerca da relação entre os fenômenos citológicos e os princípios de Mendel, pois os estudos citológicos utilizavam indivíduos puros enquanto que os cruzamentos experimentais utilizavam híbridos. Os processos citológicos eram obscuros. Não se sabia o que acontecia de fato no fenômeno da sinapse (se os cromossomos se pareciam lado a lado ou ponta a ponta), que era um ponto fundamental para a hipótese. Havia muitas incertezas acerca da individualidade e da constância dos cromossomos. O trabalho de Theodor Heinrich Boveri (1862-1915) havia trazido

* As autoras agradecem o apoio recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brasil).

† paulambrito@ig.com.br

‡ lacpm@uol.com.br

apenas evidências indiretas a este respeito. Sem assumir a individualidade dos cromossomos ficava difícil explicar a constância dos fatores mendelianos e a pureza dos gametas. Por outro lado, aqueles que acreditavam na individualidade e constância dos cromossomos encontravam dificuldades em explicar a segregação independente dos fatores admitida por Mendel. Além disso, as “leis” mendelianas da hereditariedade estavam sendo submetidas a testes e críticas. Ocorriam muitas exceções quanto à aplicação dos princípios mendelianos em animais e plantas. Grande parte do que era defendido pela hipótese não podia ser observado (Martins, 1999a, p. 270). Além dessas dificuldades, havia problemas relacionados à própria observação citológica e a ausência de um consenso acerca da terminologia empregada para descrever aquilo que estava sendo observado, o que dificultava mais ainda as coisas. Por essas razões a maioria dos estudiosos não a aceitava. Assim, nessa época era muito importante mostrar uma relação entre cromossomos especiais e uma característica externa visível.

Desde o início do século XX a comunidade científica se dividia em duas posições quanto à determinação do sexo. A primeira considerava que o sexo era uma propriedade das células germinativas e que após a fertilização o ovo se desenvolveria em um ou outro sexo. A segunda admitia que o sexo era influenciado por condições externas como a temperatura ou nutrição da mãe e que o sexo de qualquer indivíduo era o resultado de uma combinação de forças que poderia tender para um lado ou para o outro (Doncaster, 1909, p. 90). Além disso, houve uma série de pesquisas que procurava explicar a proporção sexual 1:1, apresentando as mais diferentes hipóteses. Alguns pesquisadores como William Bateson, William E. Castle e Edith Saunders, a princípio não aceitaram a hipótese cromossômica (Martins, 1997, cap. 4).

Entre 1901 e 1902, Clarence Erwin McClung (1870-1946) fez estudos com os cromossomos observados durante a espermatogênese de gafanhotos (*Orthoptera*) apresentando uma hipótese conhecida como "hipótese de McClung" que associava a determinação do sexo masculino nesses insetos ao cromossomo X (McClung, 1901, p. 226; Martins, 1999b). Apesar de equivocada, esta hipótese suscitou uma série de investigações feitas por vários estudiosos como T. H. Montgomery, F. Paulmier, W. S. Sutton, E. B. Wilson, Nettie Maria Stevens e outros. Dentre esses estudos, houve alguns que confirmaram a hipótese de McClung, como aqueles feitos por Walter Sutton em *Brachystola magna*, e outros que a negaram, como aqueles feitos por Thomas Henry Montgomery em hemípteros (Martins, 1997, cap. 4).

Vários historiadores da ciência (Ernst Mayr, M. B. Ogilvie, Clifford J. Choquette e Stephen Brush) atribuem a Wilson e Stevens importantes descobertas relacionadas à determinação de sexo e cromossomos em torno de 1905, que teriam desfeito o equívoco de McClung. Entretanto, eles divergem quanto à prioridade

dessas descobertas (Brito, 2004, p. 38). De acordo com Mayr (1982, p. 751) Allen (1978, p.129) e Ogilvie & Choquette (1981, p. 306) Stevens e Wilson contribuíram de modo igual para a questão. Ogilvie e Choquette consideram que eles teriam chegado aos seus resultados independentemente. Para Brush, a contribuição de Stevens é superior à de Wilson sob vários aspectos, incluindo a clareza (Brush, 1978, p. 167).

O objetivo deste artigo é, a partir de comparação entre os trabalhos de Wilson e Stevens publicados em 1905/1906, levando em conta o contexto da época, elucidar se realmente havia uma superioridade de alguma dessas contribuições¹.

2. Alguns esclarecimentos

Na época considerada neste estudo, Wilson atuava como professor e chefe do Departamento de Zoologia da Universidade de Columbia (Estados Unidos). Ele já havia publicado duas edições (em 1896 e 1900) do tratado citológico *The Cell in Development and Inheritance* e dentre suas atribuições estava ser membro assessor da *Washington Carnegie Institution*. Apesar de estar ciente dos inúmeros problemas referentes à hipótese cromossômica, ele estava se dedicando a seu estudo e teste. Stevens realizara seus estudos no *Bryn Mawr College* onde havia sido aluna de Thomas Hunt Morgan (1866-1945) e fizera um estágio na Alemanha com o embriologista Theodor H. Boveri. Ela era bolsista da *Washington Carnegie Institution* e estava desenvolvendo uma pesquisa sobre a relação entre cromossomos, sexo e princípios de Mendel. Utilizava como material experimental principalmente insetos pertencentes a várias ordens. Não ocupava nenhuma posição acadêmica (Brito, 2004, p. 39).

O primeiro estudo de Wilson (1905a) sobre cromossomos foi recebido em 5 de maio de 1905 sendo publicado em agosto do mesmo ano no periódico *The Journal of Experimental Zoology*. Já o artigo de Stevens (1905) foi submetido em 23 de maio de 1905 e publicado em setembro de 1905 na *Washington Carnegie Institution Publication*. A documentação disponível atesta que Wilson atuou como parecerista do artigo de Stevens, sendo favorável à publicação do mesmo (Brito, 2004, p. 40). Ele assim se expressou: "É, em todos os sentidos, um trabalho admirável, digno de ser publicado em qualquer sociedade instruída, e eu não hesito em recomendá-lo para publicação" (Carta de E. B. Wilson para o Secretário da *Carnegie Institution* de Washington, 13/7/1905, *apud* Brush, 1978, p. 167).

Para podermos nos posicionar sobre a questão devemos examinar os trabalhos dos dois cientistas considerando-os na ordem em que foram publicados.

¹ Para maiores detalhes ver Brito, 2004, capítulo 3.

3. O primeiro artigo de Wilson

Neste trabalho (Wilson, 1905a), Wilson estudou o comportamento dos cromossomos de alguns hemípteros, principalmente do par desigual que ele chamou de *idiocromossomos*², durante o processo de espermatogênese. Ele partiu de estudos anteriores, também sobre hemípteros, como aqueles feitos por T. H. Montgomery (1898;1901) e F. C. Paulmier (1899). Além disso, utilizou uma série de amostras preparadas seis ou oito anos antes por Paulmier.

Após analisar vários casos que descreveu, inclusive com desenhos, ele concluiu que nos gêneros *Lygaeus*, *Coenus*, *Podisus*, *Euchistus*, *Brachymena* e *Tryhcopepla* os espermatozoides apresentavam dimorfismo. Eles tinham o mesmo número de cromossomos mas diferiam em relação a um deles. Porém, em outros gêneros (*Pyrrhochoris*, *Anasa* e *Alydus*) metade dos espermatozoides recebia um cromossomo a menos (Wilson, 1905a, pp. 394-395).

Apesar de ter feito algumas sugestões sobre a provável origem do cromossomo acessório sob o ponto de vista evolutivo e de ter obtido evidências favoráveis à individualidade dos cromossomos, ele acabou concluindo: "Considerando o trabalho em Hemiptera, nem a sugestão que eu fiz, nem a hipótese de McClung, têm até o presente diretamente qualquer fundamento nos fatos observados" (Wilson, 1905a, pp. 402-403). Na seqüência, acrescentou em nota de rodapé:

Desde que este artigo foi enviado para publicação eu também tomei conhecimento de que a Dra. N. M. Stevens (que gentilmente permitiu que eu me referisse a seus resultados) independentemente descobriu em um besouro, *Tenebrio*, um par desigual de cromossomos de certo modo similar aos idiocromossomos de Hemiptera, que se distribuem de forma correspondente nos espermatozoides. Ela foi capaz de determinar, além disso, o fato significativo de que o cromossomo pequeno está presente apenas nas células somáticas do macho, enquanto nas células da fêmea é representado por um cromossomo maior. Penso que estas descobertas muito interessantes, agora em curso de publicação, conferem um sólido fundamento para a sugestão feita acima; e quando considerada em conexão com a comparação que eu delineei entre os idiocromossomos e o acessório, mostram que a hipótese de McClung pode, afinal, ser provada como bem fundamentada (Wilson, 1905a, p. 403, grifo nosso).

² Wilson chamou de "idiocromossomos" ou "cromossomos distintivos" ou "peculiares" aos dois cromossomos usualmente desiguais em tamanho que realizariam posteriormente conjugação distribuindo-se de modo assimétrico no núcleo das espermátides (Wilson, 1905a, p. 375).

4. A contribuição de Stevens

No seu primeiro artigo sobre o assunto (1905) Stevens tinha por objetivo averiguar se o “cromossomo acessório” de McClung (que ela preferiu chamar de “elemento x”) era um determinante do sexo. Para isso, selecionou diversos gêneros e espécies de diferentes ordens de insetos que não tinham sido estudados ainda: *Termopsis angusticolis*, *Stenopelmatus*, *Blatella germanica*, *Tenebrio molitor* e *Aphis oenotherae* (Stevens, 1905, p. 3). Ela estudou não apenas o processo de espermatogênese mas também alguns aspectos de sua ovogênese.

Em suas observações Stevens não encontrou o "cromossomo acessório" em *Termopsis* e *Aphis*. Porém, encontrou-o em *Stenopelmatus*, *Blatella* e *Tenebrio* (Stevens, 1905, pp. 7; 12; 16-17).

Em *Tenebrio*, um coleóptero, ela constatou a existência de uma diferença tanto em relação ao tamanho como em relação ao número de cromossomos nas células germinativas masculinas e femininas. O óvulo apresentava 10 cromossomos. Porém, em relação aos espermatozóides, ela encontrou dois casos: alguns apresentavam 9 cromossomos do mesmo tamanho e um menor e outros apresentavam 10 cromossomos iguais. Acabou concluindo que as evidências encontradas em *Tenebrio* indicavam que: “o sexo em alguns casos poderia ser determinado pela qualidade ou quantidade de cromatina em diferentes espermatozóides” (Stevens, 1905, p. 18). Entretanto, apesar disso, considerou que “devido à pouca uniformidade encontrada em relação aos heterocromossomos (os idiocromossomos de Wilson), as discussões deveriam ser adiadas até que pudesse ser estudada a espermatogênese de um número muito maior de formas” (Stevens, 1905, p. 18).

5. Contribuição de Wilson versus contribuição de Stevens

Em seus respectivos estudos, Wilson e Stevens não só tinham objetivos diferentes como também diferiam em relação ao material experimental utilizado. Wilson tinha interesses mais amplos, pois preocupava-se com aspectos evolutivos, a questão da individualidade dos cromossomos, ou ainda, se o par cromossômico apresentava correlatos alelomórficos maternos e paternos. Já Stevens estava mais interessada num ponto específico: em saber se o “cromossomo acessório” de McClung era um determinante sexual.

Enquanto Wilson estudou a espermatogênese de hemípteros (que já haviam sido estudados por vários autores), Stevens estudou tanto a espermatogênese como a ovogênese de várias ordens de insetos que até então não haviam sido estudadas o que permitiu um esclarecimento de pontos importantes da questão. Ao descrever os resultados encontrados em *Tenebrio*, Stevens mostrou que o cromossomo que

poderia estar relacionado ao sexo masculino era o cromossomo Y e não o X como pensava McClung.

Pode-se dizer que ambos estudos foram bem feitos, contendo descrições detalhadas, não escondendo os problemas e levantando hipóteses plausíveis acerca dos resultados obtidos. Assim, sob o ponto de vista conceitual, ambos trabalhos são relevantes e se completam, trazendo contribuições importantes para a hipótese (ou teoria) cromossômica. Não parece ter havido má fé de Wilson, nem de Stevens, pois um cita os trabalhos do outro.

6. As duas outras contribuições de Wilson

6.1. O segundo artigo de 1905

No segundo artigo de Wilson (1905b), que é bastante longo, o objetivo principal do autor era investigar o significado fisiológico dos cromossomos e seu valor individual na hereditariedade. Além disso, desejava esclarecer a confusão que existia acerca do “cromossomo acessório” (que ele preferiu chamar de “cromossomo heterotrópico”) e a determinação de sexo. Entretanto, este último aspecto ficou em segundo plano.

Wilson, retornando ao estudo dos hemípteros, reafirmou que havia dois tipos de pares de heterocromossomos: o primeiro era desigual e ele chamou de idiocromossomos (encontrado em *Euchistus*, *Lygaeus*, *Coenus* e *Brochymena*), e o segundo que continha cromossomos do mesmo tamanho (encontrado em *Anasa*, *Alydus*, *Syromastes* e *Arcimerus*) que ele chamou de cromossomos *m* (Wilson, 1905b, p. 509).

Neste estudo Wilson concluiu que "o cromossomo acessório" (ou heterotrópico) estava presente na maioria dos hemípteros estudados (*Pyrrhonoris*, *Anasa*, *Protenor*, *Alydus*, *Chariesterus*, *Syromastes*, *Harmamostes*, *Oedancala*, *Archimerus* e *Banasa*) e que metade dos espermatozóides o recebia e metade não (Wilson, 1905b, p. 533). Ele comentou:

A sugestão de que estes corpos possam estar de algum modo relacionados com a determinação sexual, não aparece claramente nos dados conhecidos; mas há algumas considerações que são muito interessantes para serem ignoradas (Wilson, 1905b, p. 536).

E acrescentou:

Se o cromossomo heterotrópico é um corpo univalente (uma vez que o número nas espermatogônias é ímpar), é inevitável a conclusão de que na

produção dos machos, o número de cromossomos com que contribuem as duas células germinativas não pode ser o mesmo. Até este ponto os fatos se harmonizam com a visão de McClung; porém, mais considerações dão razão para dúvidas em relação a aspectos mais específicos desta hipótese. A presença do cromossomo heterotrópico no macho de modo algum prova sua origem paterna na fertilização, menos ainda que ele seja especificamente o determinante do sexo masculino (Wilson, 1905b, p. 538).

Após ter finalizado este artigo, Wilson adicionou algumas informações que havia obtido através do estudo da ovogênese em hemípteros, afirmando que estavam de acordo com o que Stevens havia obtido em *Tenebrio* e concluiu:

Não pode haver nenhuma dúvida de que existe uma conexão definida entre os cromossomos e os caracteres sexuais, e acredito que a combinação cromossômica, estabelecida na hora da fertilização, é, nestes insetos, a causa determinante do sexo (Wilson, 1905b, p. 543).

Entretanto, antes de obter essas informações ele parecia ter muitas dúvidas acerca da questão.

6.2. O terceiro artigo de Wilson

No seu terceiro artigo (1906) Wilson analisou as diferenças entre os grupos cromossômicos encontrados em hemípteros e suas implicações para a herança e determinação do sexo. Considerou tanto os processos de espermatogênese como o de ovogênese. Acabou por corrigir, de modo explícito, o equívoco de McClung. Ele assim se expressou:

[...] A conjectura de McClung no que se refere ao modo de fertilização mostra ser o reverso da verdade; pois é a fêmea, não o macho, que possui o cromossomo adicional, como eu determinei acima de qualquer dúvida em quatro gêneros, a saber, *Anasa*, *Alydus*, *Hormostes* e *Protenor*. Os fatos não deixam dúvidas de que ambas as formas dos espermatozoides são funcionais; de que todos os óvulos possuem o mesmo número de cromossomos; que todos contêm o homólogo, ou companheiro materno, do cromossomo acessório ou heterotrópico do macho; e que a fertilização pelo espermatozoide que possui este cromossomo produz fêmeas, enquanto os machos são produzidos pela fertilização através do espermatozoide que não o possui (Wilson, 1906, p. 2).

Wilson corrigiu alguns erros encontrados em observações anteriores e descreveu três tipos daquilo que a maioria dos livros didáticos atuais considera como sendo "modelos cromossômicos", a saber:

- Primeiro tipo: Formas que apresentavam o cromossomo acessório (óvulos: 7 cromossomos; espermatozoides de 2 tipos: um contendo 7 cromossomos, outro contendo 6). Por exemplo, *Protenor belfragei*. Da união de óvulos com espermatozoides contendo 7 cromossomos, originavam-se fêmeas. Da união de óvulos com espermatozoides contendo 6 cromossomos, originavam-se machos.

- Segundo tipo: Formas que possuem idiocromossomos desiguais (a fêmea apresenta um par de cromossomos iguais e o macho, um par de cromossomos diferentes). Exemplo: *Lygaeus turcicus*.

- Terceiro tipo: Formas nas quais os idiocromossomos eram iguais em tamanho nos machos e fêmeas, porém diferiam por seu comportamento. Exemplo: *Nezara hiliaris*.

Este artigo difere dos dois anteriores sob vários aspectos. Em primeiro lugar, seu objetivo é estudar a determinação de sexo em insetos e discutir da hipótese de McClung. Nele o autor fez várias afirmações categóricas, demonstrando segurança, e utilizou as evidências encontradas por Stevens em *Tenebrio* para reforçar sua posição. Além disso, partiu do estudo comparativo dos cromossomos encontrados nas células germinativas masculinas e femininas.

7. Considerações finais

A presente análise mostrou que o artigo de Stevens (1905) é bem mais claro que o primeiro e segundo artigos de Wilson (1905a; 1905b) onde ele demonstrou ter inúmeras dúvidas. Neste aspecto estamos de acordo com Brush (1978). Além disso, ao contrário de Wilson que tinha interesses mais amplos, o trabalho de Stevens estava relacionado diretamente à questão da determinação de sexo por cromossomos. Stevens lidou com um material experimental mais variado, e apresentou um estudo mais completo que envolvia tanto a espermatogênese como a ovogênese.

A nosso ver, os resultados de Stevens estimularam Wilson a continuar sua investigação e a elaborar seu terceiro artigo, que partiu de um estudo comparativo das células germinativas masculinas e femininas e que é extremamente claro sob vários aspectos. Consideramos que os trabalhos desses dois investigadores se completam e que contribuíram de modo significativo, juntamente com vários outros, para o esclarecimento de vários aspectos referentes à questão determinação

de sexo e cromossomos em insetos e reforçaram a hipótese (ou teoria) cromossômica.

Referências bibliográficas

- Allen, G. A. (1978), *Thomas Hunt Morgan. The Man and his Science*. Princeton: Princeton University.
- Brito, A. P. O. P. de M. (2004), *Nettie Maria Stevens e suas Contribuições para a Teoria Cromossômica da Hereditariedade: Estudos sobre a Determinação de Sexo*. [Dissertação de Mestrado], São Paulo: Pontifícia Universidade Católica.
- Brush, S. G. (1978), "Nettie Maria Stevens and the Discovery of Sex Determination by Chromosomes", *Isis* 69, 163-178.
- Doncaster, L. (1909), "Recent Work on the Determination of Sex", *Science Progress* 4: 90-104.
- McClung, C. E. (1901), "Notes on the Accessory Chromosome", *Anatomische Anzeiger* 20, 220-226.
- Martins, L.A.-C.P. (1997), *A Teoria Cromossômica da Herança: Proposta, Fundamentação, Crítica e Aceitação* [Tese de Doutorado], Campinas: UNICAMP.
- Martins, L.A.-C.P. (1998), "Thomas Hunt Morgan e a Teoria Cromossômica: de Crítico a Defensor", *Episteme* 3 (6): 100-126.
- Martins, L.A.-C.P. (1999a), "Did Sutton and Boveri propose the so-called Sutton-Boveri Chromosome Hypothesis?", *Genetics and Molecular Biology* 22 (2): 261-271
- Martins, L. A.-C.P. (1999b), "McClung e a Determinação do Sexo: do Equívoco ao Acerto", *História, Ciência, Saúde. Manguinhos* 6: 235-56.
- Mayr, E. (1982), *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution and Inheritance*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Montgomery, T. H. (1898), "The Spermatogenesis in Pentatoma up to the Formation of the Spermatid", *Zoologische Jahrbuch* 12: 1-88.
- Montgomery, T. H. (1901), "A Study of the Germ-Cells of Metazoa", *Transactions of the American Philosophical Society* 20: 154-236.
- Ogilvie, M. B. & C. J. Choquette. (1981), "Nettie Maria Stevens (1861-1912): Her life and Contributions to Cytogenetics", *Proceedings of the American Philophical Society*, 125 (4): 292-311.
- Stevens, N. M. (1905), "Studies in Spermatogenesis with Special Reference to the 'Accessory Chromosome'. Part I", *Carnegie Institution of Washington. Publication n° 36*: 1-33.

- Wilson, E. B. (1896), *The Cell in Development and Inheritance*, New York: Macmillan.
- Wilson, E. B. (1900), *The Cell in Development and Inheritance*, 2^a ed. New York: Macmillan
- Wilson, E. B. (1905a), "Studies on Chromosomes. I. The Behavior of the Idiochromosomes in Hemiptera", *The Journal of Experimental Zoology* 2:321-405.
- Wilson, E. B. (1905b), "Studies on Chromosomes. II. The paired Michromosomes, Idiochromosomes and Heterotropic Chromosomes in Hemiptera", *The Journal of Experimental Zoology* 2: 507-545.
- Wilson, E. B. (1906), "Studies on Chromosomes. III. The Sexual Differences of the Chromosome-Groups in Hemiptera, with some Considerations on the Determination and inheritance of Sex", *The Journal of Experimental Zoology* 3 : 1-39.