



ALEXANDRIA

Revista de Educação em Ciência e Tecnologia

O Papel e as Contribuições de Rosalind Franklin para a Elucidação da Estrutura do DNA: Um Olhar de seu Processo Histórico a partir de uma Pesquisa Bibliográfica

The Role and Contributions of Rosalind Franklin to the Elucidation of the Structure of DNA: A View of his Historical Process from Bibliographic Research

Amarilis Abreu Souza^a; Geraldo Wellington Rocha Fernandes^a

^a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Brasil - amarilis.abreu@ufvjm.edu.br; geraldo.fernandes@ufvjm.edu.br

Palavras-chave:

DNA. Rosalind Franklin.
História da ciência.

Resumo: Este estudo buscou compreender o papel e as contribuições de Rosalind Franklin para a elucidação da estrutura do DNA, a partir da análise de publicações em anais e revistas de Ensino de Ciências. Foi realizado um levantamento bibliográfico nos periódicos do Qualis CAPES, na área de avaliação Ensino, com classificação A1/A2 e B1/B2/B3, do Quadriênio 2013-2016 e nos anais do ENPEC e ENEBIO até o ano de 2021. Foram encontrados 24 artigos e avaliados a partir da Análise Textual Discursiva (ATD), emergindo três categorias: 1) Controvérsias quanto às contribuições de Rosalind na elucidação do DNA; 2) Rosalind no contexto da invisibilidade feminina na ciência; 3) A articulação entre as relações de gênero e as contribuições científicas de Rosalind Franklin para a História da Ciência. A análise mostrou poucas pesquisas sobre a temática, mas possibilitou compreender os motivos que levaram à polêmica participação de Rosalind Franklin na história do DNA.

Keywords:

DNA. Rosalind Franklin.
History of science.

Abstract: This study sought to understand the role and contributions of Rosalind Franklin to the elucidation of the structure of DNA, from the analysis of publications in annals and journals of Science Teaching. A bibliographic survey was carried out in the 'Qualis CAPES' periodicals, in the Teaching evaluation area, with classification A1/A2 and B1/B2/B3, from the 2013-2016 Quadrennial and in the annals of ENPEC and ENEBIO until the year 2021. Articles and analyzed through Discursive Textual Analysis (DTA), emerging three categories: 1) Controversies regarding Rosalind's contributions in the elucidation of DNA; 2) Rosalind in the context of female invisibility in science; 3) The articulation between gender relations and Rosalind Franklin's scientific contributions to the History of Science. The analysis showed little research on the subject but made it possible to understand the reasons that led to Rosalind Franklin's controversial participation in the history of DNA.



Esta obra foi licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Introdução

Ao estudarmos sobre o DNA, atrelado ao ensino de Genética, é muito comum que saibamos diferentes versões sobre a participação de Rosalind Franklin no processo histórico que determinou a sua estrutura. Vale lembrar que o modelo do DNA foi apresentado por James Watson e Francis Crick, mas esta pesquisadora britânica exerceu importantes colaborações para a compreensão da estrutura do ácido desoxirribonucleico, contribuindo para o desenvolvimento de novos estudos da Biologia Molecular (PINHO; SOUZA, 2014).

Ignotofsky (2017) aponta no livro "As Cientistas" que Rosalind Franklin adquiriu imagens de difração de raios-X, na qual possuía informações suficientes para a elucidação e explicação da estrutura do DNA. Porém, Watson e Crick tiveram acesso ao estudo de Rosalind sem o seu consentimento e publicaram um trabalho que apresentava a estrutura de dupla hélice do DNA, e assim levaram todo o reconhecimento sem dar nenhuma credibilidade à pesquisadora (IGNOTOFSKY, 2017). Em contrapartida, Watson (1968) escreveu em seu livro "*The Double Helix*", que Rosalind Franklin não possuía bases teóricas capazes de sustentar sua própria evidência sobre o formato helicoidal da molécula de DNA e utilizava metodologias e experimentos inadequados, enquanto, para Crick (1988), a biofísica Rosalind Franklin não era capaz de propor um modelo para a estrutura do DNA sem a realização de muitos experimentos. Essa controvérsia, quanto às versões contadas sobre a participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice do DNA, é vista como tendenciosa, pois mostra a falta de credibilidade com as mulheres no âmbito científico.

Sabemos que o estudo do DNA sempre esteve presente nos currículos da educação básica e do ensino superior. Porém, muitos estudantes ainda enfrentam dificuldades em aprender os conceitos de genética devido à falta de contextualização e articulação com o contexto histórico e sociocultural. Essa falta de articulação dos conceitos científicos com os seus eventos históricos, pode acarretar uma visão distorcida de como os estudantes enxergam alguns cientistas, colocando-os como verdadeiros heróis, não dando crédito a outros pesquisadores que também colaboraram para os avanços científicos (SOUTO; SANTOS; BORGES, 2017). Devido a isso, a utilização da História da Ciência (HC) na educação científica se faz importante, uma vez que busca: promover uma melhor compreensão dos conceitos científicos e seus métodos; conectar o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento das ideias científicas; entender a natureza da ciência; neutralizar o cientificismo e dogmatismo que são encontrados frequentemente nos manuais de ensino e nas aulas de Ciências etc. (MATTHEWS, 1994; CARNEIRO; GASTAL, 2005).

No entanto, é perceptível a baixa quantidade de pesquisas e estudos historiográficos que dão ênfase ao trabalho feminino dentro da ciência, o que de uma forma prejudica o uso da abordagem da História e Filosofia da Ciência (HFC) no Ensino de Ciências da Natureza e/ou

de Biologia nas escolas de educação básica e no ensino superior. Por meio dessas considerações iniciais, este texto apresentará uma pesquisa bibliográfica (GIL, 2002), com perspectivas históricas (KERLINGER, 2009), que tem como questão problema a ser analisada: *Qual a análise de alguns autores sobre o papel e as contribuições de Rosalind Franklin para a elucidação do DNA?*

Assim, o presente estudo tem o objetivo de analisar a importância histórica do trabalho e do papel de Rosalind Franklin sobre a estrutura da molécula helicoidal do DNA. Já como objetivos específicos, esta pesquisa busca:

1) Compreender as contribuições de Rosalind Franklin para a construção do modelo da dupla hélice do DNA, a partir de um levantamento das publicações em anais e revistas da área do Ensino de Ciências.

2) Investigar o motivo da negligência e as controvérsias dos estudos de Rosalind Franklin na proposta do modelo de dupla hélice do DNA por Watson e Crick.

3) Analisar o papel de Rosalind Franklin no âmbito científico, tendo em vista a questão da invisibilidade feminina na ciência.

4) Explorar as contribuições de Rosalind Franklin para a História da Ciência, levando em consideração as relações de gênero no meio científico.

Este estudo busca contribuir para o processo de construção do conhecimento científico sobre a dupla hélice do DNA, numa perspectiva histórica e filosófica. O texto que se segue, também busca dar ênfase ao papel feminino na ciência, a fim de desmistificar o estereótipo de gênero advindo da cultura patriarcal e misógina, onde as mulheres sempre foram negligenciadas, subordinadas e colocadas em posições inferiores no mundo da pesquisa. Cavalli e Meghioratti (2018) apontam que o sexo masculino ainda possui mais visibilidade neste quesito, embora o número de homens e mulheres seja equivalente dentro do campo científico.

A História da Ciência e a sua contextualização no Ensino de Ciências e Biologia

Pode-se dizer que a construção do modelo da estrutura de dupla hélice do DNA foi um episódio que contribuiu para o avanço da ciência e impactou a comunidade científica, visto que este evento concedeu subsídios relevantes para o desenvolvimento de vários estudos na área da Genética e da Biologia Molecular. Devido a isso, é crucial que ao levar este fato histórico para a sala de aula, os acontecimentos sejam relatados em detalhe e contextualizados, sempre ressaltando as contribuições de todos os pesquisadores como parte da HC.

No processo de contextualização de um determinado conteúdo científico no ambiente escolar, a HC permite a problematização de situações, o levantamento de hipóteses, a reflexão

e a argumentação por parte dos estudantes, além da compreensão de que algo construído pela humanidade é decorrente de um longo processo de eventos históricos (SLONGO; 1996).

Ao incluir a HC no Ensino de Ciências, há maior possibilidade de que os estudantes desenvolvam a educação científica e o saber científico, levando-os a compreender que a ciência é parte de uma construção social, histórica e cultural (SHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005). Nesse sentido, Martins (1998) aponta que o estudo de eventos históricos, no Ensino de Biologia e de Ciências, é essencial para a contextualização do conteúdo. Porém, o que se verifica, por vezes, é que os docentes apresentam dificuldades em contextualizar o conhecimento científico com a realidade dos estudantes, visto que as abordagens historiográficas não são devidamente levadas para o contexto escolar (MARTINS, 1998; SOUTO; DOS SANTOS; BORGES, 2017; FRANÇA; AUGUSTO, 2021). Esse problema de contextualização de conteúdos escolares, a partir de estudos e abordagens historiográficas, também é evidenciado na Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2018). Guarnieri *et al.* (2021) buscaram compreender como a HFC é abordada na BNCC (BRASIL, 2018), no que diz respeito às Ciências da Natureza do Ensino Fundamental e Médio. Os autores verificaram que existe uma incoerência entre as linhas historiográficas adotadas nos textos introdutórios e nas competências e habilidades de cada etapa de formação, sendo necessária uma fundamentação mais consistente da HFC na BNCC, a fim de que esse documento não se torne mais um dificultador para a inserção da abordagem histórica e, conseqüentemente, para uma disseminação de visões inadequadas sobre a Natureza da Ciência (NdC). Nesse sentido, El-Hani (2006) chama atenção que não é correto somente incluir a HFC no currículo e no Ensino de Ciências, mas também considerar as dimensões históricas, culturais e filosóficas associadas aos conceitos estudados.

A controversa proposição da estrutura helicoidal do DNA

Para entendermos o processo histórico sobre a controversa participação de Rosalind Franklin na construção do modelo helicoidal do DNA, é preciso relatar os fatos que levaram a esse episódio científico e que mudou significativamente a ciência. Com isso, é necessário relatar os eventos históricos que antecederam e resultaram na publicação do trabalho científico *‘Molecular Structure Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid’*, no dia 25 de abril de 1953, por James Watson e Francis Crick, na revista *Nature* (WATSON; CRICK, 1953). Apresentado em apenas duas páginas, o trabalho apontava uma nova proposição acerca da estrutura do DNA (Figura 1). A edição de 25 de abril de 1953 da *Nature* contribuiu para o avanço da ciência, impactou a comunidade científica e revelou dimensões históricas, filosóficas e éticas da ciência.

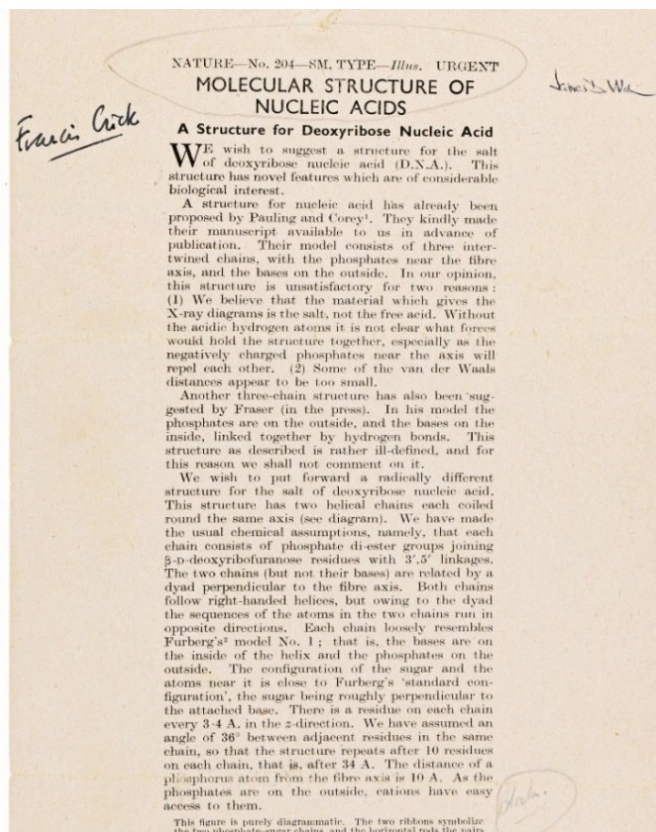


Figura 1 - Prévia do artigo sobre estrutura do DNA assinado por James Watson e Francis Crick enviado para publicação na revista *Nature*

Fonte: Watson e Crick (1953).

Disponível em: <https://www.christies.com/en/lot/lot-6210419>

No ano de 1951, James Watson e Francis Crick se conheceram no Laboratório Cavendish em Cambridge, Inglaterra, e marcou o início de uma colaboração excepcional, impulsionada por sua sólida relação profissional. Crick estava trabalhando em sua tese de doutorado e era supervisionado pelo biólogo molecular Max Perutz, na mesma época em que William Lawrence Bragg era professor de Física na Universidade de Cambridge. Crick tinha a finalidade de decifrar a replicação de genes, assim como Watson, que já tinha realizado seu doutorado e estava em Cavendish para pesquisar a bioquímica dos genes. No mesmo ano, em *King's College*, na cidade de Londres, estava Rosalind Franklin, seu assistente Raymond Gosling e seu parceiro de laboratório Maurice Wilkins, que trabalhavam com a cristalografia de raios X. No *King's College*, Rosalind Franklin e Maurice Wilkins eram supervisionados pelo professor de física John Randall (DA SILVA, 2010a, 2010b).

Além desses dois grupos de pesquisadores, o estudioso Linus Pauling também estava empenhado em decifrar a estrutura do DNA no Instituto de Tecnologia da Califórnia. No ano de 1952, Linus chegou bem perto do resultado e publicou, juntamente com o pesquisador Robert Corey, o artigo '*A proposed structure for the nucleic acids*' (PAULING; COREY, 1952). Porém, seus resultados mostravam uma molécula de tripla hélice e os grupos fosfatos estavam inseridos dentro dessa estrutura ao invés da parte externa (Figura 2).

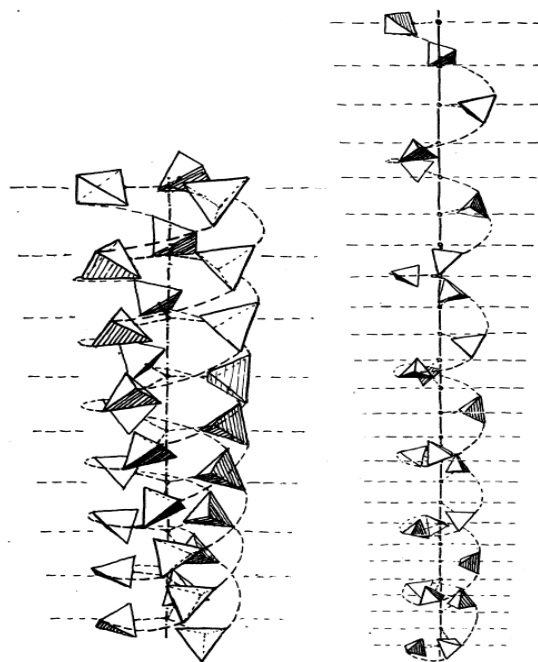


FIGURE 2

Figure 2 (*left*). A 24-residue 7-turn helix representing a single polynucleotide chain in the proposed structure for nucleic acid. The phosphate groups are represented by tetrahedra, and the ribofuranose groups by dashed arcs connecting them.

FIGURE 3

Figure 3 (*right*). One unit of the 3-chain nucleic acid structure. Eight nucleotide residues of each of the three chains are included within this unit. Each chain executes $3\frac{1}{4}$ turns in this unit.

Figura 2 - Parte do artigo de Linus Pauling e Robert Corey
Fonte: Pauling e Corey (1952, p. 88-89).

Apesar da publicação de Pauling e Corey em 1952, as pesquisas sobre a estrutura do DNA ainda estavam em andamento em outros laboratórios. Enquanto James Watson e Francis Crick se concentravam em construir um modelo teórico do DNA, Rosalind Franklin, Maurice Wilkins e Raymond Gosling trabalhavam para determinar a estrutura experimentalmente.

Foi então que, no decorrer dos estudos de Rosalind Franklin, no ano de 1952, ela conseguiu a tão famosa "Fotografia 51" (Figura 3), na qual representava a imagem da estrutura do DNA. Porém, em 1953, sem o consentimento da pesquisadora, Wilkins mostrou a fotografia, juntamente com outros dados experimentais, à Watson que logo percebeu o formato helicoidal do DNA e este mostrou à Crick, seu parceiro de laboratório. Como dito anteriormente, foram estes dois últimos cientistas que publicaram o trabalho sobre a estrutura dos ácidos nucleicos, com a forma helicoidal, na revista *Nature*.

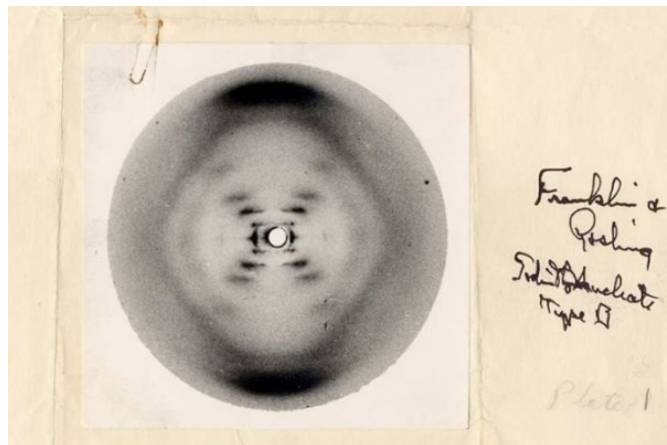


Figura 3 - Cópia da foto 51 de 2 de maio de 1952, assinada por Franklin e Gosling

Fonte: Franklin e Gosling (1953).

Disponível em: <http://www.codex99.com/photography/photo-51.html>.

Em sua publicação, Watson e Crick (1953) citam no último parágrafo do artigo, correspondente aos agradecimentos, o nome de Rosalind Franklin e Maurice Wilkins. Eles reconheceram que os estudos experimentais conduzidos por Franklin e Wilkins foram fundamentais para o desenvolvimento de suas próprias conclusões sobre a estrutura do DNA, mesmo que não tivessem sido publicados (Figura 4). Neste mesmo parágrafo, eles também ressaltam que os dados experimentais seriam mostrados em comunicações subsequentes.

We are much indebted to Dr. Jerry Donohue for constant advice and criticism, especially on interatomic distances. We have also been stimulated by a knowledge of the general nature of the unpublished experimental results and ideas of Dr. M. H. F. Wilkins, Dr. R. E. Franklin and their co-workers at King's College, London. One of us (J.D.W.) has been aided by a fellowship from the National Foundation for Infantile Paralysis.

J.D. WATSON
F.H. C. CRICK

Figura 4 - Último parágrafo do artigo '*Molecular structure of nucleic acids*'

Fonte: Watson e Crick (1953, p.737).

Porém, há uma controvérsia quanto a esse parágrafo escrito por Watson e Crick, pois em contrapartida, também na mesma edição da *Nature* de 25 de abril de 1953, com a ajuda de seu assistente Gosling, Rosalind Franklin publicou o artigo '*Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate*' (FRANKLIN; GOSLING, 1953) (Figura 5). Rosalind Franklin não sabia que a proposição dos dois era advinda de sua própria fotografia, chegando a registrar, inocentemente, que os resultados de seu estudo eram concernentes às conclusões publicadas por Watson e Crick. Elkin (2003) aponta que a controvérsia está nos agradecimentos feitos por Watson e Crick, distorcendo toda a pesquisa de Rosalind Franklin, uma vez que reproduziram a ideia de que o trabalho feito por ela serviu apenas para confirmar aquilo que foi escrito pelos dois pesquisadores.

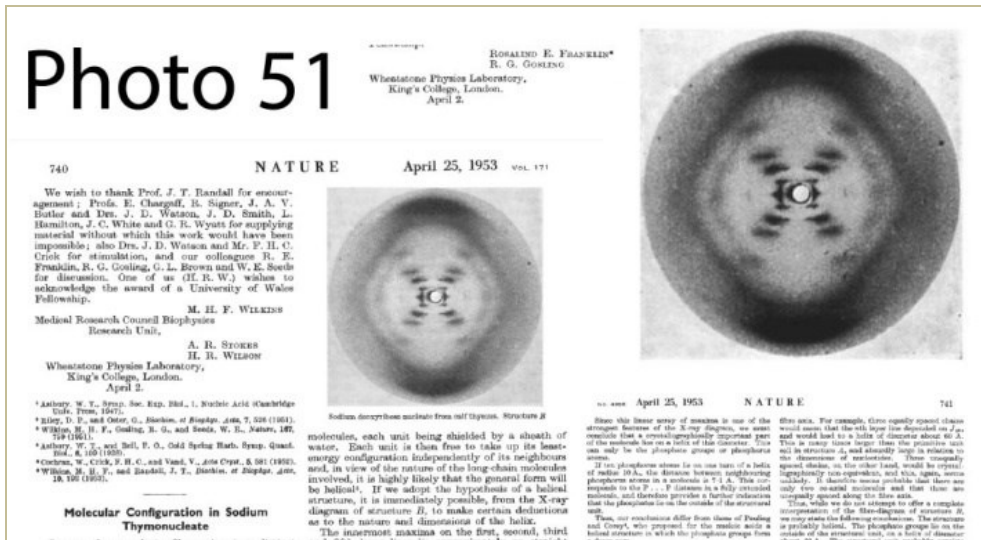


Figura 5 - Fragmento do artigo publicado por Rosalind Franklin e seu assistente em 1953 na *Nature*
Fonte: Franklin e Gosling (1953, p. 740-741).

Para continuar com a polêmica da proposição da estrutura helicoidal do DNA, na mesma edição em que foram publicados os trabalhos de Watson e Crick (1953) e Franklin e Gosling (1953), Wilkins publicou o trabalho ‘*Molecular Structure of Nucleic Acids: Molecular Structure of Deoxypentose Nucleic Acids*’ (WILKINS; STOKES; WILSON, 1953), pois também queria levar crédito sobre a proposição do modelo da dupla hélice do DNA (ORTIZ; DA SILVA; 2015). Em seu trabalho, também é citado o nome de Rosalind Franklin nos agradecimentos (Figura 7), alegando que a pesquisadora, assim como outros colegas de trabalho, colaborou através de discussões (WILKINS; STOKES; WILSON, 1953).

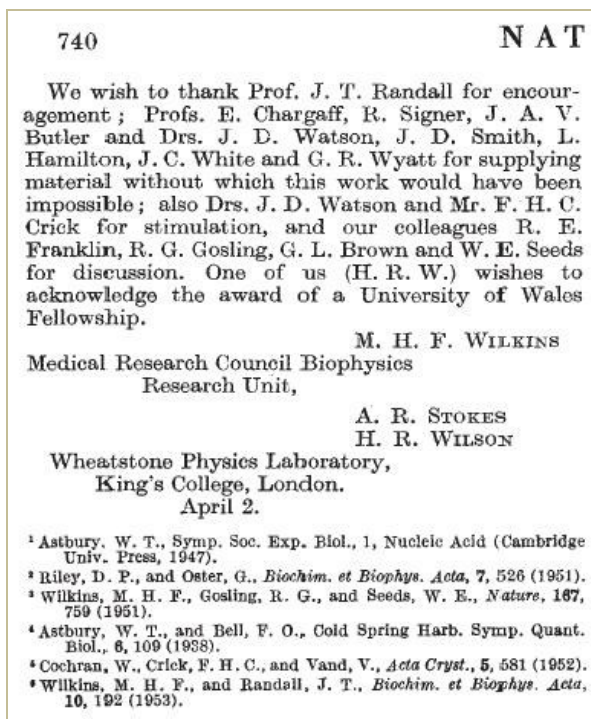


Figura 7 – Agradecimentos do artigo de Wilkins, onde é citado o nome de Franklin
Fonte: Wilkins, Stokes e Wilson (1953, p. 739- 740)

Rosalind Franklin teve uma morte precoce no ano de 1958 devido a um câncer no ovário. Posteriormente à sua morte, James Watson, Francis Crick e Maurice Wilkins receberam o prêmio Nobel em Fisiologia e Medicina (Figura 8).



Figura 8 – Ganhadores do Prêmio Nobel de 1962

Nota: Da esquerda para a direita - Maurice Wilkins (Fisiologia e Medicina), M. Perutz (Química), Francis Crick (Fisiologia e Medicina), J. Steinbeck (Literatura), James Watson (Fisiologia e Medicina), J. Kendrew (Química)

Fonte: NYPL- biblioteca de fotos científicas, 1962. Disponível em:

<https://www.sciencephoto.com/media/111538/view/six-nobel-prize-winners>.

Em 2010, Gann e Witkowski (2010) publicam fragmentos de cartas trocadas por Francis Crick e Maurice Wilkins em 1953 (Figura 6) (GANN; WITKOWSKI, 2010). Nessas cartas, julgadas perdidas, é possível perceber que Wilkins já estava ciente da publicação do artigo de Watson e Crick (1953). No registro encontrado, Crick perguntava a Wilkins se ele estava de acordo com os seus agradecimentos.

Caro Maurício, anexo um rascunho de nossa carta. Como ainda não foi vista por Bragg, eu ficaria grato se você não mostrasse para mais ninguém. O objetivo de enviá-la a você nesta fase é obter sua aprovação de dois pontos: a) a referência número 8 do seu trabalho inédito; b) o reconhecimento. Se você concordar com qualquer um destes reescritos, por favor nos avise. Se não tivermos a sua resposta dentro de um dia, vamos supor que você não tem objeções à sua forma atual. (GANN; WITKOWSKI, 2010, p. 522, tradução nossa).

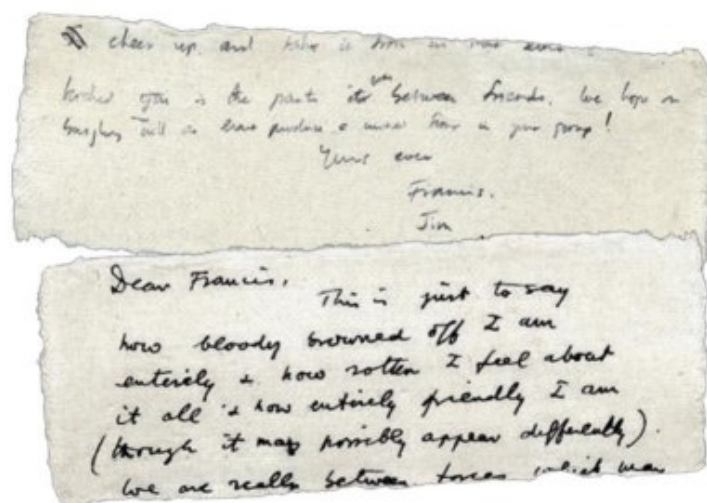


Figura 6 – Fragmentos das correspondências trocadas entre Francis Crick e Maurice Wilkins

Fonte: Gann e Witkowski (2010, p. 519-524, *Nature*) – Disponível em:

<https://www.nature.com/articles/467519a>.

É importante destacar que, mesmo com suas importantes contribuições para a elucidação do DNA, Rosalind Franklin não teve seu trabalho devidamente reconhecido.

Ela era, é claro, uma cientista de primeira linha; uma dos famosos do quarteto que explicou a estrutura do DNA. E isso foi certamente ignorado quatro anos após sua morte por Francis Crick e James Watson quando aceitaram o Prêmio Nobel em Fisiologia ou Medicina sem mencioná-la em seus discursos. (GLYNN, 2012, p. 1, tradução nossa).

Controvérsias quanto ao papel de Rosalind Franklin na proposição e elucidação da estrutura helicoidal do DNA

É certo que na literatura científica, muitos autores discutem sobre as controvérsias em torno da participação de Rosalind Franklin na história do DNA (MADDOX, 2002; PINHO; SOUZA, 2014; DE LIMA ANTERO, 2018 etc.).

Maddox (2002) relata em seu livro *‘Rosalind Franklin: The Dark Lady of DNA’* que a fotografia 51 (Figura 3), feita por Rosalind Franklin, foi uma contribuição significativa para a conclusão do estudo de Watson e Crick. Pinho e Souza (2014) validam essa ideia, pois para elas o mecanismo de cristalografia utilizado por Franklin forneceu informações imprescindíveis para Watson e Crick, sendo a proposição da dupla hélice uma conquista que auxiliou demasiadamente na evolução da Biologia Molecular. Em seus estudos, De Lima Antero (2018) relata que a falta de reconhecimento dos estudos de Rosalind Franklin também se deu pela dificuldade de trabalho com Maurice Wilkins e pelo surgimento de diferentes versões do ocorrido, o que, por um lado, ocasionou em uma injustiça e falta de credibilidade para a pesquisadora.

Para Ferreira (2003), o fato de Rosalind Franklin ser mulher, pode ter sido um outro motivo determinante para a falta de reconhecimento do seu trabalho. Rosalind Franklin passou por dificuldades devido à falta de acolhimento no *King's College*, visto que apenas 25% dos trabalhadores no local eram mulheres (ORTIZ; DA SILVA; 2015). Para Ignatofsky (2017), a negligência com o sexo feminino naquela época era facilmente observada e somente os homens eram permitidos de acessar os restaurantes e bares próximos ao *King's College*. Além do mais, essa autora cita que o próprio pai da Rosalind Franklin não queria que ela estudasse, pois não considerava a universidade como um ambiente adequado para mulheres. Esse exemplo é advindo dos domínios impostos pelo patriarcado e misoginia, indicando, por vezes, um dos motivos de que as mulheres não eram bem-vindas às universidades. Para Pereira e Favaro (2017), naquela época, o sexo feminino era colocado em posições inferiores e o cuidado doméstico e familiar era imposto a elas como sua única dedicação.

Tal questão sociocultural foi determinante para o atraso no avanço científico, pois, segundo Alonso (2020), a ciência poderia evoluir significativamente caso as mulheres

tivessem melhores oportunidades ao entrar no mundo da pesquisa, antes mesmo do século XIX. Além das limitadas oportunidades e da falta de visibilidade enfrentadas pelas mulheres naquela época, ainda existem poucas pesquisas que realmente enfatizam o trabalho feminino dentro da ciência.

Por fim, outro exemplo de controvérsia, segundo Elkin (2003), estava no fato de que Franklin expressava suas ideias com frequência e as debatia com habilidade. Por ser uma pesquisadora teórica, ela enfrentava desafios devido à sua busca por evidências precisas antes de publicá-las, confiando menos em sua intuição (Figura 9). Além disso, ela não trabalhava com a construção de modelos e sempre buscava obter resultados por meio de cálculos e da difração de raios X para validar seus dados.

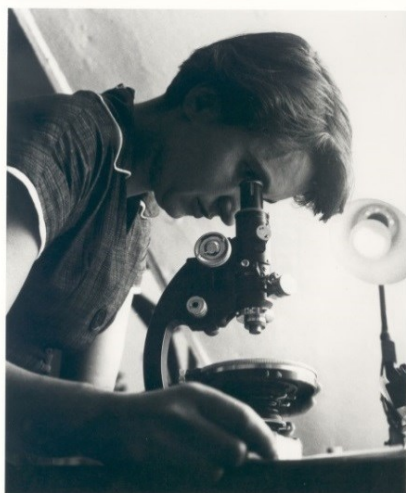


Figura 9 - Rosalind Franklin exercendo seus trabalhos no laboratório na Universidade de Cambridge – King's College

Fonte: Google Imagens - Disponível em: https://cs.wikipedia.org/wiki/Rosalind_Franklinov%C3%A.

Metodologia da pesquisa

Para o andamento desse estudo e alcançar os objetivos propostos, foi feita uma pesquisa de caráter qualitativo, que, segundo Lüdke e André (1986), consiste na coleta de materiais descritivos sobre determinadas situações e acontecimentos. Também, trata-se de uma pesquisa bibliográfica (GIL, 2002)¹ e histórica (KERLINGER, 2009)², uma vez que

¹ Segundo Gil (2002), a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Neste trabalho, desenvolvemos uma pesquisa que se aproxima de uma revisão sistemática, ou seja, procuramos explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos (principalmente artigos). Em ambos os casos, pesquisa bibliográfica ou sistemática, buscou-se conhecer e analisar as contribuições científicas do passado e/ou num passado remoto sobre um determinado assunto, tema ou problema.

foram analisadas as reflexões e estudos de autores em Ensino de Ciências sobre a importância histórica, o papel da mulher e como as contribuições de Rosalind Franklin vêm sendo discutidas no âmbito da História da Ciência, como símbolo de luta e representatividade das mulheres na Ciência e no ensino. Para a respectiva pesquisa, foi necessário buscar artigos em periódicos nacionais e em eventos em Ensino de Ciências, uma vez que procuramos evidenciar o que se tem publicado na educação científica sobre a temática proposta.

Para os periódicos, alguns critérios foram adotados, tais como: 1) Artigos publicados em revistas, na área de publicação em Ensino, com classificação A1/A2 e B1/B2/B3 do sistema de qualificação de periódicos Qualis CAPES, a partir do Quadriênio 2013- 2016; 2) Seleção de artigos com a presença de palavras-chave em dois grupos. Para o primeiro grupo de palavras, utilizou a seleção de: "DNA", "História da Ciência", "História e Filosofia da Ciência" e "Mulheres na Ciência". Para o segundo grupo de palavras e pela lógica booleana, utilizou-se a palavra: "Rosalind".

Vale ressaltar, que os anos de publicação dos periódicos não foram critérios determinantes para o estudo, visto que o trabalho desenvolvido também é um levantamento historiográfico (KERLINGER, 2009) e que leva em consideração a investigação crítica dos acontecimentos ao longo dos anos.

Com esse propósito, foram selecionados os principais periódicos de Ensino de Ciências, sendo eles: Revista Experiências em Ensino de Ciências; Caderno Brasileiro em Ensino de Física; Investigações em Ensino de Ciências; Revista de Ensino de Ciências e Matemática; Revista Alexandria; Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências; Revista Ciência & Educação; Revista Química Nova na Escola; Revista *Scientia & Studia*; Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular e Revista de Filosofia e História da Biologia.

Vale ressaltar que a pesquisa também foi feita em outros periódicos da área de Ensino, porém, não foram encontrados trabalhos sobre a temática, tais como: Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências; Revista Brasileira de Ensino de Química; Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia; Ensino & Pesquisa; Aretê-Revista Amazônica de Ensino de Ciências; AMAZÔNIA - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas; RBECM - Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática; Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino; Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática; Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC; ACTIO: Docência em Ciências.

² Segundo Kerlinger (2009), a pesquisa histórica ou investigação histórica é uma investigação crítica dos acontecimentos, desenvolvimentos e experiências do passado, a partir da leitura e análise cuidadosa da evidência da validade de fontes de informação sobre o passado, e a interpretação da evidência.

Em relação aos eventos de Ensino de Ciências, foram selecionados para análise os anais dos encontros científicos: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (ENPEC: I ao XII) e Encontro Nacional do Ensino de Biologia (ENEBIO: I ao VII). É importante ressaltar que, para a pesquisa realizada nos anais, foram empregadas as mesmas palavras-chave utilizadas na pesquisa em periódicos.

A seleção dos estudos nos periódicos e nos anais dos dois eventos foi realizada com base na busca de palavras-chave nos títulos e resumos. Posteriormente, foi feita a leitura integral de todos os textos, resultando em um total de 24 artigos encontrados.

Para a análise de dados, foi utilizada a Análise Textual Discursiva (ATD) (MORAES; GALIAZZI, 2007). A ATD vincula dois processos de análise da pesquisa qualitativa, sendo eles: a Análise de Conteúdo (AC) e a Análise de Discurso (AD). Para esta pesquisa, levou-se em consideração o desenvolvimento dos processos da ATD, da seguinte forma:

a) *Seleção de corpus*: Foram analisados 24 artigos, a partir das palavras-chave utilizadas e da leitura dos títulos e resumos. Para alguns trabalhos que não estavam diretamente relacionados com a temática, mas que citavam Rosalind Franklin em algum momento, foi necessário a leitura completa dos textos.

b) *Unitarização*: Constituiu na separação dos artigos de acordo com o sentido, significado e relevância das informações que eles apresentavam sobre a temática.

c) *Categorização*: Nessa fase, ocorreu o agrupamento das unidades de significado, levando em consideração os dados com sentidos semelhantes. Isso resultou em três categorias emergentes: 1) Controvérsias quanto às contribuições de Rosalind Franklin na elucidação do DNA; 2) Rosalind Franklin no contexto da invisibilidade feminina na ciência; 3) A articulação entre as relações de gênero, as contribuições científicas de Rosalind Franklin e a História da Ciência.

d) *Metatextos*: São textos analíticos que tem o objetivo de descrever e interpretar as categorias fundamentadas no levantamento bibliográfico.

Resultados

A análise dos resultados, aqui exposta, leva em conta dois processos. Primeiramente, são descritos os resultados da pesquisa bibliográfica nos periódicos e eventos de Ensino de Ciências e, posteriormente, são apresentados os metatextos das três categorias provenientes da ATD.

Publicações sobre as contribuições de Rosalind Franklin para a elucidação e proposição do modelo do DNA

Durante a pesquisa bibliográfica, foram encontrados 24 artigos (14 em periódicos e 10 em encontros científicos) que, em algum momento, citavam o nome de Rosalind Franklin ou abordavam suas principais contribuições para a proposição do modelo de dupla hélice do DNA (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Total de publicações por periódicos que abordam Rosalind Franklin como uma das autoras na elucidação da estrutura do DNA

Periódicos	Volumes (analisados até 2021)	Nº de trabalhos encontrados
Revista Experiências em Ensino de Ciências	01 a 15	02
Caderno Brasileiro em Ensino de Física	01 a 38	01
Investigações em Ensino de Ciências	01 a 26	01
Revista de Ensino de Ciências e Matemática	01 a 12	01
Revista Alexandria	01 a 14	01
Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências	01 a 23	01
Revista Ciência & Educação	01 a 27	02
Revista Química Nova na Escola	01 a 43	01
Revista <i>Scientia & Studia</i>	01 a 15	01
Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular	01 a 19	01
Revista de Filosofia e História da Biologia	01 a 16	02
Total		14 artigos

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A Tabela 1 apresenta um número reduzido de publicações nacionais sobre a temática, visto que foram encontrados, no máximo, dois trabalhos em todos os volumes publicados em cada periódico. Não foi possível determinar o número total de artigos publicados em todos os volumes, pois as informações não estavam disponíveis nos portais dos periódicos. No entanto, partindo de uma média de 36 artigos por volume em cada revista, verifica-se, a partir da Tabela 1, uma baixa quantidade de trabalhos publicados sobre a temática. É importante ressaltar que, dos 14 trabalhos encontrados, nem todos abordavam de forma aprofundada a história de Rosalind Franklin. Em alguns casos, seu nome era mencionado de forma pontual, sem explorar detalhadamente o assunto. Essa baixa quantidade de publicações é uma das evidências da falta de reconhecimento do trabalho realizado por Rosalind Franklin em sua época e no campo do Ensino de Ciências. Além disso, destaca a lacuna existente na abordagem dos eventos históricos relacionados ao desenvolvimento do conhecimento sobre a estrutura do DNA.

Neste processo de análise, observou-se que vários trabalhos foram escritos pelos mesmos autores, por exemplo: Batista *et al.* (2011) e Batista *et al.* (2013); Da Silva (2007), Da Silva (2010a, 2010b), Da Silva, Passos e Boas (2013) e Da Silva, Viana e Justina (2016);

Heerdt e Batista (2011), Heerdt e Batista (2015) e Heerdt e Batista (2017); Scheid, Delizoicov e Ferrari (2003) e Scheid, Ferrari e Delizoicov (2005); Souto, Santos e Borges (2016) e Souto, Santos e Borges (2017). Com isso, nota-se que, além da baixa quantidade de publicações, as existentes são realizadas por um pequeno grupo de pesquisadores, resultando em uma temática pouco discutida na pesquisa e no Ensino de Ciências.

A Tabela 2, por sua vez, apresenta a quantidade de artigos encontrados nos anais dos encontros da área de Ensino de Ciências, que também revela uma pouca representatividade sobre o assunto.

Tabela 2 - Total de artigos nos encontros ENPEC (1997 – 2019) e ENEBIO (2012 – 2018) que apresentam o nome de Rosalind Franklin

Encontros/Ano	Quantidade de artigos com a temática da pesquisa	Quantidade total de trabalhos por Encontro
I ENPEC/1997	00	128
II ENPEC/1999	00	163
III ENPEC/2001	00	233
IV ENPEC/2003	01	451
V ENPEC/2005	00	738
VI ENPEC/2007	00	669
VII ENPEC/2009	00	723
VIII ENPEC/2011	02	1235
IX ENPEC/ 2013	01	1526
X ENPEC/2015	01	1768
XI ENPEC/2017	01	1335
XII ENPEC/2019	01	1.254
I ENEBIO/2005	00	281
II ENEBIO/2007	00	215
III ENEBIO/2010	00	415
IV ENEBIO/2012	01	331
V ENEBIO/2014	00	568
VI ENEBIO/2016	01	700
VII ENEBIO/2018	01	770
Total	10 artigos	13.503 artigos

Fonte: elaborado pelos autores.

Como evidenciado nas Tabelas 1 e 2, é possível constatar a escassez de publicações nas edições dos encontros da área de Ensino de Ciências sobre Rosalind Franklin. Isso ocorre, primeiramente, porque a linha temática “História da Ciência” ou “História e Filosofia da Ciência”, em cada evento, recebe poucos trabalhos. Posteriormente, dentro dessa linha, há uma falta de estudos que abordam as questões de gênero na ciência, ou seja, a produção de estudos sobre essa temática específica, dentro da HFC, ainda é limitada, especialmente quando se trata de mulheres na ciência. Com isso, a baixa quantidade de citações de nomes femininos é apontada como um fator que contribui para a escassez de submissões de trabalhos encontrados. Essa questão é reforçada por Leta (2003), que considera a pesquisa sobre o

gênero feminino ainda muito recente, o que resulta no acesso difícil e disperso a essas pesquisas.

Análise das categorias

Neste tópico, são apresentados os estudos que abordam o assunto de cada categoria que emergiu durante a ATD (Quadros 1, 2 e 3) e o seu metatexto, a fim de responder os objetivos da pesquisa.

Controvérsias quanto às contribuições de Rosalind na elucidação do DNA

A presente categoria, emergida durante a ATD, evidencia os principais conflitos que ocorreram entre Rosalind Franklin e James Watson e Francis Crick na época em que todos estavam empenhados em elucidar e compreender a estrutura do DNA. Para esta categoria, a análise revelou um total de sete artigos que podem ser observados no Quadro 1:

Quadro 1 - Artigos selecionados na categoria “Controvérsias quanto às contribuições de Rosalind para a elucidação e proposição do DNA”

N	Artigos	Encontros ou Revistas
1	OLIVEIRA, T. H.G de.; SANTOS, N. F. dos; BELTRAMINI, M., L. O DNA: uma sinopse histórica, n. 1, v. 2, p. 1-16, 2004.	Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular
2	SCHEID, N. M. J.; DELIZOICOV, D.; FERRARI, N. A proposição do modelo de DNA: um exemplo de como a história da ciência pode contribuir para o ensino de genética, v.4, 2003.	IV ENPEC
3	FRANÇA, B. S.; DA SILVA AUGUSTO, T. G. DNA, a molécula da hereditariedade: história da ciência na formação continuada de professores, v. 14, n. 1, p. 117-138, 2021.	Revista Alexandria
4	DA SILVA, M. R. As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice, v. 8, p. 69-92, 2010a.	<i>Scientia e Studia</i>
5	DA SILVA, M. R. Maurice Wilkins e a polêmica acerca da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice do DNA, v. 5, n. 2, p. 369-384, 2010b.	Filosofia e História da Biologia
6	DA SILVA, M. R. Rosalind Franklin e seu papel na construção do modelo da dupla-hélice do DNA, p. 297, 2007.	Filosofia e História da Biologia
7	DA SILVA, M. R. PASSOS, M. M.; BOAS, A. V.; A história da dupla hélice do DNA nos livros didáticos: suas potencialidades e uma proposta de diálogo, v. 19, p. 599-616, 2013.	Ciência & Educação

Fonte: elaborado pelos autores.

A partir dos estudos analisados, Oliveira, Santos e Beltramini (2004) afirmam que o trabalho de difração de raios X, realizado por Rosalind Franklin, ofereceu importantes contribuições para a resolução do modelo de DNA, mas não foi decisivo para fazer considerações finais sobre a estrutura molecular. Segundo os autores, Rosalind Franklin não demonstrava motivação para desenvolver teorias no campo da Biologia. Da Silva (2010a) reforça essa ideia e dá ênfase à diferença entre o trabalho de Rosalind Franklin e Watson e Crick, visto que ela se interessou pelos aspectos morfológicos do DNA, enquanto os outros pesquisadores focaram nos fenômenos genéticos, a fim de explicar as regras de Chargaff. A

metodologia de trabalho, bem como os objetivos de Rosalind Franklin e Watson e Crick eram completamente diferentes, ou seja, enquanto a pesquisadora exercia pesquisas na área da bioquímica e se interessava pela estrutura química da molécula, Watson e Crick priorizavam o estudo da genética molecular (DA SILVA; 2007).

Relacionando com essa ideia, Scheid, Delizoicov e Ferrari (2003) relatam que no momento que Watson e Crick se aliaram, tiveram a capacidade de unir conhecimentos de uma maneira favorável, possibilitando que recebessem o Prêmio Nobel em 1962 (Figura 10).



Figura 10 - James Watson e Francis Crick apresentando sua proposta de estrutura do DNA

Fonte: Google Imagens - Disponível em: <https://canaltech.com.br/internet/mulheres-historicas-rosalind-franklin-a-injusticada-mae-do-dna-78101/>.

Além do mais, Da Silva (2007) relata que Rosalind Franklin enfrentou condições inadequadas para exercer seu trabalho, especialmente devido ao fato de que ela e Maurice Wilkins, seu colega de laboratório, não tinham uma boa relação profissional. Por outro lado, Watson e Crick formavam uma parceria harmoniosa.

Desse modo, a diferença de objetivos entre os pesquisadores foi um dos principais motivos para a grande polêmica que ocorreu durante a disputa pela proposição do modelo da dupla hélice. Rosalind Franklin estava empenhada em caracterizar a molécula, utilizando princípios cristalográficos, enquanto Watson e Crick buscavam compreender a função genética do ácido desoxirribonucleico (DA SILVA; PASSOS; BOAS, 2013). Nesse processo, mesmo que os estudos de Rosalind Franklin fossem considerados imprescindíveis, Watson e Crick não lhe atribuíram o devido reconhecimento (FRANÇA; AUGUSTO, 2021), uma vez que, as alianças de trabalho foram fatores determinantes para as controvérsias encontradas neste marco histórico.

Neste sentido, com base nos estudos levantados, podemos resumir que as principais controvérsias entre Franklin e Watson e Crick para a proposição do modelo da estrutura de dupla hélice do DNA consistem em: 1) Diferença de objetivos entre Franklin e Watson e Crick; 2) Condições inadequadas para Franklin exercer seu trabalho no *King's College*; 3)

Falta de parceria entre a pesquisadora e seu parceiro de laboratório, Maurice Wilkins; e 4) Boa relação de Watson com Crick.

Rosalind no contexto da invisibilidade feminina na ciência

Esta categoria tem como finalidade analisar o papel de Rosalind Franklin como cientista, considerando a invisibilidade das mulheres na ciência, que é discutida por autores como Silva Lavarda e Pereira (2019), Soares (2001), Heerdt e Batista (2015) etc. (Quadro 2). Esses mesmos autores ressaltam a grande disseminação de nomes masculinos na ciência e o silenciamento do gênero feminino, tendo como consequência, a exclusão de mulheres importantes do contexto histórico, científico, cultural e filosófico.

Para compreender esta categoria, foram analisados nove artigos, que podem ser observados no Quadro 2:

Quadro 2 - Artigos selecionados na categoria “Rosalind Franklin no contexto da invisibilidade feminina na ciência”

N	Artigos	Encontros ou Revistas
1	SOARES, T. A. Mulheres em ciência e tecnologia: ascensão limitada, v. 24, p. 281-285, 2001.	Química Nova Escola
2	SOUTO, U. R.; SANTOS, J. R. dos; BORGES, A. A. Contribuições da história da ciência para a compreensão do conhecimento científico acerca da molécula de DNA, v. 12, n. 6, p. 1-11, 2017.	Experiências em Ensino de Ciências
3	SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA, v. 11, p. 223-233, 2005.	Ciência & Educação
4	SOARES, Z.; MENDES, M.; FREITAS, A. Percepções de estudantes do Ensino Médio sobre a presença das mulheres na Ciência, v. 12, n. 1, p. 1-19, 30 mar. 2021.	Revista de Ensino de Ciências e Matemática
5	BATISTA, I. de L. <i>et al.</i> Gênero feminino e formação de professores na pesquisa em educação científica e matemática no Brasil.	VII ENPEC
6	BATISTA, I. de L. <i>et al.</i> Saberes docentes e invisibilidade feminina nas Ciências, 2013.	IX ENPEC
7	HEERDT, B.; BATISTA, I. de L. Saberes docentes: Natureza da Ciência e as relações de gênero na Educação Científica, v. 24, 2015.	X ENPEC
8	SILVA LAVARDA, T. C. F. da; PEREIRA, P. B. Mulheres na ciência: construção de sentidos sobre a igualdade de gênero no Ensino Médio, 2019.	XII ENPEC
9	COSTA, A. F. da; FERNANDES L. H. Representação da Mulher Cientista nos Livros Didáticos de Ciências da década de 2010 a 2017, 2019.	XII ENPEC

Fonte: elaborado pelos autores.

Ao analisar os artigos do Quadro 2, foi possível perceber que autores, como Soares (2001) e Heerdt e Batista (2015), mencionam a invisibilidade e a falta de reconhecimento da contribuição de Rosalind Franklin na descoberta da estrutura do DNA, assim como, na entrega do Prêmio Nobel a Watson e Crick em 1962. Para Souto, Santos e Borges (2017), os preconceitos com a figura feminina no contexto histórico, especialmente na ciência, estavam relacionados ao impacto da Segunda Guerra Mundial. Sheid, Ferrari e Delizoicov (2005) também reforçam essa ideia e destacam a falta de credibilidade dada às mulheres naquela época, em que o preconceito era ainda mais evidente. Isso fica evidente no caso de Rosalind

Franklin, que estava cansada da misoginia que enfrentava em seu trabalho, e acabou aceitando uma nova posição com o pesquisador John Bernal (que também trabalhava com cristalografia de raios X), no *Birkbeck College*, abandonando a análise dos resultados da Foto 51.

Já para Soares, Mendes e Freitas (2021), a exclusão das mulheres do contexto histórico ainda persiste nos tempos atuais, especialmente no meio científico, onde existe uma visão distorcida e estereotipada que associa a imagem do cientista ao masculino, ocasionando na negligência e invisibilidade do papel feminino.

Nesse sentido, Batista *et al.* (2011) destacam o trabalho de Rosalind Franklin como uma das poucas referências encontradas na área de História da Ciência, ressaltando que desde a década de 90 há um certo desinteresse e poucas citações quando se trata do tema "mulheres no meio científico". Costa e Fernandes (2019) também mencionam a baixa quantidade de citações de nomes femininos em publicações científicas. No entanto, Batista *et al.* (2013) reforçam que, apesar da escassez de publicações, as mulheres têm uma grande contribuição no meio científico, o que seria benéfico para elas caso recebessem maior reconhecimento e credibilidade.

Com base nos estudos analisados, conclui-se que a falta de reconhecimento de Rosalind Franklin reforça a invisibilidade das mulheres na ciência. Essa invisibilidade foi resultado das influências da época, onde havia fortes preconceitos contra o sexo feminino, especialmente como resultado da Segunda Guerra Mundial, e, também, da misoginia enfrentada por Rosalind Franklin e outras cientistas em seus ambientes de trabalho. No entanto, mesmo que essas características sejam próprias da época, estudos como os de Soares (2001) e Soares *et al.* (2021) demonstram que ainda é possível observar o descrédito em relação às mulheres em publicações científicas atualmente.

A articulação entre as relações de gênero, as contribuições científicas de Rosalind Franklin e a História da Ciência

Os trabalhos que sustentam essa categoria indicam as contribuições de Rosalind Franklin para a contextualização de conteúdos de História da Ciência estudados na educação básica e no ensino superior, levando em consideração as relações de gênero no meio científico (Quadro 3). Nesta categoria, foram analisados nove artigos nos quais buscou-se conhecer a história de cientistas mulheres, numa tentativa de promover maior interação entre a ciência e a sociedade, para que, assim, os estudantes da educação básica e do ensino superior consigam se posicionar de forma crítica sobre as dificuldades enfrentadas pelo sexo feminino, durante diferentes "eventos históricos" (OLIVEIRA, 2020).

Quadro 3 - Artigos selecionados na categoria “A articulação entre as relações de gênero, as contribuições científicas de Rosalind Franklin e a História e Filosofia da Ciência”

N	Artigos	Encontros ou Revistas
1	SOUTO, U. R.; SANTOS, J. R.; BORGES, A. A. Proposta de modelo da dupla hélice do DNA em um contexto histórico, v. 9, p. 1482-1491, 2016.	VI ENEBIO
2	TOLENTINO, P. C.; ARTONI, R. F.; PILEGGI, S. A. V. Concepções de Ciências de Licenciandos em Biologia a partir da abordagem histórica do descobrimento do DNA, 2012.	IV ENEBIO
3	FRANÇA, B. S.; AUGUSTO, T. G. da S. DNA, a molécula da hereditariedade: história da ciência na formação continuada de professores, v. 14, n. 1, p. 117-138, 2021.	Revista Alexandria
4	OLIVEIRA, L. <i>et al.</i> Mulheres nas Ciências como temática para uma Feira de Ciência: investigando perspectivas de estudantes do Ensino Médio relacionadas a algumas pós-verdades, v. 37, n. 3, p. 1404-1439, 2020.	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
5	FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. A abordagem do DNA nos livros de biologia e química do ensino médio: uma análise crítica, v. 6, p. 38-50, 2004.	Revista Ensaio
6	DA SILVA, A. A.; VIANA, A.; JUSTINA, L. A. D. Um estudo sobre o DNA no Ensino Médio: História da Ciência e CTS, v. 11, n. 2, p. 136-163, 2016.	Experiências em Ensino de Ciências
7	SILVA, J. D. C.; KANOUTÉ, T. B. O caso de Rosalind Franklin e a fotografia 51: como as relações de gênero permeiam o empreendimento científico, v. 1, 2018. p. 4706-4714.	VII ENEBIO
8	HEERDT, B.; BATISTA, I. L. Possíveis relações entre HFC, concepção da Natureza da Ciência e a questão do gênero feminino na formação docente, 2011.	VIII ENPEC
9	HEERDT, B.; BATISTA, I. L. Saberes docentes: mulheres na ciência. p. 1-10, 2017.	XI ENPEC

Fonte: elaborado pelos autores.

A falta de reconhecimento sobre a importância dos trabalhos de Rosalind Franklin só começou a ser admitida décadas depois, quando surgiram discussões relacionadas aos estudos de gênero direcionadas à HFC (HEERDT; BATISTA, 2011, 2017). Para Silva e Kanouté (2018), Watson e Crick só usaram a fotografia da dupla hélice do DNA, sem atribuir os devidos créditos a Rosalind Franklin, provavelmente devido ao fato de ela ser mulher naquela época, o que resultou em um golpe em sua área profissional.

Os estudos teóricos que abordam uma “visão histórica” sobre um fato científico indicam vínculos entre os contextos históricos, sociais, culturais e econômicos (DA SILVA; VIANA; JUSTINA, 2016). Nos tópicos anteriores, foi demonstrado que, ao examinar as evidências do trabalho de Rosalind Franklin na difração de raios-X, sob a perspectiva da HC, Watson e Crick propuseram a estrutura helicoidal do DNA (Figura 10). No entanto, antes de chegarem a esta proposição, vários pesquisadores também fizeram suas contribuições (SOUTO; SANTOS; BORGES, 2016). Foi Rosalind Franklin e Maurice Wilkins que forneceram subsídios para que o modelo de DNA fosse proposto, porém, ainda há uma falta de “contextualização histórica” ao apresentar o conteúdo de genética e da dupla hélice nos livros didáticos (FERREIRA; JUSTI, 2021), tanto na educação básica quanto na formação inicial e continuada de professores (TOLENTINO; ARTONI; PILEGGI, 2012).

Essa falta de contextualização histórica ocorre devido à dificuldade de articular a HFC na educação básica e no ensino superior (SOUTO; SANTOS; BORGES, 2016), de desenvolver discussões críticas sobre o papel e a natureza da ciência na formação inicial e continuada de muitos professores (DA SILVA; VIANA; JUSTINA, 2016) e de trabalhar com outros materiais didáticos que levam em consideração apenas o nome de Watson e Crick, omitindo as contribuições de Rosalind Franklin (FERREIRA; JUSTI, 2021). Frequentemente, a HC se mostra indefinida e, para resolver essa indefinição, torna-se necessária a presença de uma contextualização histórica sobre as contribuições de Rosalind Franklin e as controvérsias que permeiam este assunto. Isso pode incitar ricos debates em uma aula de Ciências/ Biologia e favorecer a construção e o desenvolvimento do conhecimento científico dos estudantes (FRANÇA; AUGUSTO, 2021). Nesse sentido, Heerd e Batista (2013; 2017), em dois de seus trabalhos, enfatizam que nos livros didáticos é perceptível uma baixa quantidade de eventos históricos envolvendo o gênero feminino. Para esses autores, o episódio histórico relacionado à elucidação e proposição do modelo do DNA é adequado para uma aula que utilize estratégias de ensino com discussões críticas, baseadas em aspectos científicos, tecnológicos, sociais e históricos, visto que discussões no âmbito epistemológico podem ser levantadas.

Ferreira e Justi (2004) também apontam o problema da falta de contextualização histórica, mas também ressaltam que, além dessa limitação, há outras questões problemáticas envolvidas, como a construção de conceitos equivocados decorrentes de alguns modelos de ensino. Segundo as autoras, é necessário que a temática do DNA passe por uma série de adequações, a fim de contribuir para uma educação científica crítica e contextualizada, bem como promover debates sobre as relações de gênero na HC.

Considerações finais

O presente trabalho possibilitou compreender os motivos pelos quais o papel de Rosalind Franklin foi fundamental para a proposição da estrutura de dupla hélice do DNA por James Watson e Francis Crick. Através da análise de publicações em periódicos e anais em Ensino de Ciências sobre o tema, foi possível compreender: os motivos que levaram às controvérsias existentes naquela época, onde existia uma disputa profissional por parte de Watson e Crick; a falta de reconhecimento da capacidade intelectual de Rosalind Franklin; as dificuldades em discutir as relações de gênero na ciência; e as contribuições científicas de Rosalind para a História da Ciência no contexto da educação básica e do ensino superior.

Como observado na categoria ‘Controvérsias quanto às contribuições de Rosalind Franklin na elucidação do DNA’, houve razões para a polêmica em torno do modelo do DNA, uma vez que tanto Rosalind Franklin quanto Watson e Crick tinham objetivos semelhantes, mas trabalhavam com abordagens e técnicas diferentes. Além de buscar compreender a

estrutura de DNA, a biofísica estava empenhada em responder também aos princípios cristalográficos, buscando evidências concretas, enquanto os pesquisadores priorizavam a função genética da molécula, conforme apontado por Da Silva (2010a e 2010b). Esses fatores se somaram às condições precárias de trabalho no *King's College*, às quais Rosalind Franklin estava sujeita, bem como às dificuldades em colaborar com o seu parceiro de trabalho Maurice Wilkins. Essas circunstâncias contribuíram para que Watson e Crick avançassem na busca por uma resposta sobre o modelo do DNA, formando uma parceria bem-sucedida.

Como explicitado na categoria 'Rosalind Franklin no contexto da invisibilidade feminina na ciência', todas essas adversidades eram resultado da época em que o gênero feminino não era valorizado o suficiente, em consequência da Segunda Guerra Mundial e da misoginia presente no ambiente de trabalho. Infelizmente, relatos dos estudos pesquisados indicam que ainda há vestígios dessa cultura patriarcal atualmente, em que os nomes das mulheres continuam sendo apagados do contexto histórico, científico, tecnológico e cultural, resultando na negligência e na falta de reconhecimento do trabalho realizado por elas. Isso também tem impacto na educação científica e tecnológica, pois, em abordagens de cunho histórico, observa-se uma falta de contextualização durante o processo de construção do conhecimento no ambiente escolar (educação básica e ensino superior).

Como apontado na categoria 'A articulação entre as relações de gênero, as contribuições científicas de Rosalind Franklin e a História da Ciência', a contribuição de Rosalind Franklin pode ser abordada nas aulas de Ciências da Natureza e/ou Biologia ao ensinar genética, bioquímica e outras áreas de conhecimento. Essa articulação dos conteúdos científicos com seus aspectos históricos contribui para promover diversos debates na sala de aula, uma vez que não apenas a história de Rosalind Franklin, mas também de outras cientistas mulheres, podem ser compartilhadas, criando uma conexão entre a ciência, a tecnologia e a realidade dos estudantes.

A baixa quantidade de publicações sobre a temática foi um fator limitante para esta pesquisa. Apesar da ampla divulgação da grande área ou linha de pesquisa 'História e Filosofia da Ciência' em periódicos de educação científica e nos anais de eventos como o ENPEC e ENEBIO, a quantidade de estudos específicos sobre a temática é limitada. Isso resultou em poucos artigos em Ensino de Ciências que pudessem responder todos os objetivos propostos nesta pesquisa.

Dentre as possibilidades e perspectivas que ainda não foram exploradas sobre a temática, podem-se destacar: a importância do trabalho de Rosalind Franklin com a cristalografia de Raios X desenvolvida no *King's College*, que forneceu imagens de alta qualidade da molécula de DNA; a sua relação profissional com seus colegas de laboratório e os desafios enfrentados durante o processo de elucidação da estrutura do DNA; e, por fim,

como as percepções sobre o papel de Rosalind Franklin mudaram ao longo do tempo e as relações dessas mudanças com o contexto histórico de cada época. Diante dessas questões, a realização de futuras pesquisas no campo da História e Filosofia da Ciência, levando em consideração o gênero feminino e a educação científica e tecnológica, é de extrema importância para incentivar novos debates e destacar o trabalho de mulheres cientistas que colaboraram significativamente para a ciência e tecnologia, mas que muitas vezes foram silenciadas devido a atitudes misóginas que resultaram na falta de reconhecimento perante a sociedade. Essas pesquisas e os resultados desse trabalho podem ampliar nossa compreensão sobre o papel das mulheres na ciência e promover uma educação mais inclusiva e igualitária, inspirando as gerações futuras.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido dentro do Grupo de Estudos e Pesquisas em Abordagens e Metodologias de Ensino de Ciências (GEPAMEC) da UFVJM. Os autores expressam seu agradecimento ao CNPq pelos financiamentos obtidos por meio do projeto Universal, processo n. 408143/2021-5, e da Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora, processo n. 306179/2021-0.

Referência Bibliográfica

ALONSO, A. R. *O sexo feminino nos livros didáticos de Biologia: uma análise na EJA na Escola Nova Sociedade no município de Nova Santa Rita-RS na Educação do campo enraizada e contextualizada na ilha da pintada*. 2020. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Educação do Campo) - Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020.

BATISTA, I. de L.; TOREJANI, A. T. do C.; HEERDT, B.; LUCAS, L. B.; OHIRA, M. A.; CORRÊA, M. L.; BARBOSA, R. G.; BASTOS, V. C. Gênero feminino e formação de professores na pesquisa em educação científica e matemática no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., *Anais Eletrônicos [...]*. SP: ABRAPEC, 2011.

BATISTA, I. de L. HEERDT, B.; KIKUCHI, L. A.; CORRÊA, M. L.; BARBOSA, R. G.; BASTOS, V. C. Saberes docentes e invisibilidade feminina nas Ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., *Anais Eletrônicos [...]*. SP: ABRAPEC, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.

CARNEIRO, M. H. S.; GASTAL, M. L. História e filosofia das ciências no ensino de biologia. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 1, 2005.

CAVALLI, M. B.; MEGLHIORATTI, F. A. A participação da mulher na ciência: um estudo da visão de estudantes por meio do teste DAST. *Actio: Docência em Ciências*, v. 3, n. 3, 2018.

COSTA, A. F. da; FERNANDES L. H. Representação da Mulher Cientista nos Livros Didáticos de Ciências da década de 2010 a 2017. In: ENCONTRO NACIONAL DE

- PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 12., *Anais Eletrônicos [...]*. SP: ABRAPEC, 2019.
- CRICK, F. *What mad pursuit: A personal view of scientific discovery*. New York: Basic Books, 1988.
- DA SILVA, A. A.; VIANA, A.; JUSTINA, L. A. D.; Um estudo sobre o DNA no ensino médio: história da ciência e CTS. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 11, n. 2, p. 136-163, 2016.
- DA SILVA, M. R. As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice. *Scientia e Studia*, v. 8, p. 69-92, 2010a.
- DA SILVA, M. R. Maurice Wilkins e a polêmica acerca da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice do DNA. *Filosofia e História da Biologia*, v. 5, n. 2, p. 369-384, 2010b.
- DA SILVA, M. R. PASSOS, M. M.; BOAS, A. V.; A história da dupla hélice do DNA nos livros didáticos: suas potencialidades e uma proposta de diálogo. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 19, p. 599-616, 2013.
- DA SILVA, M. R. Rosalind Franklin e seu papel na construção do modelo da dupla-hélice do DNA. *Filosofia e História da Biologia*, v. 2, p. 297, 2007.
- DE LIMA ANTERO, N. K. “Mulheres na ciência, por que tão poucas?” Reflexões em torno da epistemologia feminista. *Revista Rascunhos Feministas*, v. 9, n. 17, p. 9-21, 2018.
- EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: SILVA, C. C. (Org.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, p. 3-21, 2006.
- ELKIN, L. O. Rosalind Franklin and the double helix. *Physics Today*, v. 56, n.3, p. 42-48, 2003.
- FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S.; A abordagem do DNA nos livros de biologia e química do ensino médio: uma análise crítica. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*. Belo Horizonte, v. 6, p. 38-50, 2004.
- FERREIRA, R. *A história da descoberta da estrutura do DNA*. São Paulo: Odysseus, 2003.
- FRANÇA, B. S.; AUGUSTO, T. G. da S. DNA, a molécula da hereditariedade: história da ciência na formação continuada de professores. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 14, n. 1, p. 117-138, 2021.
- FRANKLIN, R.; GOSLING, R. Molecular Configuration in Sodium Thymonucleate. *Nature*, 171, p. 740–741, 1953.
- GALIAZZI, M. C.; MORAES, R. Análise Textual Discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.
- GANN, A.; WITKOWSKI, J. The lost correspondence of Francis Crick. *Nature*, v. 467, n. 7315, p. 519-524, 2010.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GLYNN, J. Remembering my sister Rosalind Franklin. *The Lancet*, v. 379, n. 9821, p. 1094-1095, 2012.

GUARNIERI, P. V.; LEITE, M. R. V.; CORTELA, B. S. C.; GATTI, S. R. T. História e filosofia da ciência na educação básica: reflexões a partir da Base Nacional Comum Curricular. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, Florianópolis, v. 14, n. 2, 2021.

HEERDT, B.; BATISTA, I. L. Saberes docentes: mulheres na ciência. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., *Anais Eletrônicos [...]*. SP: ABRAPEC, 2017.

HEERDT, B.; BATISTA, I. L. Possíveis relações entre HFC, concepção da Natureza da Ciência e a questão do gênero feminino na formação docente. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8., *Anais Eletrônicos [...]*. SP: ABRAPEC 2011.

HEERDT, B.; BATISTA, I. L. Saberes docentes: Natureza da Ciência e as relações de gênero na Educação Científica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10. *Anais Eletrônicos [...]*. SP: ABRAPEC, 2015.

IGNOTOFSKY, R. *As cientistas: 50 mulheres que mudaram o mundo*. São Paulo: Editora Blucher, 2017.

KERLINGER, F. N. *Metodologia da Pesquisa em Ciências Sociais: Um tratamento conceitual*. 11. ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda. - E.P.U, 2009.

LETA, J. As mulheres na ciência brasileira: crescimento, contrastes e um perfil de sucesso. *Estudos avançados*, v. 17, p. 271-284, 2003.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. *Em Aberto*, v. 5, n. 31, 1986.

MADDOX, B. *Rosalind Franklin: The dark lady of DNA*. New York: Harper Collins, 2002.

MARTINS, L. A. P. A História da Ciência e o Ensino de Biologia. *Ciência e Ensino*, n. 7, 1998, p.18-21.

MATTHEWS, M. R. *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge, 1994.

OLIVEIRA, L.; SANTOS, M.; BICALHO, H.; JUSTI, R. Mulheres nas Ciências como temática para uma Feira de Ciência: investigando perspectivas de estudantes do Ensino Médio relacionadas a algumas pós-verdades. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 37, n. 3, p. 1404-1439, 2020.

OLIVEIRA, T. H. G. de; SANTOS, N. F. dos; BELTRAMINI, L. M. O DNA: uma sinopse histórica. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*, v. 1677, p. 2318.

ORTIZ, E., DA SILVA, M. R. O uso de pseudo-histórias no Ensino de Ciências: o caso da participação da Rosalind Franklin na construção do modelo helicoidal do DNA. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10., *Anais Eletrônicos [...]*. SP: ABRAPEC, 2015.

PAULING, L.; COREY, R. B. A Proposed Structure For The Nucleic Acids. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 39, n. 2, 1953.

PEREIRA, A. C. F.; FAVARO, N. História da mulher no ensino superior e suas condições atuais de acesso e permanência. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE REPRESENTAÇÕES SOCIAIS, SUBJETIVIDADE E EDUCAÇÃO, 4., *Anais Eletrônicos [...]*. Paranavaí, 2017.

- PINHO, M. J. S.; SOUZA, A. M. F. L. Gênero em Coleções de Livros Didáticos de Biologia. *Revista Feminismos*, Salvador, v. 2, n. 3, 2014.
- SCHEID, N. M. J.; DELIZOICOV, D.; FERRARI, N. A proposição do modelo de DNA: um exemplo de como a história da ciência pode contribuir para o ensino de genética. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., *Anais Eletrônicos [...]*. SP: ABRAPEC, 2003.
- SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. *Ciência & Educação*, v. 11, p. 223-233, 2005.
- SILVA LAVARDA, T. C. F. da; PEREIRA, P. B. Mulheres na ciência: construção de sentidos sobre a igualdade de gênero no Ensino Médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 12., *Anais Eletrônicos [...]*. SP: ABRAPEC, 2019.
- SILVA, J. D. C.; KANOUTÉ, T. B. O caso de Rosalind Franklin e a fotografia 51: como as relações de gênero permeiam o empreendimento científico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE BIOLOGIA, 8., Belém. *Anais Eletrônicos [...]*. GO: SBENBIO, 2018.
- SLONGO, I. I. P. *História da ciência e ensino: contribuições para a formação do professor de biologia*. 1996. 148 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.
- SOARES, T. A. Mulheres em ciência e tecnologia: ascensão limitada. *Química Nova*, v. 24, p. 281-285, 2001.
- SOARES, Z.; MENDES, M.; FREITAS, A. Percepções de estudantes do Ensino Médio sobre a presença das mulheres na Ciência. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 12, n. 1, p. 1-19, 2021.
- SOUTO, U. R.; SANTOS, J. R. dos; BORGES, A. A. Proposta de modelo da dupla hélice do DNA em um contexto histórico. *Revista da Sbenbio*, v. 9, p. 1482-1491, 2016.
- SOUTO, Ú. R.; DOS SANTOS, J. R.; BORGES, A. A. Contribuições da história da ciência para a compreensão do conhecimento científico acerca da molécula de DNA. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 12, n. 6, 2017.
- TOLENTINO, P. C.; ARTONI, R. F.; PILEGGI, S. A. V. Concepções de Ciências de Licenciandos em Biologia a partir da abordagem histórica do descobrimento do DNA, In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE BIOLOGIA, 4., *Anais Eletrônicos [...]*. GO: SBENBIO, 2012.
- WATSON, J. D. *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*, Editora: Signet Book, 1968.
- WATSON, J. D.; CRICK, F. H. Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*, v. 171, p. 737-738, 1953.
- WILKINS, M. H. F.; STOKES, A. R.; WILSON, H. R. Molecular Structure of Nucleic Acids: Molecular Structure of Deoxypentose Nucleic Acids. *Nature*, v. 171, p. 738-740, 1953.

SOBRE OS AUTORES

AMARILIS ABREU SOUZA. Licenciada em Ciências Biológicas e Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia (PPGECMaT) da

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7084-3917>.

GERALDO WELLINGTON ROCHA FERNANDES. Professor Adjunto da área de Ensino de Ciências do Departamento de Ciências Biológicas (DCBio), Docente Permanente do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia (PPGECMaT) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). Coordenador do Grupo de Estudos e Pesquisas em Abordagens e Metodologias de Ensino de Ciências (GEPAMEC). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1337-1236>.

Recebido: 24 de outubro de 2022.

Revisado: 19 de abril de 2023.

Aceito: 01 de junho de 2023.