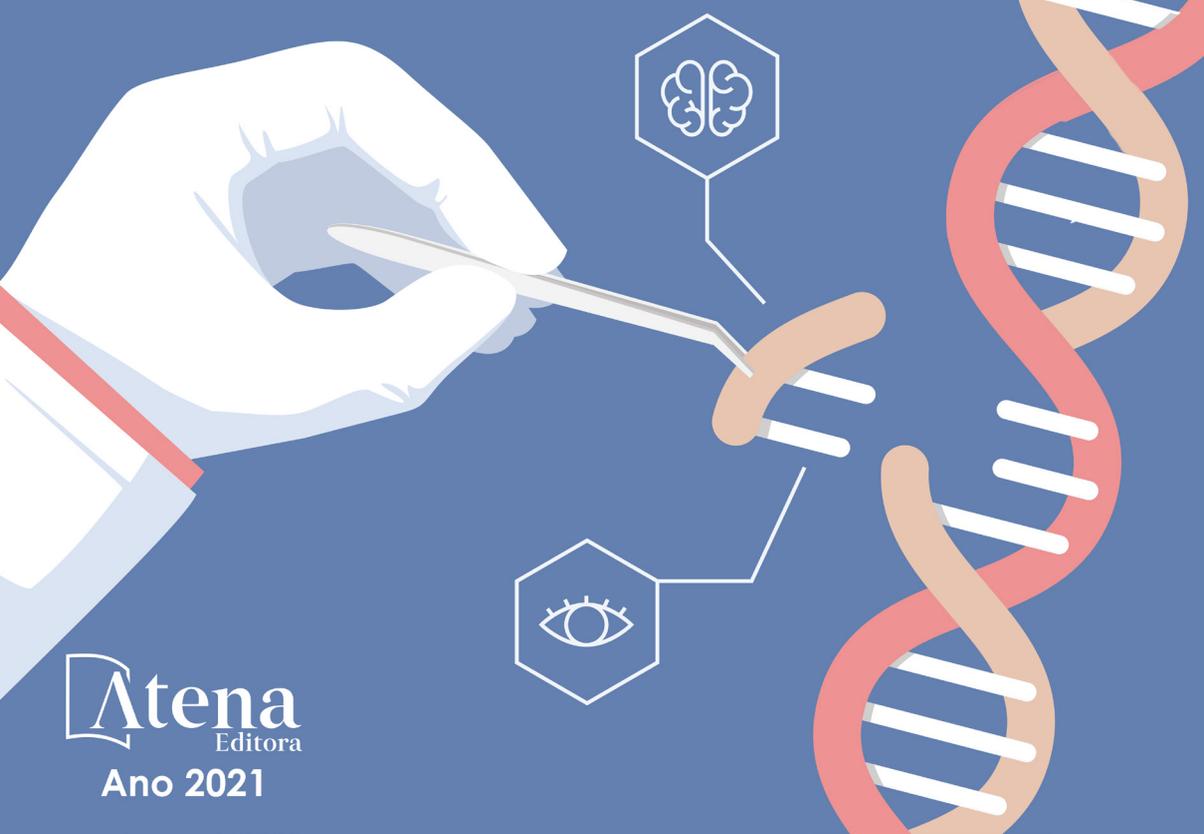


# A GENÉTICA E A CONSTRUÇÃO DE NOVOS PARADIGMAS NAS CIÊNCIAS DA VIDA

Benedito Rodrigues da Silva Neto  
(Organizador)

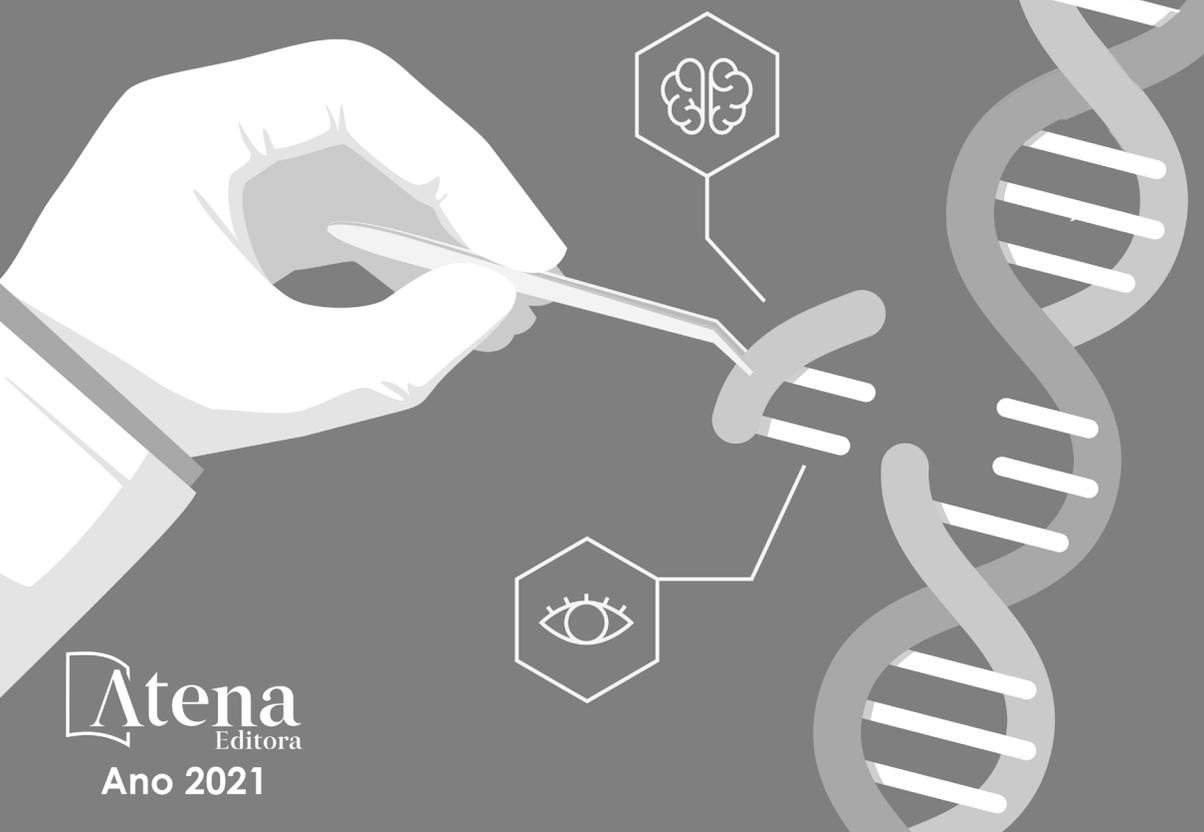


**Atena**  
Editora

Ano 2021

# A GENÉTICA E A CONSTRUÇÃO DE NOVOS PARADIGMAS NAS CIÊNCIAS DA VIDA

Benedito Rodrigues da Silva Neto  
(Organizador)



**Atena**  
Editora

Ano 2021

### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

### **Bibliotecária**

Janaina Ramos

### **Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremonesi

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

### **Imagens da Capa**

Shutterstock

### **Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

### **Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

## A genética e a construção de novos paradigmas nas ciências da vida

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Benedito Rodrigues da Silva Neto

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G328 A genética e a construção de novos paradigmas nas ciências da vida / Organizador Benedito Rodrigues da Silva Neto. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-916-5

DOI 10.22533/at.ed.165211903

1. Genética. I. Silva Neto, Benedito Rodrigues da (Organizador). II. Título.

CDD 576.5

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

Apresentamos o livro “A Genética e a construção de novos paradigmas nas Ciências da Vida”, um material rico e direcionado à todos acadêmicos e docentes com interesse pela genética.

A genética e suas aplicações tem influenciado diversas pesquisas promissoras em todo o mundo, contribuindo de forma significativa na saúde, agricultura, economia e biotecnologia. Aliada à revolução tecnológica essa subárea tem contribuído muito nos últimos anos com o avanço no campo da pesquisa. Como sabemos a genética possui um campo vasto de aplicabilidades que podem colaborar e cooperar grandemente com os avanços científicos e entender um pouco mais da pesquisa e recursos genéticos é o enfoque desta obra.

Deste modo, abordamos nesta obra assuntos relativos aos avanços e dados científicos aplicados aos recursos genéticos, o leitor poderá se aprofundar em temas direcionados à mitose, saúde e ambiente, célula e saúde, Cromossomo Philadelphia, biometria, DRESS, reações a drogas, exantema, ensino, laboratórios, extração DNA, tecidos vegetais, pureza e integridade, *Stylosanthes* sp., *Hylocereus*, conservação, variabilidade, RNA, método de extração, *Stylosanthes*, telômeros, telomerase, micropropagação, TCL, *Crambe abyssinica* Hochst, germinação, produção, herdabilidade, divergência genética, câncer, *Danio Rerio*, *Eye Disorders*, *Kidney Disease*, *Neurological Disorders*, *In Vivo Animal model*, dentre outros.

Esperamos que mais uma vez o conteúdo deste material possa somar de maneira significativa aos novos conceitos aplicados à genética, influenciando e estimulando cada vez mais a pesquisa nesta área em nosso país. Parabenizamos cada autor pela teoria bem fundamentada aliada à resultados promissores, e principalmente à Atena Editora por permitir que o conhecimento seja difundido e disponibilizado para que as novas gerações se interessem cada vez mais pelo ensino e pesquisa em genética.

Desejo a todos uma excelente leitura!

Benedito Rodrigues da Silva Neto

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ALTERAÇÕES GENOTÓXICAS, CITOTÓXICAS E MUTAGÊNICAS: UM CONTEÚDO A SER ILUSTRADO E TRABALHADO NO ENSINO MÉDIO**

Rosanne Lopes de Brito  
Cristiano Aparecido Chagas  
Júlio Brando Messias  
Erika Maria Silva Freitas  
Luiz Augustinho Menezes da Silva  
Gerusa Tomaz de Aquino Beltrão  
Mônica Simões Florêncio  
Igor Cassimiro dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.1652119031**

### **CAPÍTULO 2..... 14**

#### **CARACTERIZAÇÃO DO CROMOSSOMO PHILADEPHIA EM TUMORES NÃO-SÓLIDOS: UMA ABORDAGEM CITOGENÉTICA AO CÂNCER**

Caio Bezerra Machado  
Beatriz Maria Dias Nogueira  
Adrhyan Jullyanne de Sousa Portilho  
Manoel Odorico de Moraes Filho  
Maria Elisabete Amaral de Moraes  
Caroline de Fátima Aquino Moreira-Nunes

**DOI 10.22533/at.ed.1652119032**

### **CAPÍTULO 3..... 22**

#### **DIVERSIDADE MORFOLÓGICA DE FRUTOS DE MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*)**

Ana Valéria Costa da Cruz  
Beatriz da Silva Rodrigues  
Amando Oliveira Matias  
Michelli Ferreira dos Santos  
Clarissa Gomes Reis Lopes  
Angela Celis de Almeida Lopes  
Sérgio Emílio dos Santos Valente  
Marcones Ferreira Costa

**DOI 10.22533/at.ed.1652119033**

### **CAPÍTULO 4..... 33**

#### **DRESS: SÍNDROME DA HIPERSENSIBILIDADE A DROGAS COM EOSINOFILIA E SINTOMAS SISTÊMICOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Italo Felipe Cury  
Eduarda Pereira Ceroni  
Julia Libanori Fragoso  
Leticia Nunes Montes  
Louise Volpini Lustosa  
Maria Clara Amaral de Arruda Falcão Ferro  
Samara Tatielle Monteiro Gomes

**DOI 10.22533/at.ed.1652119034**

<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>37</b>
ELABORAÇÃO DE MANUAL PRÁTICO COMO INSTRUMENTO PARA ENSINO EM LABORATÓRIOS ACADÊMICOS DE RADIOLOGIA ODONTOLÓGICA	
Johnatan Luís Tavares Góes	
Pedro Luiz de Carvalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1652119035</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>44</b>
EXTRAÇÃO DE DNA EM DIFERENTES TECIDOS DA ESPÉCIE LEGUMINOSA FORRAGEIRA <i>Stylosanthes capitata</i> VOGEL	
Fernando Bonifácio-Anacleto	
Carolina Costa Silva	
Priscila Marlys Sá Rivas	
Carlos Alberto Martinez	
Ana Lilia Alzate-Marin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1652119036</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>55</b>
INTRODUÇÃO DE BANCO DE GERMOPLASMA DE PITAYA NO IFES CAMPUS ITAPINA	
Luis Carlos Loose Coelho	
Pamela Vieira Coelho	
Roberto Kirmse	
João Pedro Silva de Abreu	
Jhonathan Elias	
Hércules dos Santos Pereira	
Carolina Maria Palácios de Souza	
Jadier de Oliveira Cunha Junior	
Ana Paula Cândido Gabriel Berilli	
Ronilda Lana Aguiar	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1652119037</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>60</b>
MÉTODO DE EXTRAÇÃO DE RNA DE ALTA PUREZA A PARTIR DE FOLHAS DA ESPÉCIE <i>Stylosanthes capitata</i> (VOGEL)	
Fernando Bonifácio-Anacleto	
Priscila Marlys Sá Rivas	
Tathyana Rachel Palo Mello	
Carlos Alberto Martinez	
Ana Lilia Alzate-Marin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.1652119038</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>72</b>
O PAPEL DOS TELÔMEROS NA PROTEÇÃO DO DNA E VIABILIDADE CELULAR	
Beatriz Maria Dias Nogueira	
Caio Bezerra Machado	
Adrhyan Jullyanne de Sousa Portilho	
Raquel Carvalho Montenegro	

Manoel Odorico de Moraes Filho  
Maria Elisabete Amaral de Moraes  
Caroline de Fátima Aquino Moreira-Nunes

**DOI 10.22533/at.ed.1652119039**

**CAPÍTULO 10..... 82**

**ORGANOGENESE DE MARACUJAZEIRO (*Passiflora edulis* Sims) POR MEIO DA TÉCNICA TCL (*THIN CELL LAYER*)**

Elias da Cruz Ribeiro  
Inaê Mariê de Araújo Silva-Cardoso  
Jonny Everson Scherwinski-Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.16521190310**

**CAPÍTULO 11..... 90**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO DO CRAMBE SOB DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA**

Victor dos Santos Rosa de Oliveira  
Rafael Hydalgo Passeri-Lima  
Juliana Correa Araújo  
João Pedro Vanderlei Machado  
Bruna Rafaela da Silva Menezes

**DOI 10.22533/at.ed.16521190311**

**CAPÍTULO 12..... 101**

**SIMILARIDADES E DISSIMILARIDADES EM EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE JAMBU [*Acmella oleracea* (L.) R.K. JANSEN]**

Joyce da Costa Dias  
Mônica Trindade Abreu de Gusmão  
Camila Monteiro Salgado  
Leonel Rodrigues Souza

**DOI 10.22533/at.ed.16521190312**

**CAPÍTULO 13..... 114**

**ZEBRAFISH MODEL IN THE STUDY OF HUMAN DISEASE**

Inês Dias  
Paulo Teixeira  
Fernando Mendes  
Diana Martins

**DOI 10.22533/at.ed.16521190313**

**CAPÍTULO 14..... 134**

**ASSOCIAÇÃO RARA DAS SÍNDROMES XYY E DELEÇÃO DO BRAÇO CURTO DO CROMOSSOMO 18 EM UM RECÉM-NASCIDO: RELATO DE CASO**

Marta Marques de Carvalho Lopes  
Rejane Alves de Carvalho Monteiro  
Isabela Aurora Rodrigues  
Juliana Gonçalves de Araújo Fernandes  
Isabelly Rocha Borges

Luana Marcelina Silva Pereira  
Edynara Rocha Araújo  
Uyara da Silva Cadar  
Ruth Cop Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.16521190314**

**CAPÍTULO 15..... 143**

**SÍNDROME DE DELEÇÃO 18p COMO DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL PARA BAIXA ESTATURA: RELATO DE CASO**

Rejane Alves de Carvalho Monteiro  
Marta Marques de Carvalho Lopes  
Isabela Aurora Rodrigues  
Juliana Gonçalves de Araújo Fernandes  
Isabelly Rocha Borges  
Luana Marcelina Silva Pereira  
Uyara da Silva Cadar  
Raquel Tavares Boy da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.16521190315**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 154**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 155**

# CAPÍTULO 9

## O PAPEL DOS TELÔMEROS NA PROTEÇÃO DO DNA E VIABILIDADE CÉLULAR

Data de aceite: 01/03/2021

Data de submissão: 28/12/2020

### **Beatriz Maria Dias Nogueira**

Universidade Federal do Ceará, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM). Laboratório de Farmacogenética. Fortaleza – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/5638783251934431>

### **Caio Bezerra Machado**

Universidade Federal do Ceará, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM). Laboratório de Farmacogenética. Fortaleza – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/9820185993338831>

### **Adryhann Jullyanne de Sousa Portilho**

Universidade Federal do Ceará, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM). Laboratório de Farmacogenética. Fortaleza – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/8626175751127592>

### **Raquel Carvalho Montenegro**

Universidade Federal do Ceará, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM). Laboratório de Farmacogenética. Fortaleza – Ceará.  
<http://lattes.cnpq.br/0043828437326839>

### **Manoel Odorico de Moraes Filho**

Universidade Federal do Ceará, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM). Laboratório de Farmacogenética. Fortaleza – Ceará.  
<http://lattes.cnpq.br/0701679734111287>

### **Maria Elisabete Amaral de Moraes**

Universidade Federal do Ceará, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM). Laboratório de Farmacogenética. Fortaleza – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/3565768281344086>

### **Caroline de Fátima Aquino Moreira-Nunes**

Universidade Federal do Ceará, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM). Laboratório de Farmacogenética. Fortaleza – Ceará  
<http://lattes.cnpq.br/3191425896154552>

**RESUMO:** As extremidades dos braços dos cromossomos são compostas por uma estrutura de sequências repetidas, denominado telômero. O telômero apresenta como principal função a proteção do DNA. Naturalmente os telômeros se encurtam, mas é um problema quando se trata do encurtamento excessivo em células com alto índice de divisões. Além do telômero se encurtar pelas replicações celulares, o estresse oxidativo ocasionado pelo estilo de vida individual também pode ser um fator de impacto na degradação deles. O alongamento do telômero ocorre principalmente pela enzima telomerase (*hTERT*), considerada uma grande ribonucleoproteína composta por duas principais subunidades: *hTERC* e a denominada *hTERT*. O encurtamento telomérico pode ser revertido com a ação da telomerase, porém, essa enzima se apresenta em quantidades limitadas no corpo humano. Células somáticas normais tem um número limite de divisões estabelecido pelos telômeros, as divisões encurtam os telômeros e

quando atingem o limite de encurtamento, entram em um estado de senescência replicativa. No caso de células em estado anormal, como ocorre nas neoplasias, o gene da telomerase é reativado, gerando o padrão de imortalização celular pela manutenção do comprimento dos telômeros. Outra característica das neoplasias é a instabilidade genética, que pode ser causada pelo encurtamento anormal dos telômeros e pelo acúmulo de mutações em genes de reparo do DNA, o que pode desencadear rearranjos cromossômicos e de genes, podendo levar a ampliações de genes alterados e seus produtos. Destacamos nesse capítulo a importância de estudos sobre os telômeros pois seu conhecimento pode auxiliar no diagnóstico e prognósticos de diversas patologias associadas à sua disfunção.

**PALAVRAS - CHAVE:** Cromossomos; Telômeros; Telomerase.

## THE ROLE OF TELOMERES IN DNA PROTECTION AND CELL VIABILITY

**ABSTRACT:** The ends of the chromosome arms are composed of a structure of repeated sequences, called telomere. The telomere has DNA protection as its main function. Naturally telomeres shorten, but it is a problem when it comes to excessive shortening in cells with high rate of divisions. In addition to the telomere being shortened by cellular replications, oxidative stress caused by the individual lifestyle can also be an impact factor in their degradation. Telomere elongation occurs mainly by the enzyme telomerase (*hTERT*), considered a large ribonucleoprotein composed of two main subunits: *hTERC* and the so-called *hTERT*. Telomere shortening can be reversed with the action of telomerase, but this enzyme is presented in limited amounts in the human body. Normal somatic cells have a limit number of divisions established by telomeres, the divisions shorten the telomeres and when they reach the shortening limit they enter a state of replicative senescence. In the case of dysfunctional cells, as occurs in neoplasms, the telomerase gene is reactivated, generating the pattern of cellular immortalization by maintaining telomere length. Another characteristic of neoplasms is genetic instability, which can be caused by abnormal telomere shortening and the accumulation of mutations in DNA repair genes, which can trigger chromosomal and gene rearrangements, which may lead to amplifications of altered genes and their products. We highlight in this chapter the importance of studies on telomeres because their knowledge can help in the diagnosis and prognoses of various pathologies associated with their dysfunction.

**KEYWORDS:** Chromosome; Telomere; Telomerase.

## FORMAÇÃO E ESTRUTURA DOS CROMOSSOMOS

Presente no núcleo de cada célula, o DNA está compactado em estruturas denominadas cromossomos. Cada cromossomo é formado pela compactação do material genético em componentes proteicos denominados histonas e também por proteínas cromossômicas não histonas. Duas cópias de cada uma das histonas H2A, H2B, H3 e H4 se encontram unidas e formam um octâmero de histonas, em torno do DNA onde o mesmo se enovela (LENART; KREJCI, 2016).

O octâmero é circundado por duas voltas de DNA dupla hélice no qual constitui a partícula central do nucleossomo. As histonas ligadoras H1 unem os nucleossomos

proporcionando estabilidade para a condensação da cromatina. Por fim, os nucleossomos são empilhados, em formato de alças e são ligados entre si para a organização e estruturação dos cromossomos (**Figura 1**). Embora os nucleossomos sejam compactados, essa estrutura deve ser dinâmica possibilitando sua remodelação para ocorrer tanto o silenciamento genético quanto para permitir o acesso aos genes que precisam ser transcritos (ALBERTS *et al.*, 2017; GRIFFITHS *et al.*, 2016).

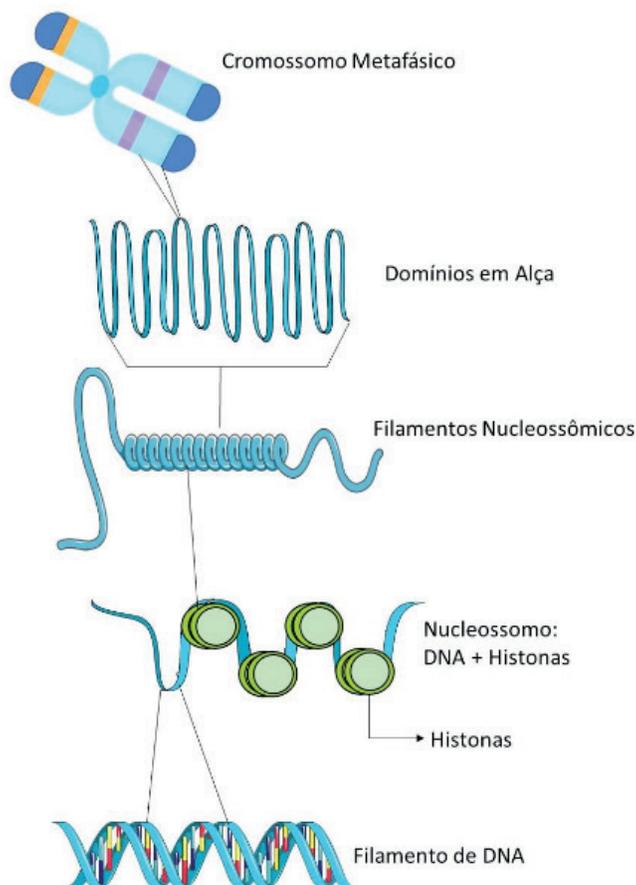


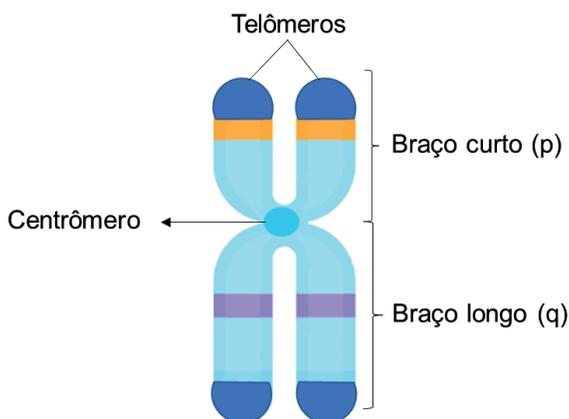
Figura 1. Níveis de organização da cromatina. O cromossomo metafásico presente no núcleo da célula sendo descompactado, formando domínios em alças, que por sua vez são organizados em filamentos nucleossômicos, que representam o menor nível de organização da cromatina, em seguida, apenas a molécula pura de DNA.

Fonte: Autoria Própria (2020).

O DNA é o componente que contém o material hereditário em humanos e diversas espécies biológicas, e quase todas as células do corpo tem a mesma informação de componente genético. A informação proveniente desse material é armazenada como um

código composto por cerca de 3 bilhões de bases nitrogenadas e mais de 99% delas são iguais em todos os humanos, o que ocorre a variabilidade de fenótipos é a ordem ou a sequência que as bases são transcritas, pois elas que determinam a informação disponível na construção de um organismo (GRIFFITHS *et al.*, 2016; VIVANTE; *et al.*, 2017).

Os cromossomos são formados por uma constituição em partes aproximadamente iguais de material genético e proteínas (histonas) e o conjunto desse material é denominado cromatina. Podemos ter dois tipos de cromatina, a eucromatina e a heterocromatina. A estrutura visível dos cromossomos (**Figura 2**) se apresenta em dois braços curtos (p), dois braços longos (q) e o centrômero que liga os braços maiores e menores. As extremidades dos braços dos cromossomos são compostas por uma estrutura de sequências repetidas, denominado telômero (GRIFFITHS *et al.*, 2016).



**Figura 2. Estrutura de um cromossomo.** A estrutura é definida pelos Braços longos (q) e curtos (p), centrômero ligando os braços e os telômeros dispostos nas extremidades superior e inferior.

Fonte: Autoria Própria (2020).

O trabalho tem como objetivo abordar a função dos telômeros na proteção do DNA e apontar seu papel em doenças humanas, salientando a importância na realização de estudos dos telômeros, pois podem auxiliar no diagnóstico e prognósticos de diversas patologias associadas à sua disfunção.

## TELÔMEROS, O QUE SÃO?

A palavra telômero vem do grego antigo, *τέλος* (télos, extremidade) + *μέρος* (méros, parte), que significa “parte da extremidade”. Os telômeros formam as porções finais das extremidades dos cromossomos e são constituídos de repetições não codificantes de

5'-TTAGGG-3' (HERRMANN *et al.*, 2018).

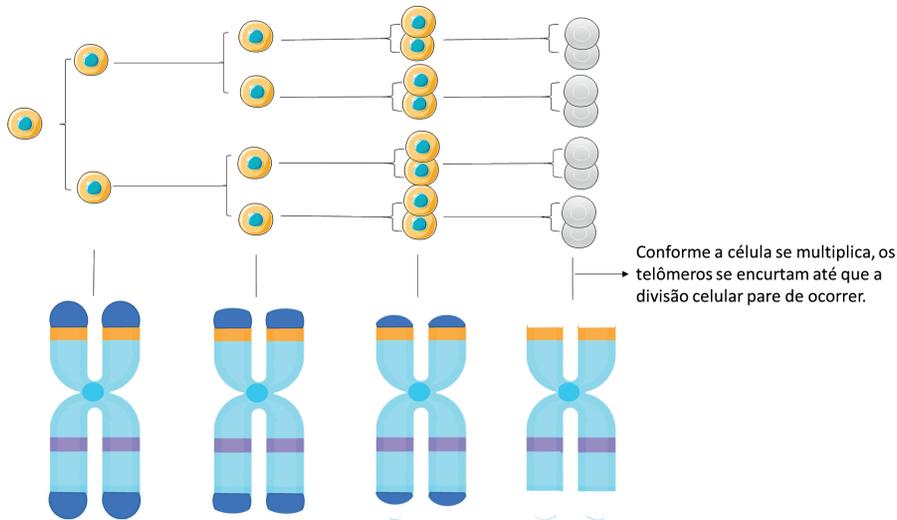
Os telômeros são estruturas muito importantes de um cromossomo, sua principal função é a proteção do DNA, impedindo seu desgaste e podendo ser considerados o relógio biológico celular. Na medida em que nossas células se dividem para se multiplicar e para regenerar os tecidos e órgãos do nosso corpo, os telômeros dos cromossomos tornam-se mais curtos. Quando os telômeros ficam tão pequenos que já não são capazes de realizar sua função de proteção do DNA, as células param de se reproduzir sabendo que não podem se dividir mais, pois desgastariam o DNA, alcançando então o envelhecimento celular, ou senescência. Além de preservar a integridade do genoma, os telômeros também protegem os cromossomos de sofrerem alterações estruturais, como por exemplo, fusão com outros cromossomos (ALBERTS *et al.*, 2017; LEÃO *et al.*, 2018).

Os telômeros humanos são porções repetitivas de nucleotídeos não codificantes, presente nas extremidades dos cromossomos e que são associados a um complexo de seis proteínas, conhecido como *Shelterin*. Esse complexo de proteínas é responsável por manter a integridade do material genético, além de auxiliar na proteção contra danos excessivos no decorrer das divisões celulares. Outro subcomplexo de proteínas reveste o excesso rico em Guanina, que é característico de todas as nossas extremidades cromossômicas, regulando o acesso da telomerase. Com isso, ao limitar as extremidades dos cromossomos, o complexo protege o DNA telomérico da degradação indesejada e das fusões cromossômicas (SMITH; PENDLEBURY; NANDAKUMAR, 2019).

Naturalmente os telômeros se encurtam, mas é um problema quando se trata do encurtamento excessivo em células-tronco tanto de crianças quanto de adultos. O encurtamento telomérico pode ser revertido com uma enzima denominada telomerase, porém, essa enzima se apresenta em quantidades limitadas no corpo humano. Além do telômero se encurtar pelas replicações celulares, o estresse oxidativo ocasionado pelo estilo de vida individual também pode ser um fator de impacto na degradação deles (MARCON *et al.*, 2011 KONG; LEE; WANG, 2013).

### Telômeros: O Relógio Biológico Celular

Os telômeros podem atuar como relógio biológico celular, pois o comprimento médio dos telômeros é considerado um biomarcador para envelhecimento, sobrevivência e mortalidade. Em células normais o limite de divisão, também conhecido como limite de Hayflick, se encontra entre 50 a 70 divisões antes da célula entrar em senescência ou apoptose. A degradação dos telômeros ocorre de forma multifatorial, podendo acontecer durante a replicação da célula (**Figura 3**) e também pelo estresse oxidativo (A SHAMMAS, 2011; WU, et al., 2020).



**Figura 3. Erosão dos telômeros nas divisões celulares.** Conforme a multiplicação celular ocorre, os telômeros vão se encurtando gradativamente. Quando os telômeros ficam extremamente encurtados as células param de se reproduzir alcançando então o envelhecimento celular.

Fonte: Autoria Própria (2020)

A enzima telomerase pode amenizar o encurtamento dos telômeros quando é capaz de interagir com eles, sendo assim, o comprimento dos telômeros e sua integridade são regulados de formas diferentes, e esse processo de regulação pode variar dependendo da condição em que a célula se encontra, como por exemplo situações de inflamação crônica ou aguda (WU; *et al.*, 2020).

### TELOMERASE: É POSSÍVEL ALCANÇAR OS TELÔMEROS?

A principal forma de perda telomérica ocorre quando a maquinaria celular não é capaz de realizar a replicação completa das extremidades dos cromossomos e por conta disso, os telômeros estão sujeitos a ação das enzimas que degradam o material genético, conhecidas como nucleases. Por consequência da replicação celular, ocorre o encurtamento dos cromossomos a cada divisão celular na qual conduz a morte celular ou a senescência replicativa. Mas também o estresse oxidativo pode acelerar o encurtamento dos telômeros, presumivelmente porque o DNA telomérico rico em Guanina é particularmente vulnerável a danos oxidativos (ALBERTS *et al.*, 2017; SMITH; PENDLEBURY; NANDAKUMAR, 2019).

O alongamento do telômero ocorre principalmente pela enzima telomerase (*hTERT*), considerada uma grande ribonucleoproteína composta por duas principais subunidades: uma apresentando o modelo de RNA complementar ao DNA, chamada *hTERC* e a segunda, sendo um domínio catalítico denominada *hTERT*, tendo a característica de transcriptase

reversa, utilizando a fita de RNA molde para complementar o DNA telomérico. A telomerase atua ao final da replicação da fita descontínua, onde sobram nucleotídeos desemparelhados pois a maquinaria celular não consegue reconhecer o último *primer* e colocar suas bases complementares (ALBERTS *et al.*, 2017; GRIFFITHS *et al.*, 2016; SMITH; PENDLEBURY; NANDAKUMAR, 2019).

O gene *hTERT* que codifica a telomerase está inativo na maioria das células somáticas, mas que há exceções em que ele é transcrito, por exemplo em células tronco e células germinativas, de modo geral, em células que precisam ter sua autorenovação ilimitada. Esses são exemplos de tipos celulares que precisam passar por várias divisões, ou no caso de células germinativas, que precisam dar origem a um novo organismo, então precisam que seu telômero se mantenha (ALBERTS *et al.*, 2017; GRIFFITHS *et al.*, 2016).

## TELÔMEROS E DOENÇAS HUMANAS

Células somáticas não neoplásicas tem um número limite de divisões estabelecido pelos telômeros, as divisões encurtam os telômeros e as células reconhecem que não podem se dividir mais, entrando em um estado de senescência. No caso de células em estado anormal, como no caso de neoplasias, o gene da telomerase é reativado, gerando o padrão de imortalização celular que é alcançado através da manutenção do comprimento dos telômeros, o que possibilita a rápida progressão da doença. O comprimento dos telômeros pela telomerase se torna um sistema compensatório, pois quanto mais divisões, mais a enzima atua na manutenção do comprimento telomérico (WU; *et al.*, 2020).

Embora o modelo padrão de tumorigênese para a maioria dos cânceres seja dado pelo aumento da taxa da telomerase e o alongamento dos telômeros, existem alguns tipos tumorais que conseguem continuar a proliferação indefinida com a telomerase hiperativada mas sem que os telômeros necessariamente se alonguem, como se faz no caso das doenças oncohematológicas (NOGUEIRA, *et al.*, 2020; ROPIO *et al.*, 2016). Também é visto em amostras de tecido de neoplasias de mama, colón e próstata, que os telômeros eram mais curtos quando comparados com amostras normais de tecido. Essa ocorrência pode estar associada com a progressão da doença e sua agressividade (HERRMANN *et al.*, 2018).

A instabilidade genética, que pode ser causada pelo encurtamento anormal dos telômeros e pelo acúmulo de mutações em genes de reparo do DNA, é outra característica das neoplasias, a qual pode desencadear rearranjos cromossômicos e de genes, podendo levar a ampliações de genes alterados e seus produtos, e também pode-se observar aneuploidias cromossômicas, ou seja, cariótipos com mais ou menos que 46 cromossomos. Todas essas alterações citogenéticas podem ser decorrentes de quebras próximas aos telômeros e que podem aumentar o risco do desenvolvimento da neoplasia e piorar seu prognóstico (LEÃO *et al.*, 2018).

Também podem haver mutações que afetam a função e a biologia dos telômeros, como ocorre por exemplo na Disqueratose Congênita, na Síndrome de Hoveeraal-Hreidarsson, na Síndrome de Revesz, na Anemia aplástica entre outras, e que resultam em telomeropatias que apresentam os telômeros mais curtos, podendo ser responsáveis pela evolução dos distúrbios para neoplasias (SAVAGE, 2014).

## A IMPORTÂNCIA NO ESTUDO DO PAPEL DOS TELÔMEROS

Vários estudos tentam buscar uma associação entre o encurtamento acelerado de telômeros e um risco aumentado no desenvolvimento do câncer. Em um estudo publicado no normativo *Aging Study*, 800 pacientes sem câncer foram submetidos a medições periódicas do tamanho de seus telômeros. A taxa anual de encurtamento de telômeros em indivíduos que desenvolveram o câncer durante o acompanhamento foi duas vezes maior quando comparados com indivíduos que não desenvolveram câncer (HERRMANN *et al.*, 2018; HOU *et al.*, 2015).

Em um estudo prospectivo de 10 anos, utilizando o método de Bruneck, no qual há uma seleção randômica de uma população com números iguais de homens e mulheres estratificados por idade, obteve como resultado que os indivíduos com telômeros mais curtos apresentaram um risco maior no desenvolvimento de câncer e conseqüentemente a morte por conta desta doença (HERRMANN *et al.*, 2018; WILLEIT *et al.*, 2010).

A modulação da manutenção dos telômeros pela telomerase utilizando a terapia gênica podem alcançar resultados terapêuticos diferentes, podendo ajudar em aplicações antienvelhecimento que requerem a ativação da telomerase na manutenção e alongamento dos telômeros, pois esses pacientes geralmente apresentam um desgaste dos telômeros. Como também em aplicações anticâncer, que precisam da inibição da telomerase, pois sua hiperexpressão, pode ser observada em 85% dos pacientes com neoplasias, o que auxilia na imortalidade das células neoplásicas por conta do aumento dos telômeros (HONG; YUN, 2019).

## CONCLUSÕES FINAIS

Por fim, é importante salientar que estudos dos telômeros e da telomerase, podem ajudar no diagnóstico de neoplasias, prognósticos e direcionar alvos terapêuticos com a finalidade de reduzir a expressão gênica da telomerase e como consequência, a produção em excesso da enzima telomerase. Pode ajudar também na reposição enzimática da telomerase e auxiliar em doenças relacionadas com o envelhecimento e mutações, revertendo o encurtamento telomérico excessivo (ARMSTRONG; TOMITA, 2017; HONG; YUN, 2019).

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por tornarem possível que este trabalho fosse realizado.

## REFERÊNCIAS

ALBERTS, B. *et al.*, **Biologia Molecular da Célula**. 6° ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

ARMSTRONG, Christine A.; TOMITA, Kazunori. **Fundamental mechanisms of telomerase action in yeasts and mammals: understanding telomeres and telomerase in cancer cells**. *Open Biology*, [S.L.], v. 7, n. 3, p. 160338, mar. 2017. The Royal Society.

A SHAMMAS, Masood. **Telomeres, lifestyle, cancer, and aging**. *Current Opinion In Clinical Nutrition And Metabolic Care*, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 28-34, jan. 2011. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health).

GRIFFITHS, A. J. F.; Wessler, S.; Lewontin, R. & Carrol, S. (2016). **Introdução à Genética**. 11° ed. Ed. Guanabara Koogan.

HERRMANN, Markus *et al.*, **Telomere biology and age-related diseases**. *Clin Chem Lab Med*, [s.i.], p.1-13, jan. 2018.

HONG, Jinwoo; YUN, Chae-ok. **Telomere Gene Therapy: polarizing therapeutic goals for treatment of various diseases**. *Cells*, [s.i.], v. 8, n. 5, p. 392, 28 abr. 2019. MDPI AG.

HOU, Lifang *et al.* **Blood Telomere Length Attrition and Cancer Development in the Normative Aging Study Cohort**. *Ebiomedicine*, [s.i.], v. 2, n. 6, p. 591-596, jun. 2015. Elsevier BV.

KONG, Chiou Mee; LEE, Xiao Wen; WANG, Xueying. **Telomere shortening in human diseases**. *Febs Journal*, [S.L.], v. 280, n. 14, p. 3180-3193, 24 jun. 2013.

LEÃO, Ricardo *et al.*, **Mechanisms of human telomerase reverse transcriptase (*hTERT*) regulation: Clinical Impacts in Cancer**. *Journal Of Biomedical Science*, [s.i.], v. 25, n. 1, p.1-12, 12 mar. 2018. Springer Nature.

LENART, Peter; KREJCI, Lumir. Reprint of “**DNA, the central molecule of aging**”. *Mutation Research/ fundamental And Molecular Mechanisms Of Mutagenesis*, [S.L.], v. 788, p. 25-31, jun. 2016. Elsevier BV.

MARCON, F.; SINISCALCHI, E.; CREBELLI, R.; SAEVA, C.; SERA, F.; FORTINI, P.; SIMONELLI, V.; PALLI, D.. **Diet-related telomere shortening and chromosome stability**. *Mutagenesis*, [s.i.], v. 27, n. 1, p. 49-57, 19 ago. 2011. Oxford University Press (OUP).

NOGUEIRA, Beatriz Maria Dias; MACHADO, Caio Bezerra; MONTENEGRO, Raquel Carvalho; MORAES, Maria Elisabete Amaral de; MOREIRA-NUNES, Caroline Aquino. **Telomere Length and Hematological Disorders: a review**. *In Vivo*, [S.L.], v. 34, n. 6, p. 3093-3101, 2020. Anticancer Research USA Inc.

ROPIO, Joana *et al.*, **Telomerase Activation in Hematological Malignancies**. *Genes*, [s.l.], v. 7, n. 9, p.61-74, 7 set. 2016. MDPI AG.

SAVAGE, Sharon A.. **Human Telomeres and Telomere Biology Disorders**. *Progress In Molecular Biology And Translational Science*, [s.l.], p. 41-66, 2014. Elsevier.

SMITH, Eric M.; PENDLEBURY, Devon F.; NANDAKUMAR, Jayakrishnan. **Structural biology of telomeres and telomerase**. *Cellular And Molecular Life Sciences*, [s.l.], v. 77, n. 1, p. 61-79, 14 nov. 2019. Springer Science and Business Media LLC.

VIVANTE, Anat; BROZGOL, Eugene; BRONSHTEIN, Irena; GARINI, Yuval. **Genome organization in the nucleus: from dynamic measurements to a functional model**. *Methods*, [S.L.], v. 123, p. 128-137, jul. 2017. Elsevier BV.

WILLEIT, Peter *et al.* **Telomere Length and Risk of Incident Cancer and Cancer Mortality**. *Jama*, [s.l.], v. 304, n. 1, p. 69, 7 jul. 2010. American Medical Association (AMA).

WU, Lele; FIDAN, Kerem; UM, Jae-young; AHN, Kwang Seok. **Telomerase: key regulator of inflammation and cancer**. Key regulator of inflammation and cancer. *Pharmacological Research*, [s.l.], v. 155, p. 104726, maio 2020. Elsevier BV.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ambiente 5, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 11, 31, 38, 39, 40, 42, 44, 46, 47, 49, 52, 64, 65, 93, 111, 112

### B

Biometria 5, 22, 23, 24, 28, 32, 102

### C

Cancer 15, 19, 20, 21, 80, 81, 114, 115, 122, 123, 124, 127, 128, 131, 132

Caracterização 6, 14, 22, 23, 25, 28, 31, 32, 58, 99, 103

Célula 5, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 11, 73, 74, 76, 77, 80

Conservação 5, 11, 24, 28, 55, 56, 57, 58, 103

Crambe abyssinica Hochst 5, 90, 91, 99

Cromossomo Philadelphia 5, 15

Cromossomos 5, 9, 13, 14, 16, 17, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 135, 136, 138, 144

### D

Danio Rerio 5, 114, 115, 128

Divergência Genética 5, 23, 30, 31, 32, 101, 112

DRESS 5, 6, 33, 34, 35, 36

### E

Ensino 5, 6, 7, 1, 2, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43

Exantema 5, 33, 34

Extração DNA 45

Eye Disorders 5, 114

### G

Germinação 5, 5, 7, 90, 91, 93, 98, 99, 101, 102, 103, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 113

### H

Herdabilidade 5, 101, 106, 110, 111

Hipersensibilidade 6, 33, 34, 35

História da Medicina 15

Hortaliça 101, 102

Hylocereus 5, 56, 57, 112

## I

Integridade 5, 44, 45, 51, 52, 60, 65, 66, 69, 76, 77

In Vivo Animal model 5, 114

## K

Kidney Disease 5, 114, 125, 132

## L

Laboratórios 5, 7, 37, 38, 39, 40, 41, 42

## M

Manual de Laboratório 37

Maracujazeiro 8, 82, 83, 84

Medicamentos 14, 33, 34, 35, 72

Método de extração 5, 7, 60, 61

Micropropagação 5, 82

Mitose 5, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 136

Morfologia dos frutos 23

## N

Neurological Disorders 5, 114, 129

## P

Produção 5, 23, 26, 57, 59, 79, 83, 90, 91, 92, 96, 97, 98, 99, 107, 112

Pureza 5, 7, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 60, 62, 66

## R

Radiologia 7, 37, 38, 40, 41, 42

Reações a drogas 5, 33, 34

RNA 5, 7, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 77, 78, 119

## S

Saúde 5, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 11, 13, 33, 37, 42, 138, 154

Sequência didática 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12

Stylosanthes 5, 7, 44, 45, 46, 53, 60, 61, 62, 63, 65, 70, 71

Stylosanthes sp. 5, 45

## **T**

TCL 5, 8, 82, 83, 84, 85, 86, 88

Tecidos vegetais 5, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

Telomerase 5, 72, 73, 76, 77, 78, 79, 80, 81

Telômeros 5, 7, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79

Tirosina Quinase 15

## **V**

Variabilidade 5, 22, 23, 26, 27, 55, 56, 57, 58, 62, 75, 103, 110, 150

# A GENÉTICA E A CONSTRUÇÃO DE NOVOS PARADIGMAS NAS CIÊNCIAS DA VIDA

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



# A GENÉTICA E A CONSTRUÇÃO DE NOVOS PARADIGMAS NAS CIÊNCIAS DA VIDA

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

