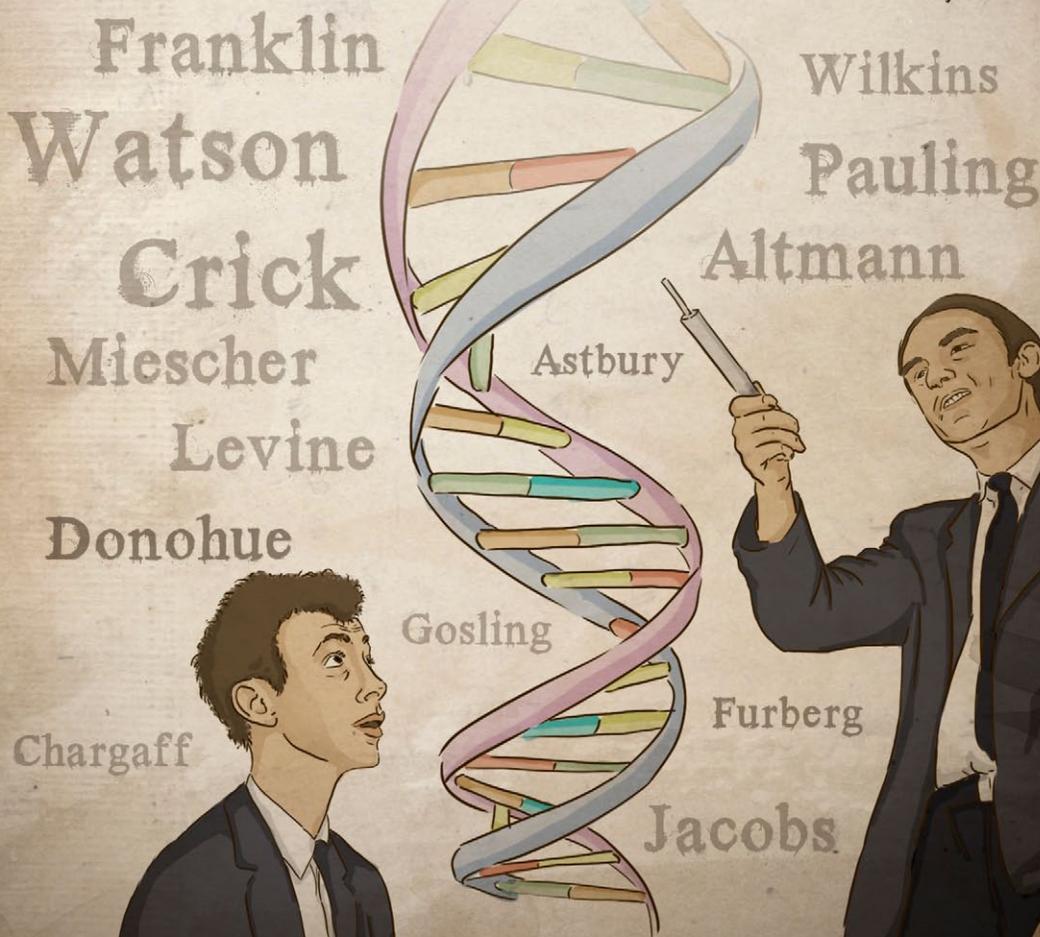


Marilane De Jesus Ferreira  
Mariana A. Bologna Soares de Andrade

# DUPLA HÉLICE

A construção de um conhecimento

1º edição



Arapongas  
Edição do Autor  
2015

Marilane De Jesus Ferreira  
Mariana A. Bologna Soares deAndrade

DUPLA-HÉLICE: A CONSTRUÇÃO DE UM CONHECIMENTO

Londrina  
2015

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

Reitor

Carlos Eduardo Cantarelli

Vice-Reitor

Luiz Alberto Pilatti

Diretor do Campus Londrina

Marcos Massaki Imamura

Diretor de Pesquisa e Pós-Graduação do Campus Londrina

Sidney Alves Lourenço

Coordenadora do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Humanas, Sociais e da Natureza do Campus Londrina

Alessandra Dutra

Projeto Gráfico: Marilane de Jesus Ferreira

Capa: Bruna F. Scalco

Revisão: Mariana Ap. Bologna Soares de Andrade

#### TERMO DE LICENCIAMENTO

Este Produto Educacional está licenciado sob uma Licença Creative Commons atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

F383dFerreira, Marilane de Jesus,

Dupla-Hélice: A construção de um conhecimento [livro eletrônico]. Marilane de Jesus Ferreira, Mariana A. Bologna Soares de Andrade. - 1. ed. Londrina, 2015.

24p. : il..

ISBN 978-85-7014-145-3

1. DNA. 2. Material Genético. 3. Contexto Histórico. I. Ferreira, Marilane de Jesus. III. Andrade, Mariana A. Bologna Soares de. IV. Título.



## APRESENTAÇÃO

O modelo da estrutura da molécula de DNA, proposto por Watson e Crick, é um dos mais importantes feitos da ciência do século XX. Nesse trabalho está a explicação da estrutura do material genético de todos os organismos vivos. Os conhecimentos sobre material genético possibilitaram novos entendimentos sobre hereditariedade e o desenvolvimento de uma nova área de pesquisa, a biologia molecular.

Mesmo com toda a notoriedade e importância que o artigo de Watson e Crick possui até hoje, consideramos importante que se conheça o contexto histórico dessa produção. As pesquisas e os conhecimentos que já existiam naquela época e que possibilitaram as conclusões de Watson e Crick bem como o trabalho de outros pesquisadores que foram decisivos para que a estrutura da molécula do DNA fosse descrita.



O conhecimento científico se constrói muitas vezes por trabalhos coletivos de pesquisadores. A estrutura da dupla hélice do DNA elucidado por Watson (imagem 02) e Crick (imagem 04) demonstra que, sem a contribuição de diversos cientistas e suas descobertas e o envolvimento de diferentes laboratórios de pesquisa, talvez não tivéssemos hoje o modelo da molécula DNA e a sua contribuição para a biologia molecular.

Para que possamos compreender a estrutura da molécula do Ácido Desoxirribonucléico (DNA sigla em inglês Desoxyribonucleic Acid) como se apresenta hoje, precisamos entender os modelos que antecedem o proposto por James Dewey Watson e Francis Harry Compton Crick publicado em 1953 na revista Nature. A compreensão de sua estrutura possibilitou o entendimento dos mecanismos da hereditariedade. Por isto, convidamos vocês a fazerem uma viagem histórica voltando o olhar a luz da ciência, na construção do conhecimento científico.

A reconstrução da história da estrutura do DNA que apresentamos foi baseada nas convicções e estudos de diferentes autores, entre eles Olby (1994), Watson e Crick (1953), Watson (2005), Andrade e Caldeira (2009) e Silva (2007), (2010a), (2010b).

Em 1869 o bioquímico Johann Friedrich Miescher (imagem 01) ao analisar uma amostra de pus, identificou uma nova substância que possuía um teor ácido em sua composição química e denominou-a nucleína, pois era proveniente dos núcleos das células dos glóbulos brancos presentes no material analisado por Miescher. Seu trabalho foi publicado em 1871, mas Miescher não concebia a nucleína como portadora de informação genética, pois na época, a comunidade científica acreditava que as proteínas eram as moléculas com complexidade estrutural para apresentar as informações genéticas. Sendo assim, seu trabalho foi pouco relevante no momento, pois, a nucleína extraída do núcleo das células era vista como uma substância muito simples, acreditando que a arquitetura do material genético seria muito complexa.

Em meados de 1880 os pesquisadores tinham a ideia de que o núcleo da célula



Imagem 01:  
Johann Friedrich Miescher  
(1844-1895)

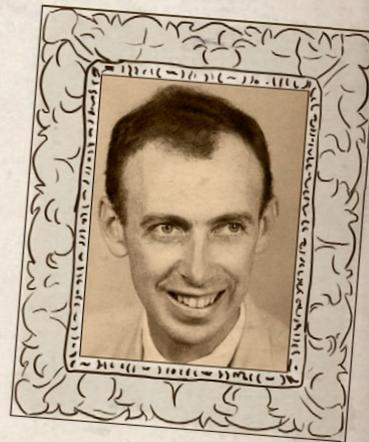


Imagem 02:  
James Dewey Watson  
(1928- )

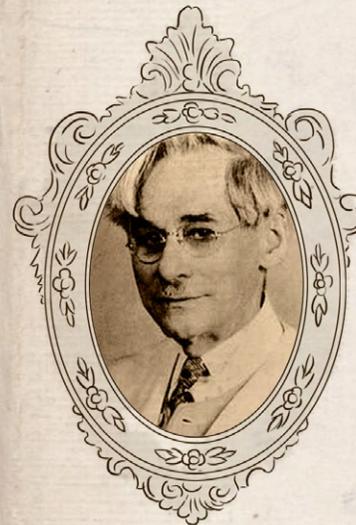


Imagem 03:  
Phoebis Levine  
(1869-1940)



Imagem 04:  
Francis Harry Compton Crick  
(1916-2004)

poderia conter as informações sobre a hereditariedade, e que os cromossomos constituíam o material genético, entretanto não havia consenso entre a comunidade científica.

Em 1889 a confirmação da natureza ácida foi verificada por Richard Altmann (1852-1900), em 1909 os trabalhos de Phoebis Levine (imagem 03) e Walter Jacobs (1883-1967) permitiram determinar a organização das moléculas de fosfato, do açúcar e das bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina e timina) como sendo a unidade fundamental do ácido, o nucleotídeo.

No cenário das pesquisas referentes à elucidação do modelo de DNA, vários grupos estavam envolvidos: o Laboratório de Cavendish, da Universidade de Cambridge, em Cambridge, na Inglaterra, onde trabalhavam Watson e Crick; o grupo do King's College, onde trabalhavam Maurice Wilkins (1916-2004) e Rosalind E. Franklin (imagem 05); e, nos Estados Unidos, havia o grupo do Instituto de Tecnologia da Califórnia, conhecido como Caltech, onde trabalhava Linnus Pauling (1901-1994).

Na compreensão do modelo proposto por Watson e Crick é necessário entender o contexto em que ocorreram as pesquisas sobre a estrutura do DNA. É importante salientar que o interesse pelo ácido nucléico sobreveio em um Simpósio realizado pela Universidade de Cambridge, na Inglaterra, organizada pela Sociedade Experimental de Biologia, em julho de 1946 após a segunda guerra mundial. O interesse pelo assunto foi desencadeado por diversos grupos de pesquisa na busca da compreensão do material genético.

Era de conhecimento da comunidade científica, por meio das pesquisas realizadas por William T. Astbury (imagem 06) que as seqüências das bases do DNA eram determinadas por arranjos químicos, ou geométricos ou, ainda, a combinação de ambos. Utilizando a difração de Raio X, Astbury obteve imagens de moléculas de DNA e propôs como seria a estrutura dos nucleotídeos com suas distâncias e ângulos. A pesquisa de Astbury não foi suficiente para a elaboração do modelo, entretanto, no modelo apresentado

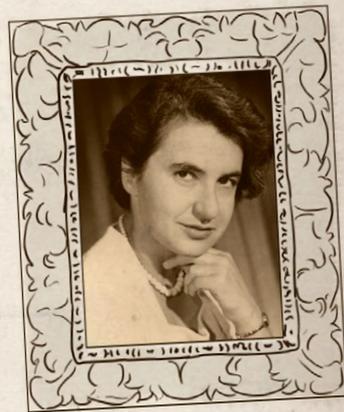


Imagem 05:  
Rosalind Franklin  
(1920-1958)



Imagem 06:  
William T. Astbury  
(1898-1961)

verificava-se um empilhamento de nucleotídeos, isto veio a contribuir para que outros cientistas construíssem seus modelos tridimensionais do DNA.

A busca dos pesquisadores por um modelo adequado se baseava na composição química da molécula do DNA. O problema era explicar como ocorriam as ligações químicas entre os nucleotídeos, de que forma se uniam uma base nitrogenada, uma molécula de açúcar e um grupo de fosfato, facilitando assim a compreensão da estrutura geral da molécula.

Em 1951, em um Congresso em Nápoles, Watson e Crick tiveram contato com vários pesquisadores e puderam conhecer os modelos propostos, entre eles o modelo de Sven Furberg (1920-1983) que baseou-se no trabalho de Astbury. O modelo proposto era formado de uma única hélice de nucleotídeos empilhados e com anéis de açúcar, elaborado por método de análise cristalográfica. O que chamou a atenção no trabalho apresentado pelo cristalógrafo foi a disposição dos ângulos nos quais os nucleotídeos se apresentavam e a estrutura helicoidal da molécula.

No Congresso também estava presente Wilkins, ele estava apresentando pesquisas sobre a estrutura e orientação dos ácidos nucléicos resultados obtidos a partir de espermatozóides do gênero *Sepia*. A palestra de Wilkins foi decisiva para que Watson se transferisse da Universidade de Copenhague e fosse para a Universidade de Cambridge, dando início às pesquisas sobre a estrutura do DNA.

Outras contribuições foram relevantes no processo. Após assistir a uma palestra de Rosalind, tendo acesso a imagem da fotografia 51 (figura 02) que a pesquisadora obteve em laboratório, Watson fez anotações superficiais dos cálculos realizados por ela. Watson passou o conjunto de dados para Crick. Eles perceberam que possuíam informações relevantes para apresentar um modelo do DNA, mas possuíam perguntas a serem respondidas: qual seria o número de cadeias de polinucleotídeos que formariam a molécula de DNA? E qual o ângulo? E como os filamentos de DNA se torciam em volta do eixo central? Pois os dados obtidos por Rosalind poderiam ser compatíveis com uma ou mais cadeias

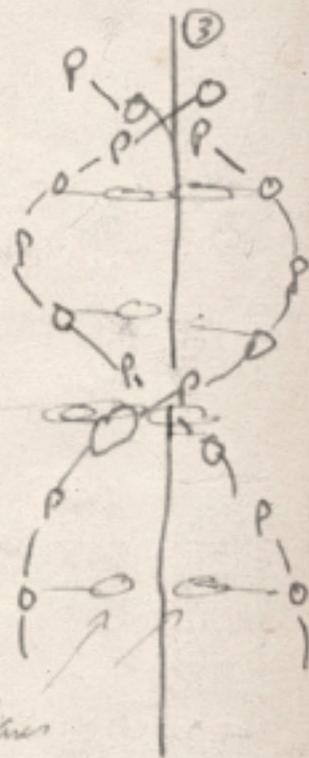


Figura 01:  
Duplas Hélice com pares de base no interior  
Fonte: [blog.wellcomelibrary.org](http://blog.wellcomelibrary.org)

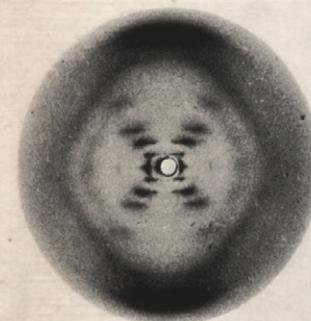


Figura 02: Fotografia 51  
Fonte: [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

de polinucleotídeos. As imagens obtidas pela cristalografia de Rosalind e os cálculos realizados por Wilkins foram fundamentais para outros pesquisadores.

Em meados de 1951 Watson e Crick apresentaram o primeiro modelo da estrutura da molécula de DNA, era constituído de três cadeias. Convidaram para avaliar o modelo Rosalind e Wilkins. Os pesquisadores descartaram a possibilidade da molécula ser helicoidal, e a composição química era inadequada, o que invalidou o modelo.

As pesquisas de Watson foram concentradas sobre o vírus do mosaico do tabaco (VMT) que possuía em sua estrutura molecular o RNA. Watson verificou que o VMT possuía uma estrutura helicoidal. Watson e Crick analisaram os dados obtidos e relacionaram as regras de Chargaff. Mas ainda precisavam solucionar um problema: Como as bases púricas e pirimídicas se ligavam entre si e como essa ligação poderia dar sustentação ao modelo helicoidal? Apresentava-se aqui a importância das ligações químicas para a elucidação do modelo da estrutura do DNA.

Pauling propôs um modelo de tripla hélice baseado nos dados de Astbury. Watson tomou conhecimento do modelo (figura 03) proposto no final de 1952 pelo filho de Linus Pauling, que enviou uma correspondência com os dados do modelo a ser publicado. Watson, mesmo achando que a estrutura do DNA já estava elucidada, resolveu analisar a proposta e encontrou uma série de incoerências, o que o fez retornar as pesquisas e iniciar a corrida pela publicação da estrutura do DNA.

Watson e Crick puderam perceber que o modelo da dupla-hélice seria mais consistente (figura 01), Watson organizou o modelo das bases em papel. Com as configurações de bases desconhecidas por Watson fornecidas por Jerry Donohue (1920-1985), que identificou quais eram as bases mais apropriadas para a estrutura do DNA, perceberam que poderiam unir adenina com timina e citosina com guanina proporcões das regras de Chargaff, pois correspondiam ao emparelhamento, o que proporcionou que o novo modelo fosse mais consistente.

Com o novo modelo pronto, Watson e Crick confeccionaram o modelo em metal (imagem 07) e convidaram Wilkins e Rosalind para avaliá-lo. Desta vez, houve concordância com o modelo de estrutura proposto. Acordaram que enviariam para a publicação na revista Nature, citando os principais dados e autores que ajudaram nessa construção, e que seriam enviados artigos independentes de Wilkins

Nucleic Acid  (1)

26 November 1952.

Arthur says eq. spacing 16.2 Å.  
 $16.2^2 \cdot 2/3 = 303 \text{ Å}^2$

$a_0 = 18.7 \text{ Å}$   
 average diam. 19.6 Å  
 (width of structure)

P.W. = 330. Density 1.62  $\therefore$  M.V. =  $338 \text{ Å}^3$   
 $\therefore$  1.12 Å per residue.

Observed 3.34 Å.

Perhaps we have a triple-chain structure!

Size of molecule. Yesterday (25 Nov. 1952) in a biology seminar Robly Williams showed a slide of sodium ribonucleate and said that the small fibrils have diameter  $\sim$  15 Å.

I asked ~~of~~ the size, and he repeated 15 Å, and discussed the difficulty of measuring such small objects. Polystyrene spheres with diameter  $\sim$  250 Å were  $\sim$  20 times larger.

Only one diameter;  $\therefore$  cylindrical.  
 $\therefore$  1.1 Å per residue.

See also Lawrence book: gives references for 15 Å to 20 Å diameter.

Figura 03: Manuscrito de Linus Pauling  
 Fonte: [scarc.library.oregonstate.edu](http://scarc.library.oregonstate.edu)

e auxiliares, Rosalind Franklin e Raymond G. Gosling (1926-), contendo dados experimentais sobre a difração de raio X que sustentavam o modelo proposto.

A publicação dos artigos na revista Nature se deu no volume 171 na edição de abril de 1953. Nessa edição foram publicados três artigos, o artigo do Watson e Crick, o artigo de Wilkins e o artigo de Rosalind Franklin. Watson, Crick e Wilkins receberam o prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina em 1962.

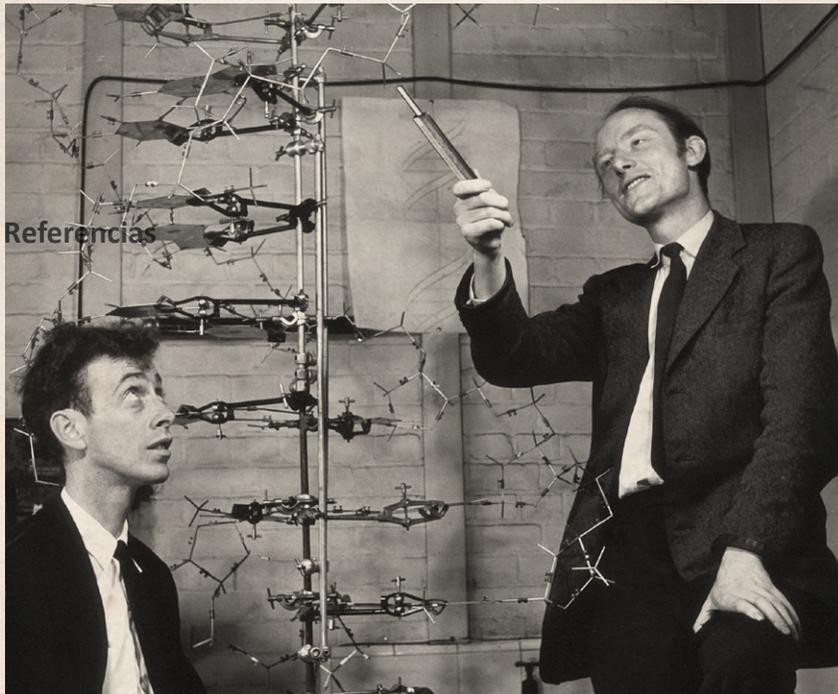


Imagem 07: Watson e Crick  
Fonte: felixonline.co.uk

ANDRADE, M. A. S. A. CALDEIRA, A. M. A. O modelo de DNA e a biologia molecular: inserção histórica para o Ensino de Biologia. *Filosofia e História da Biologia*, v.4, pp. 139-165, 2009.

OLBY, Robert. *The path to the double helix*. London: MacMillan, 1944.

SILVA, M. As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice. *Scientiae Studia*, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 69-92, 2010.

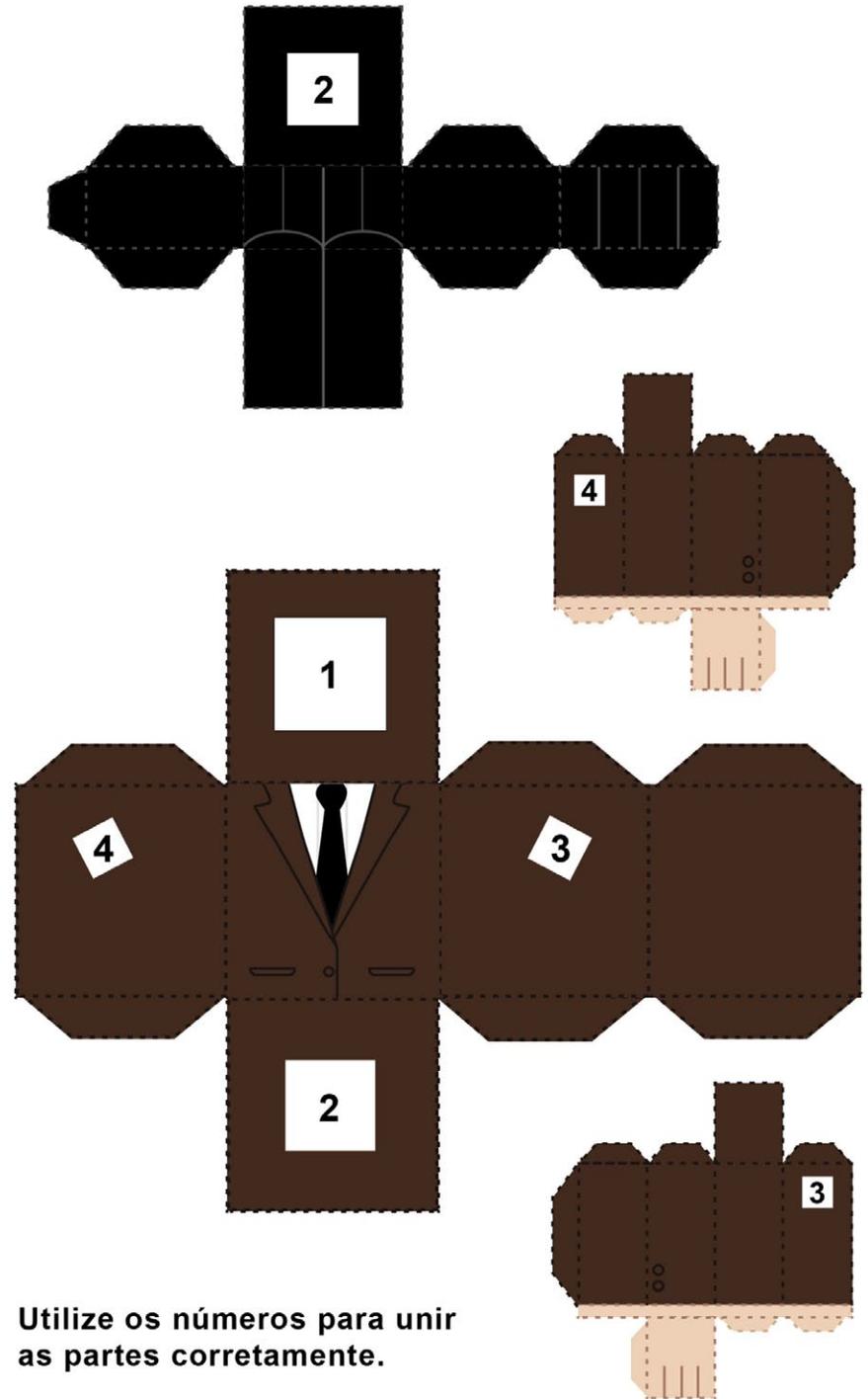
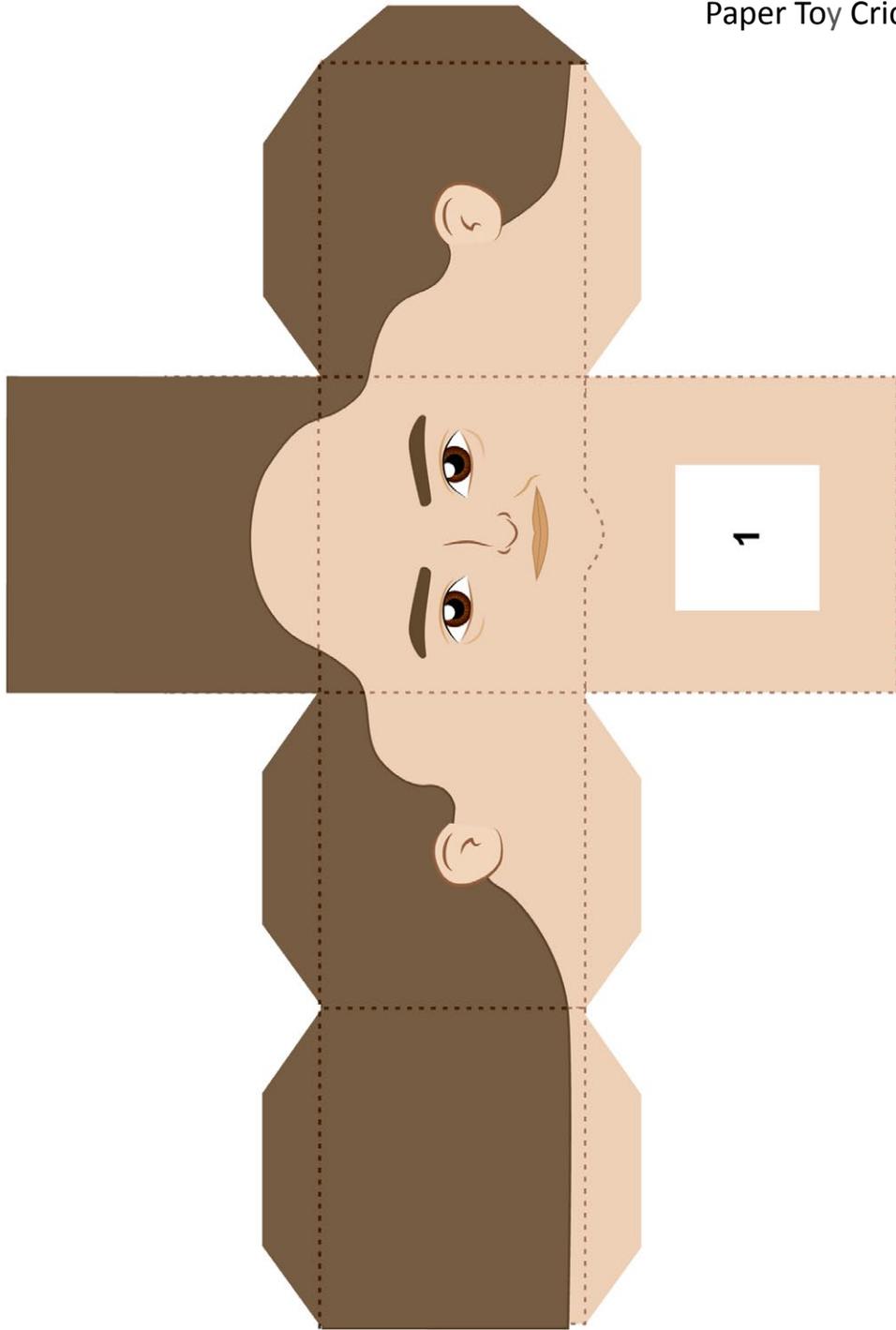
SILVA, M R.. Maurice Wilkins e a polêmica acerca da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice do DNA. *Filosofia e História da Biologia*, São Paulo: ABFHIB, v. 5, n. 2, p. 369-384, 2010b.

WATSON, J. D.; CRICK, F. H. C. Molecular structure of nucleic acids: a structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature*, vol 171, pp 737 - 738, 1953.

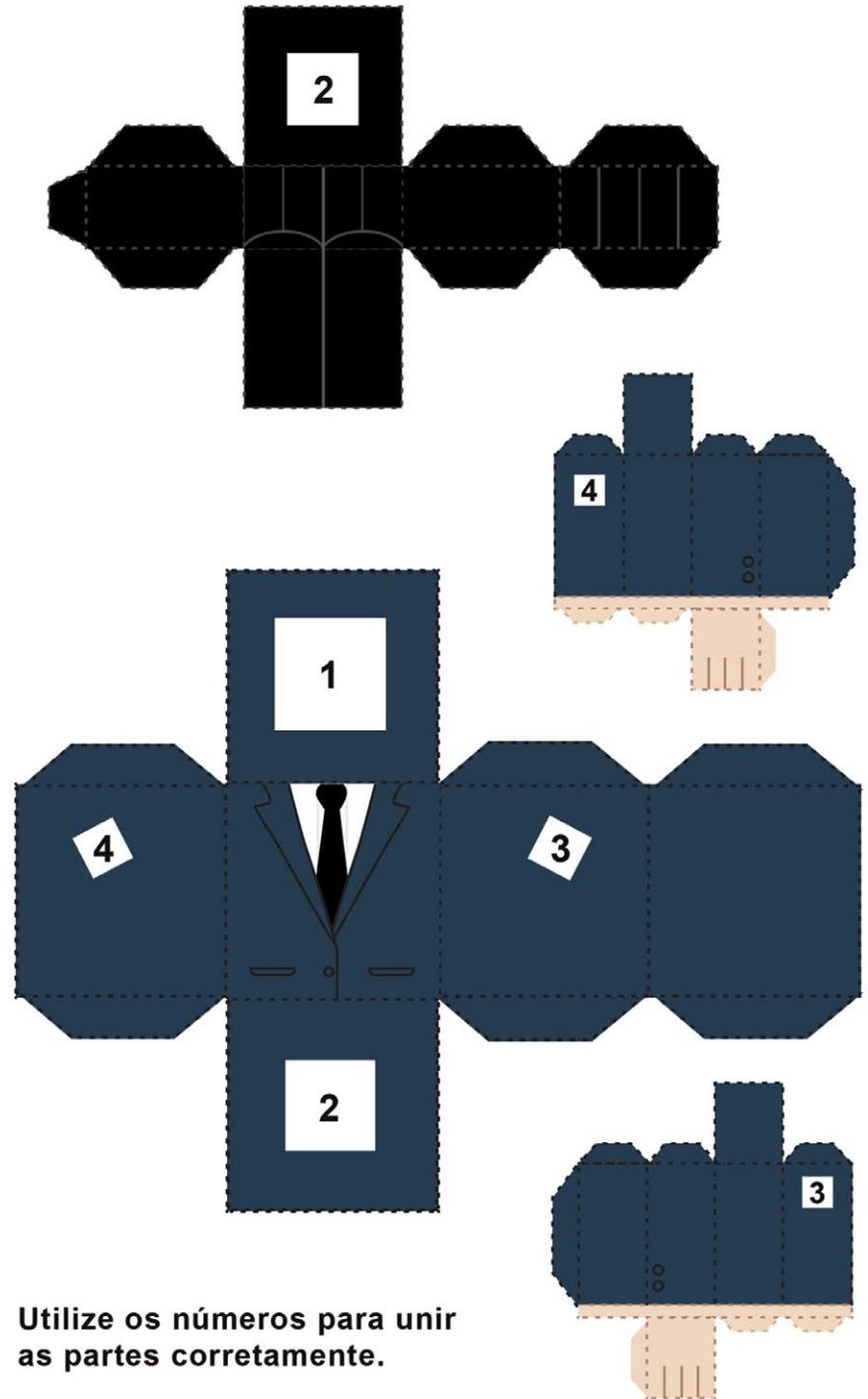
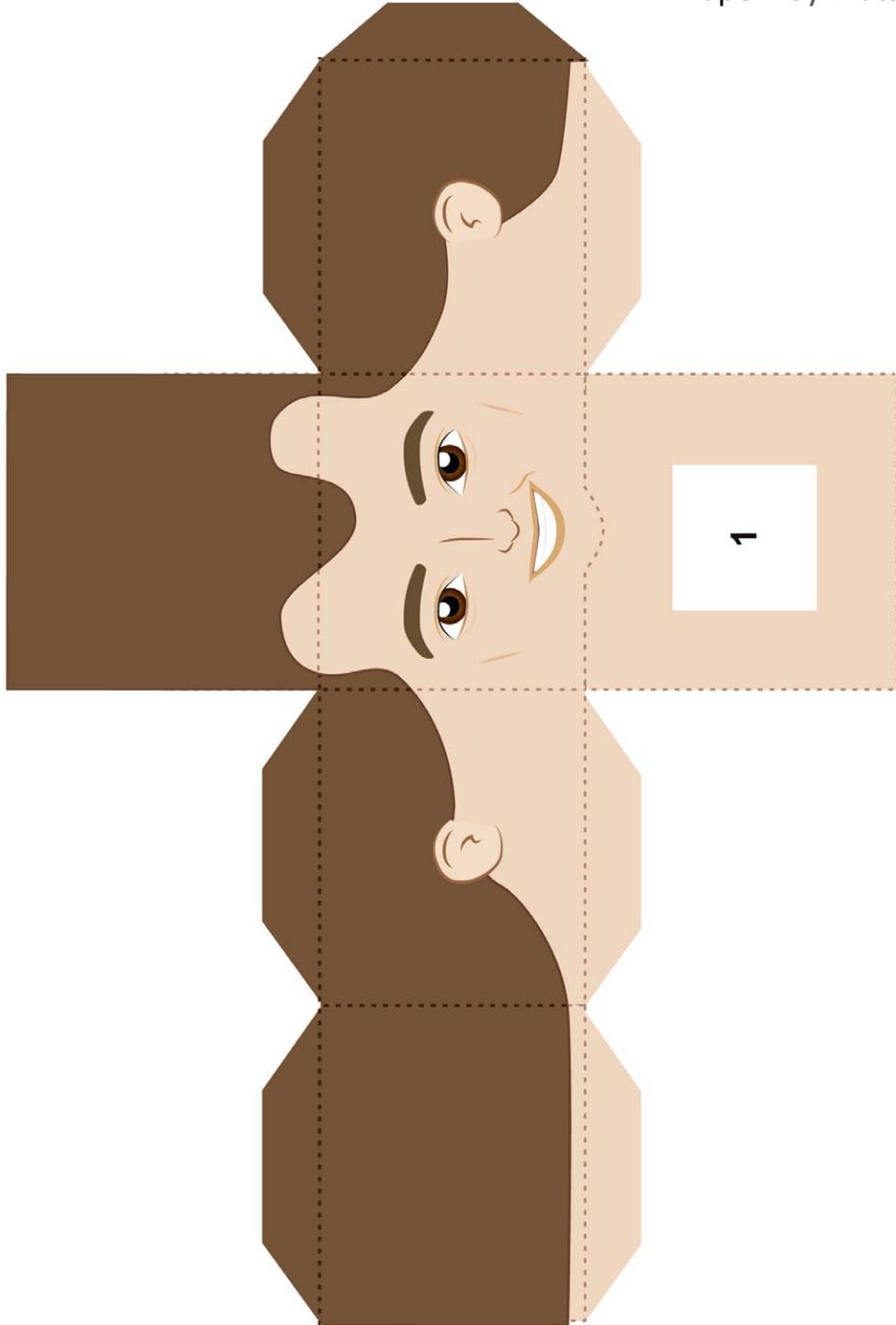
WATSON, J. D.; BERRY, A. *DNA, O segredo da vida*, São Paulo, Companhia das Letras, 2005.

## Anexos

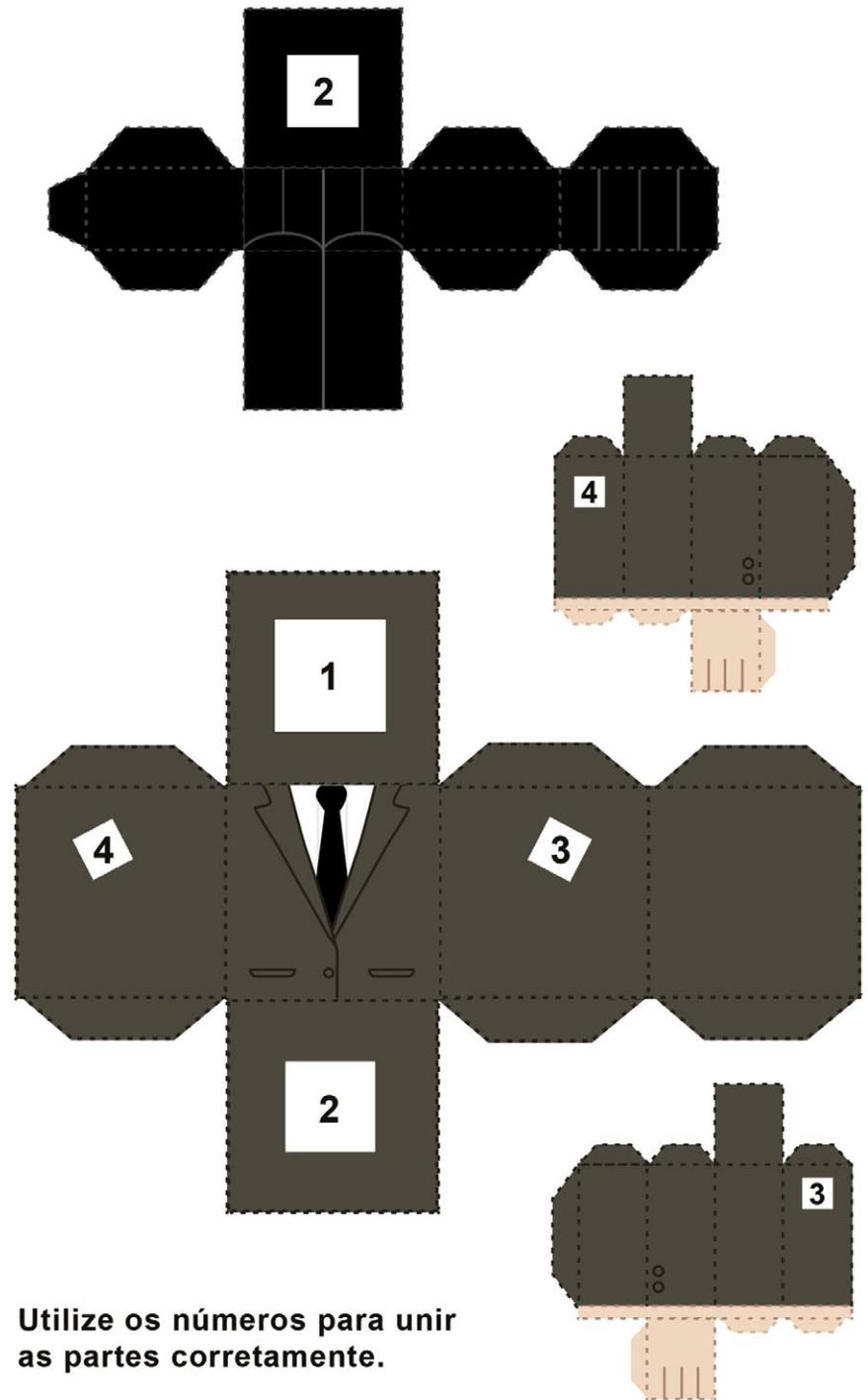
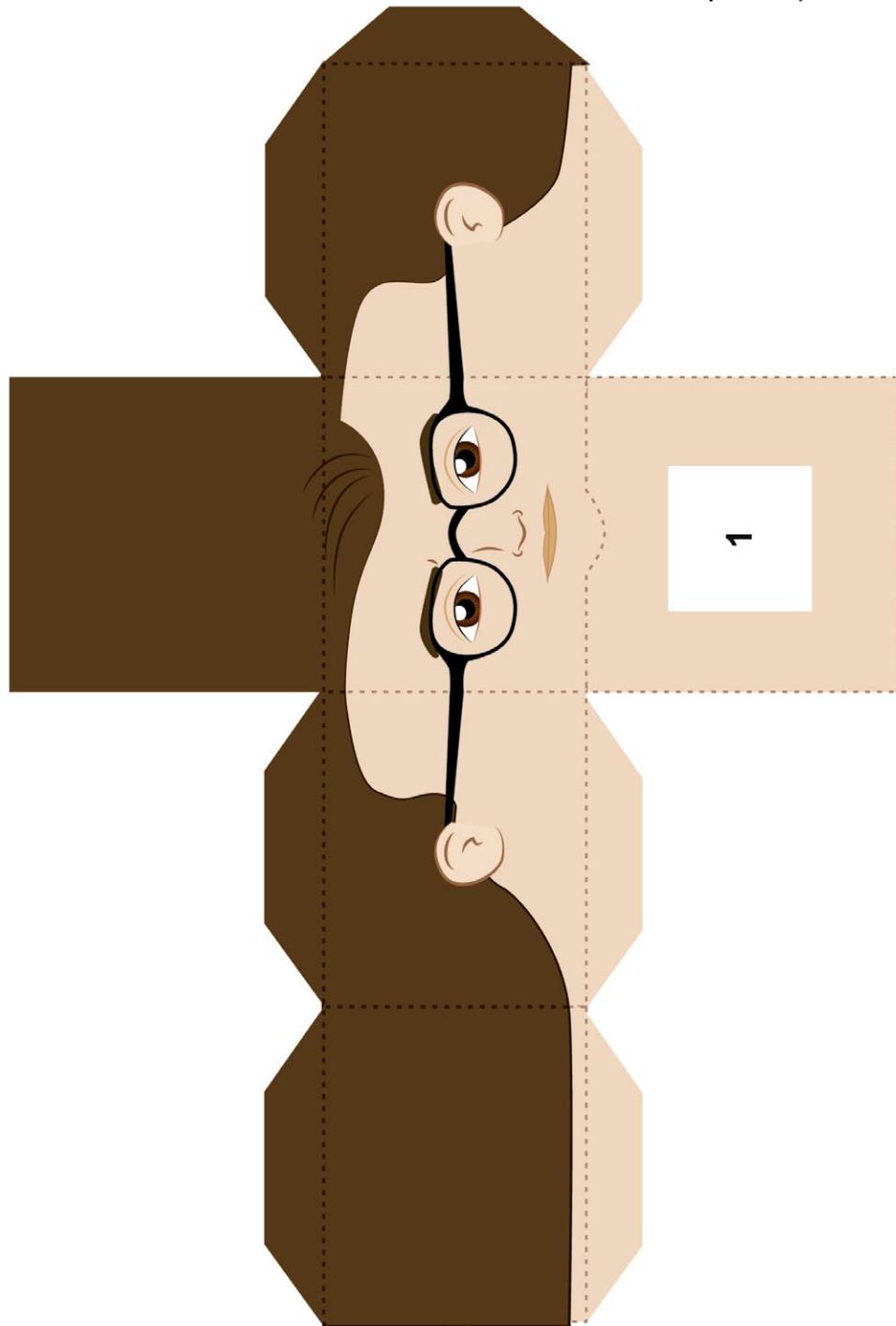
- Paper Toy Crick
- Paper Toy Watson
- Paper toy Franklin
- Paper Toy Wilkins



Utilize os números para unir as partes corretamente.

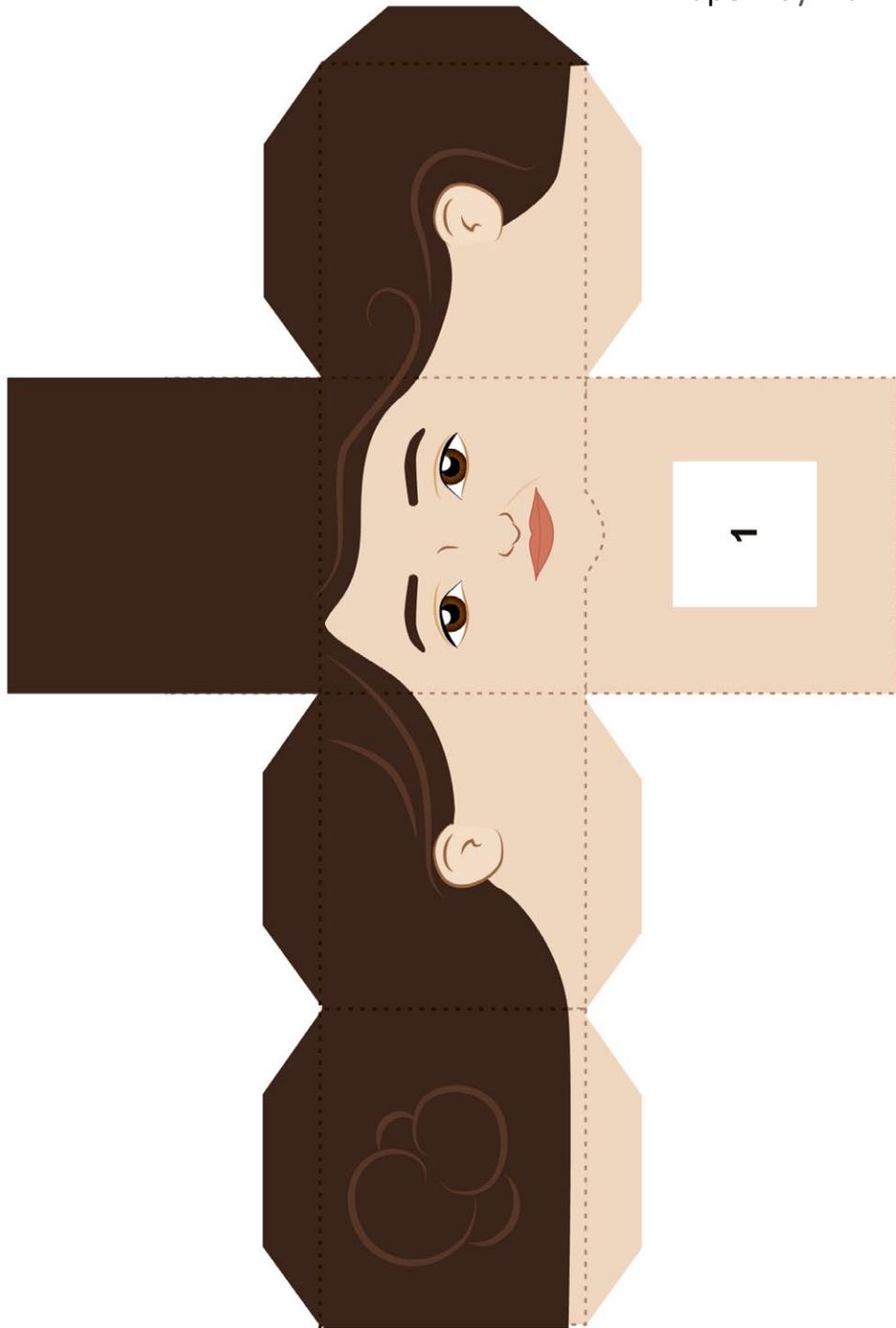


Utilize os números para unir as partes corretamente.

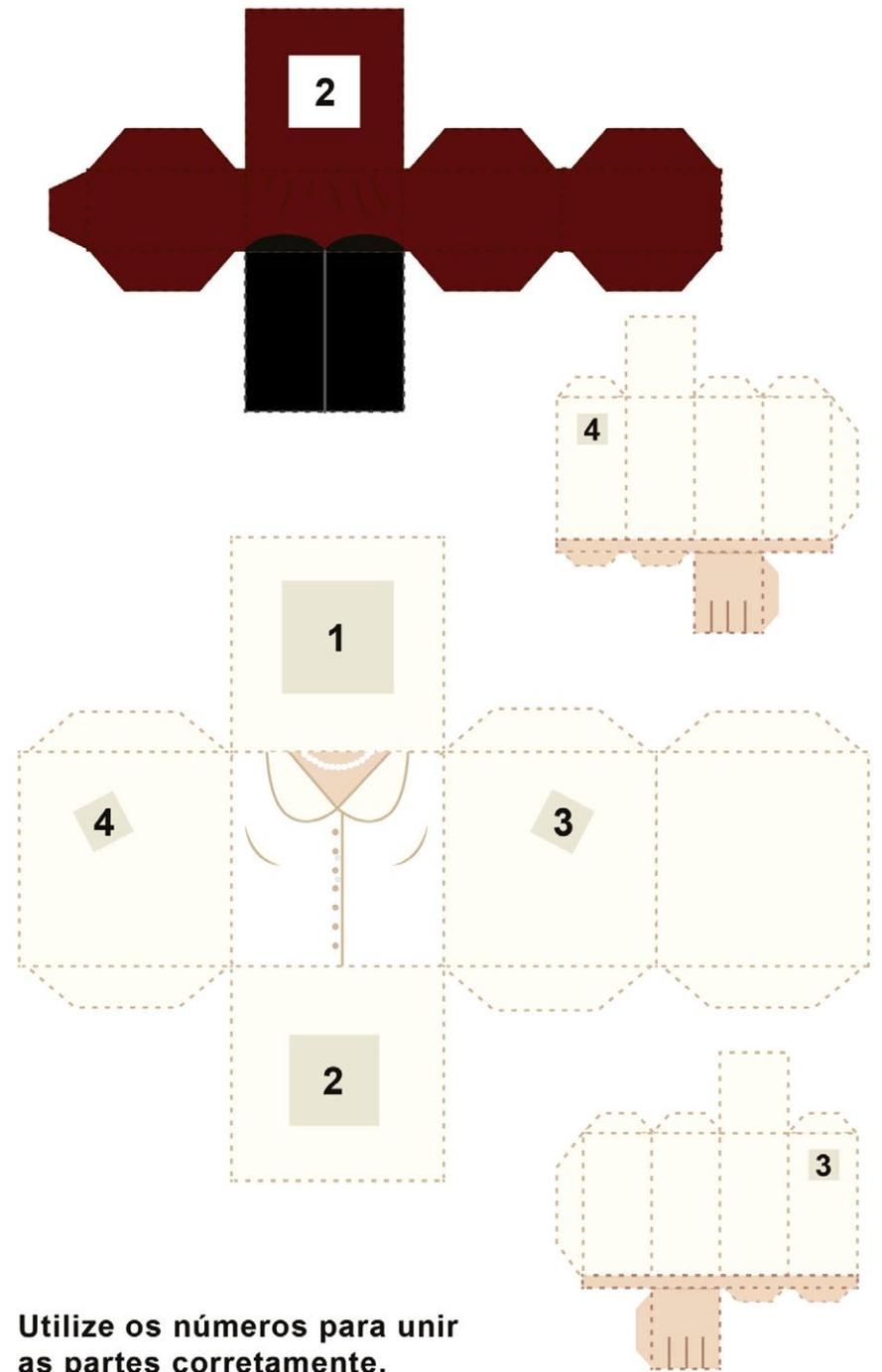


Utilize os números para unir as partes corretamente.

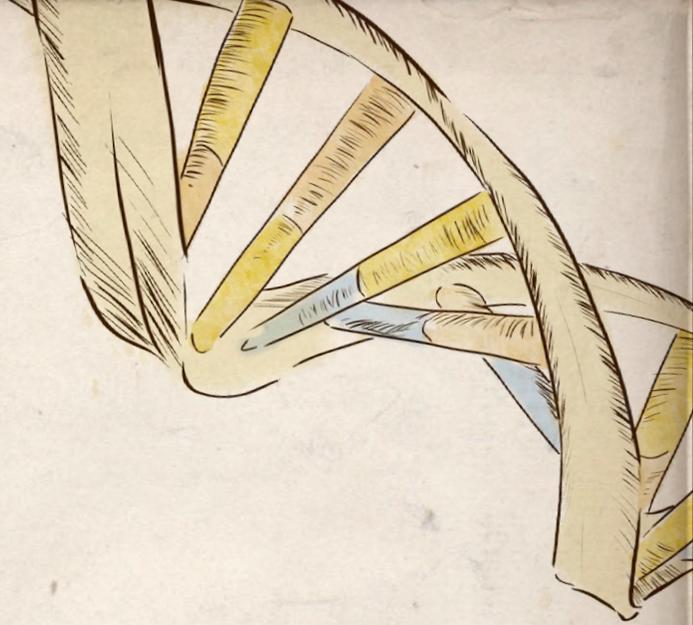
Paper Toy Franklin



Paper Toy Franklin



Utilize os números para unir as partes corretamente.



**DUPLA-HÉLICE:**  
**A construção de um conhecimento**

Marilane De Jesus Ferreira  
Mariana A. Bologna Soares de Andrade