

Francisca Silvana Pereira dos Santos  
Wellington dos Santos Alves  
(Autores)

# EPIGENÉTICA E DOENÇAS CRÔNICAS NÃO TRANSMISSÍVEIS:

Sequências didáticas  
para o Ensino Médio



EdUESPI

Francisca Silvana Pereira dos Santos  
Wellington dos Santos Alves  
(Autores)

# EPIGENÉTICA E DOENÇAS CRÔNICAS NÃO TRANSMISSÍVEIS:

Sequências didáticas  
para o Ensino Médio





## **UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ – UESPI**

**Evandro Alberto de Sousa**  
Reitor

**Jesus Antônio de Carvalho Abreu**  
Vice-Reitor

**Mônica Maria Feitosa Braga Gentil**  
Pró-Reitora de Ensino de Graduação

**Josiane Silva Araújo**  
Pró-Reitora Adj. de Ensino de Graduação

**Raurys Alencar de Oliveira**  
Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação

**Fábia de Kássia Mendes Viana Buenos Aires**  
Pró-Reitora de Administração

**Rosineide Candeia de Araújo**  
Pró-Reitora Adj. de Administração

**Lucídio Beserra Primo**  
Pró-Reitor de Planejamento e Finanças

**Joseane de Carvalho Leão**  
Pró-Reitora Adj. de Planejamento e Finanças

**Ivoneide Pereira de Alencar**  
Pró-Reitora de Extensão, Assuntos Estudantis e Comunitários

**Marcelo de Sousa Neto**  
Editor da Universidade Estadual do Piauí



**GOVERNO DO ESTADO DO PIAUÍ**  
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI**



Rafael Tajra Fonteles **Governador do Estado**  
Themístocles de Sampaio Pereira Filho **Vice-Governador do Estado**  
Evandro Alberto de Sousa **Reitor**  
Jesus Antônio de Carvalho Abreu **Vice-Reitor**

**Administração Superior**

Mônica Maria Feitosa Braga Gentil **Pró-Reitora de Ensino de Graduação**  
Josiane Silva Araújo **Pró-Reitora Adj. de Ensino de Graduação**  
Raurys Alencar de Oliveira **Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação**  
Fábia de Kássia Mendes Viana Buenos Aires **Pró-Reitora de Administração**  
Rosineide Candeia de Araújo **Pró-Reitora Adj. de Administração**  
Lucídio Beserra Primo **Pró-Reitor de Planejamento e Finanças**  
Joseane de Carvalho Leão **Pró-Reitora Adj. de Planejamento e Finanças**  
Ivoneide Pereira de Alencar **Pró-Reitora de Extensão, Assuntos  
Estudantis e Comunitários**

---

Marcelo de Sousa Neto **Editor**

Autores **Revisão**

Autores **Diagramação**

Editora e Gráfica UESPI **E-book**

Endereço eletrônico da publicação: <https://editora.uespi.br/index.php/editora/catalog/book/233>

S615 Santos, Francisca Silvana Pereira dos.

Epigenética e doenças crônicas não transmissíveis: sequências didáticas para o ensino médio / Francisca Silvana Pereira dos Santos, Wellington dos Santos Alves. - Teresina: FUESPI, 2025.

138f.: il.

ISBN Impresso: 978-65-81376-70-3

ISBN Digital : 978-65-81376-71-0

1. Expressão Gênica. 2. Ensino Investigativo. 3. Material Didático. I. Alves, Wellington dos Santos . II. Título.

CDD 610.73

Ficha elaborada pelo Serviço de Catalogação da Universidade Estadual do Piauí – UESPI  
ANA ANGELICA PEREIRA TEIXEIRA (Bibliotecário) CRB-3ª/1217

**Editora da Universidade Estadual do Piauí - EdUESPI**

Rua João Cabral • n. 2231 • Bairro Pirajá • Teresina-PI  
Todos os Direitos Reservados

# AUTORES



## Silvana Santos

Mestre em Ensino de Biologia, especialista em Meio Ambiente, graduada em Ciências Biológicas. Atua como professora efetiva na educação básica desde 2006 na Rede Estadual de Educação do Piauí e na Rede Municipal de Educação no município de Pedro II - PI com as disciplinas de Biologia e Ciências.



[silvanadane@gmail.com](mailto:silvanadane@gmail.com)

## Wellington Alves

Graduado em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Piauí - UFPI. Tem Mestrado em Engenharia Biomédica pela Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP. Doutor em Ciências da Reabilitação pela Universidade Nove de Julho - UNINOVE. É Pós-doutorando em Medicina Translacional pela Escola Paulista de Medicina/Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Professor adjunto IV da Universidade Estadual do Piauí, atualmente exercendo a função de coordenador adjunto local do Mestrado Profissional em Ensino de Biologia - PROFBIO (UFMG/UESPI).



[wellingtonsantos@ccs.uespi.br](mailto:wellingtonsantos@ccs.uespi.br)



# PREFÁCIO

Epigenética é a área da Biologia molecular que estuda as alterações no fenótipo que não foram causadas por alterações na sequência de DNA. Trata-se de marcações químicas que alteram a expressão gênica e são herdáveis.

Os mecanismos epigenéticos podem regular a expressão dos genes nas células e tecidos de um organismo. Esses mecanismos estão sujeitos tanto a fatores específicos, como o genoma, quanto a elementos externos, como o ambiente. Os efeitos epigenéticos atuam em diversos fenômenos biológicos regulares, mas também podem desencadear uma série de alterações no organismo e levar ao desenvolvimento de patologias como as Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT).

As DCNT são um grande problema de saúde pública, pois têm sido a principal causa de morte no mundo (Malta *et al.*, 2017). Este grupo inclui condições como doenças cardiovasculares, diabetes, obesidade, acidente vascular cerebral, doenças respiratórias e neoplasias.

Estimativas do Boletim Epidemiológico do Ministério da Saúde mostraram que no Brasil a mortalidade prematura por DCNT passou de 52,2% em 2000 para 43,7% em 2019, apesar da diminuição, este percentual de mortes ainda é muito elevado (Brasil, 2021).

A epigenética tem ajudado a entender a relação entre a programação metabólica, que estabelece adaptações metabólicas, e o desenvolvimento de doenças crônicas em adultos (Taylor-Baer; Herman, 2018). Por se tratar de uma temática de importância educacional e social, elaboramos esse material didático na forma de e-book para professores e estudantes do Ensino Médio.

Portanto, conscientes da importância do papel do professor como agente formador da sociedade e do quanto podemos contribuir, através do ensino de Biologia, para o enfrentamento das Doenças Crônicas Não Transmissíveis, espera-se que esse material seja útil a todos que o utilizarem. Bons estudos!

# SUMÁRIO

Introdução.....	07
Ensino investigativo.....	08
Componentes deste material.....	10
Capítulo 1 - Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT).....	12
Sequência de Ensino Investigativo sobre DCNT.....	14
Capítulo 2 - A epigenética.....	26
Sequência de Ensino Investigativo sobre epigenética.....	28
Capítulo 3 - Epigenética e DCNT.....	45
Sequência de Ensino Investigativo sobre epigenética e DCNT.....	47
Capítulo 4 - Retomada do conteúdo.....	63
Tópico I - DCNT.....	64
Tópico II - Conceitos básicos de epigenética.....	67
Tópico III - Impactos da epigenética nas DCNT.....	73
Material do Professor (capítulo 1).....	104
Material do Professor (capítulo 2).....	113
Material do Professor (capítulo 3).....	120
Material do Professor (capítulo 4).....	125
Referência bibliográfica.....	136

# INTRODUÇÃO

O termo epigenética foi introduzido por C.H. Waddington em 1942 em seu trabalho sobre biologia do desenvolvimento ao relacionar genes e ambiente na produção de um fenótipo, tendo definido epigenética como “ramo da biologia que estuda as interações causais entre genes e seus produtos que trazem o fenótipo ao ser” (Waddington, 1942).

O conceito para epigenética decorre do próprio termo “epi” (acima) e “genética” (sequência de DNA), referindo-se à informação química existente além daquela codificada na sequência de DNA, porém que não alteram a sequência de bases nitrogenadas, resultando em fenótipos e processos transmitidos para outras células do próprio organismo e sua descendência.

Os efeitos epigenéticos resultantes de alterações químicas, são alterações no estado da cromatina. Os mecanismos epigenéticos mais estudados são a metilação do DNA, modificações de histonas e processos mediados por RNA não codificante (Bure *et al.*, 2022; Furtado *et al.*, 2019).

Muitos estudos estão fazendo descobertas sobre os mecanismos epigenéticos como sendo fatores para o desenvolvimento das Doenças Crônicas Não Transmissíveis - DCNT (Franzago *et al.*, 2020; Ling; Ronn, 2019; McAllan *et al.*, 2023; Panera, 2022).

As preocupações com as DCNT tornaram-se mais evidentes durante a pandemia de covid-19, durante a qual pessoas com hipertensão arterial, diabetes, doenças respiratórias e doenças cardiovasculares apresentaram formas mais graves de covid e maior prevalência de sintomas (Mesenburg *et al.*, 2021). A incidência de DCNT, e as mortes precoces resultantes delas afetam as famílias, o setor produtivo e também causam um impacto financeiro significativo no sistema de saúde.



Diversas pesquisas têm descrito mecanismos de metilação do DNA, modificações de histonas e RNA não codificantes ao desenvolvimento de câncer, obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares (Bansal; Simmons, 2018; Iglesias-Acosta *et al.* 2019; Ling; Ronn, 2019).

Os efeitos epigenéticos que atuam na regulação da expressão gênica são diversos e apesar de estáveis podem ser reversíveis (Gianotti; Pirola, 2014). O conjunto dessas modificações constitui o epigenoma, e refletem as diferentes formas de acesso às informações presentes no DNA constituindo as marcas epigenéticas de um indivíduo (Loh *et al.*, 2019).

Portanto, compreender o papel da epigenética no desenvolvimento de DCNT pode auxiliar o educador em suas aulas durante a abordagem de temas relacionados à biologia molecular, alimentação, estilo de vida, e sobre a importância de políticas públicas para a prevenção e tratamento de doenças crônicas. A abordagem metodológica escolhida para as sequências didáticas foi a do Ensino Investigativo, que possibilita a realização da educação científica e prioriza a participação e engajamento dos educandos no processo de aprendizagem.

## ENSINO INVESTIGATIVO

O ensino por investigação é uma abordagem didática caracterizada pela forma de ensinar, conferindo ao professor o papel de mediador permitindo com que as investigações dos fenômenos, fatos e informações sejam concretizadas pelos alunos (Sasseron, 2015), nessa abordagem o aluno é estimulado a construir seus conhecimentos ativamente através da exploração, pesquisa e experimentos, desenvolvendo habilidades como análise crítica, argumentação e resolução de problemas.

No entanto, Scarpa e Silva (2013) nos alertam que os alunos têm papel ativo, mas não realizam a investigação sozinhos, precisam da mediação constante do professor. O desafio do ensino investigativo é o nível de mediação.



O grau de intervenção e direcionamento empregado pode variar dependendo das características da turma, conceitos a serem abordados, e disponibilidade de tempo.

Portanto, a abordagem do ensino por investigação visa promover a alfabetização científica, considerando-o uma estratégia importante para incentivar a compreensão da natureza da ciência e a habilidade de aplicar conhecimentos na solução de problemas autênticos. Campos e Scarpa (2018) complementam que o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) se fundamenta em pressupostos socio construtivistas centrados nos estudantes, privilegiando o trabalho em grupo, a interação social, o desenvolvimento da autonomia, valorizando os conhecimentos prévios e erros dos alunos no processo de aprender.

Ensinar por meio da abordagem investigativa não se limita a uma metodologia específica com estrutura pré-definida, mas implica trabalhar com variados formatos de aulas e conteúdos (Sasseron, 2021).

Todavia, Carvalho (2018) destaca a Sequência de Ensino Investigativo (SEI) como uma das possibilidades para o desenvolvimento do ensino por investigação, definida pela autora como uma proposta didática que objetiva desenvolver conteúdo ou temas científicos.

Uma SEI é composta por uma série de atividades que visam investigar um determinado tema, explorando as conexões entre esse tema, conceitos relacionados, práticas e outras esferas do conhecimento (Sasseron, 2015).

Trivelato e Tonidandel (2015) nos dizem ainda que uma sequência didática de biologia baseada em investigação deve incentivar e propor aos alunos, situações que permitam o acesso às práticas da ciência, para aproximá-los da sua alfabetização científica. Veja na figura “Eixos para o Ensino Investigativo” os principais elementos de uma SEI:



**Figura:** Eixos para o ensino investigativo

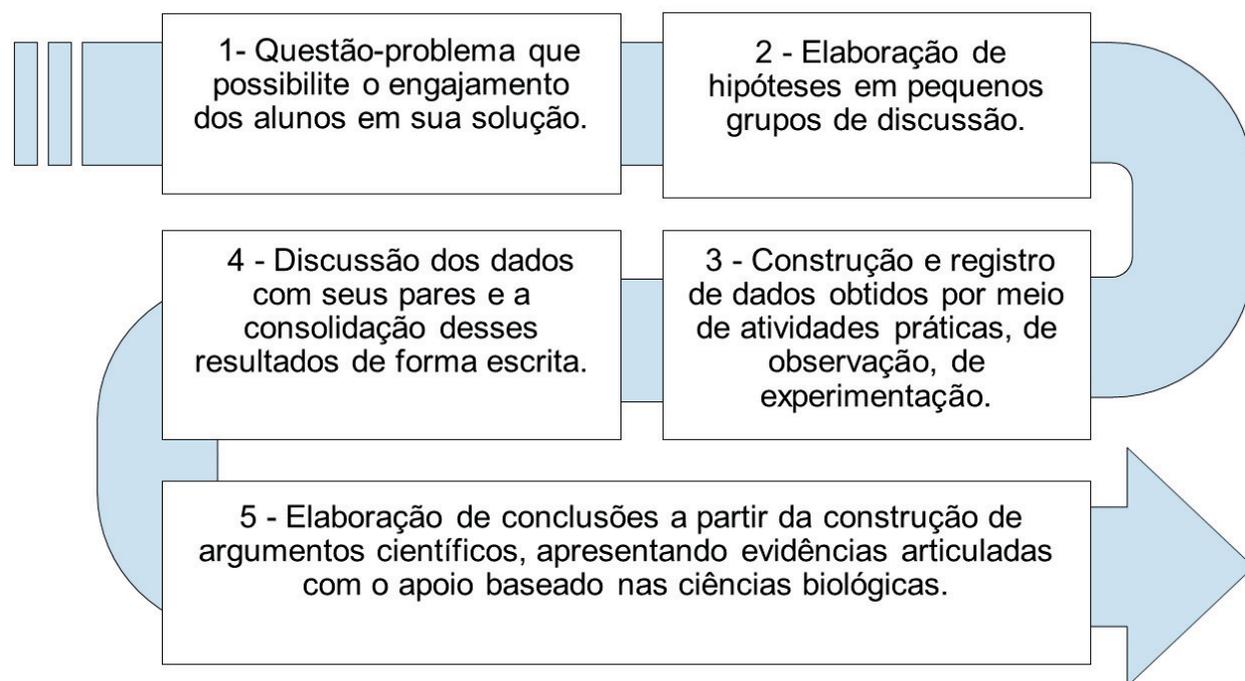


Figura inspirada nos eixos organizadores para Sequências de Ensino de Biologia por Investigação de Trivelato e Tonidandel (2015). Fonte: Santos, 2023.

Essa abordagem ressalta a importância da realização, por parte dos estudantes, da pesquisa exploratória, do desenvolvimento argumentativo e das atividades práticas contextualizadas para uma aprendizagem mais ampla e integrada.

## COMPONENTES DESTE MATERIAL

O e-book “Epigenética e as doenças crônicas não transmissíveis: sequências didáticas para o ensino médio” é composto por quatro capítulos. Os três primeiros capítulos possuem as SEI e o último capítulo traz atividades de revisão. No primeiro capítulo constam sequências investigativas sobre as DCNT, o segundo capítulo aborda os mecanismos epigenéticos, no terceiro capítulo temos a SEI que explora os efeitos epigenéticos nas doenças crônicas não transmissíveis. E no quarto capítulo são sugeridas atividades para a revisão dos temas abordados nas SEI.

Os capítulos do *e-book* são estruturados de maneira similar, a construção desse material está alinhada com a BNCC, e procurou abranger os Temas Contemporâneos Transversais, assim como os Eixos Estruturantes do Novo Ensino Médio. Cada capítulo contém um quadro resumo da sequência didática, em seguida com o detalhamento pedagógico, e atividades propostas para os estudantes.

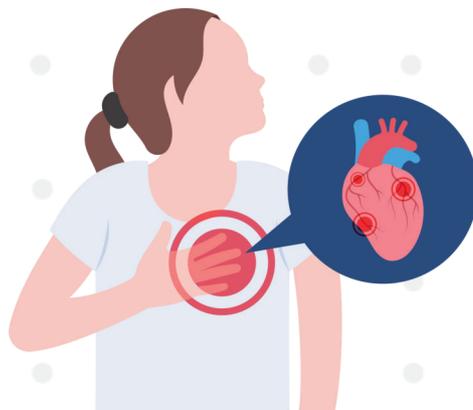
O detalhamento pedagógico é uma apresentação comentada do percurso metodológico de cada momento e das atividades da SEI, que de maneira geral é: iniciada por uma questão ou situação problema; seguida da formulação de hipóteses iniciais dos alunos, pesquisa ou experimentação para o levantamento de dados para confirmar ou refutar as hipóteses iniciais; os estudantes realizam a análise dos resultados encontrados; socializam as conclusões e; por fim, uma etapa individual de avaliação onde os discentes podem fazer registros sobre a própria aprendizagem.

Essas atividades contam também com sugestões de materiais (vídeos, revistas, notícias e outros) que visam ampliar o repertório de conhecimentos e recursos para os educadores e educandos.



# CAPÍTULO 1

## Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT)



# DOENÇAS CRÔNICAS NÃO TRANSMISSÍVEIS

## Temas

Saúde pública, principais DCNT e seus fatores de risco, impactos, e abordagens de prevenção e controle.

## Objetivos

Compreender o que são DCNT e identificar as principais DCNT que afetam a população brasileira. Conhecer os principais fatores de risco comportamentais e ambientais associados às DCNT. Identificar estratégias de prevenção e controle das DCNT. Desenvolver habilidades de pesquisa e análise de dados, utilizando fontes de informações confiáveis para a coleta de dados epidemiológicos.

## Competências gerais da BNCC

1. Conhecimento; 2. Pensamento Científico, Crítico e Criativo; 4. Comunicação; 7. Argumentação; e 9. Empatia e cooperação.

## Eixos estruturantes

Investigação científica; Mediação e intervenção sociocultural.

## Competências específicas de CNT para o Ensino Médio

3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

## Habilidades

EM13CNT301; EM13CNT302; EM13CNT303; EM13CNT304.

## Duração

6 momentos em 3 aulas (60 min/a).

## Organização da turma

Grupos de 4 a 5 alunos.

## Materiais

Data show, material impresso, internet.

# SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA - DCNT

## DETALHAMENTO PEDAGÓGICO (professor)

O tema doenças crônicas não transmissíveis pode ser trabalhado em qualquer uma das três séries do ensino médio, a seguir são apresentadas sugestões de como trabalhar essa sequência didática, mas fica a critério do planejamento do professor a distribuição das atividades e a quantidade de aulas para a sua execução.

Para iniciar a aula apresente para os alunos o texto da notícia sugerida como problematização no momento 1 da SEI:

### **Momento 1 (M1) - Situação problematizadora (5 min)**

As Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) são um grupo de enfermidades que se desenvolvem de forma lenta e persistem geralmente por longos períodos, causando impacto na qualidade de vida das pessoas e sobrecarga no sistema de saúde. O Plano de ações estratégicas para o enfrentamento das doenças crônicas e agravos não transmissíveis no Brasil 2021-2030 do Ministério da Saúde traz como uma das ações estratégicas o uso de itinerários formativos sobre prevenção das DCNT para o ensino da educação básica. Nesse capítulo, vamos entender mais sobre as DCNT, discutir publicações científicas que abordam o tema, levantar hipóteses e analisar dados sobre essa epidemiologia. Iniciamos com uma notícia sobre as DCNT no mundo:



## OMS REVELA PRINCIPAIS CAUSAS DE MORTE E INCAPACIDADE EM TODO O MUNDO ENTRE 2000 E 2019

Genebra, 2020

As doenças crônicas não transmissíveis agora constituem sete das 10 principais causas de morte no mundo, conforme as Estimativas Globais de Saúde de 2019 publicadas nesta quarta-feira (9) pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Quatro delas estão entre as principais causas de morte em 2000. Os novos dados cobrem o período de 2000 a 2019.

As estimativas revelam tendências nas últimas duas décadas na mortalidade e morbidade causadas por doenças e lesões. Destacam claramente a necessidade de um foco global intensificado na prevenção e no tratamento de doenças cardiovasculares, câncer, diabetes e doenças respiratórias crônicas, bem como no combate a lesões, em todas as regiões do mundo, conforme estabelecido na agenda dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU.

“Essas novas estimativas são outro lembrete de que precisamos acelerar a prevenção, o diagnóstico e o tratamento de doenças crônicas não transmissíveis”, disse Tedros Adhanom Ghebreyesus, diretor-geral da OMS. “Destacam a urgência de melhorar drasticamente a atenção primária à saúde de forma equitativa e integral. Um forte atendimento na atenção primária é claramente a base sobre a qual tudo se baseia, desde o combate a doenças não transmissíveis até o gerenciamento de uma pandemia.” [...]

As estimativas confirmam ainda a tendência de crescimento da longevidade: em 2019, as pessoas viveram seis anos mais do que em 2000, com uma média global de mais de 73 anos em 2019 em comparação com quase 67 no ano 2000. Mas, em média, apenas cinco desses anos adicionais foram vividos com boa saúde.

Na verdade, a incapacidade está aumentando. Em grande medida, as doenças e condições de saúde que causam mais mortes são as responsáveis pelo maior número de anos de vida saudáveis perdidos. Doença cardíaca, diabetes, AVC, câncer de pulmão e doença pulmonar obstrutiva crônica foram coletivamente responsáveis por quase 100 milhões de anos de vida saudáveis adicionais perdidos em 2019 em comparação com 2000. [...].

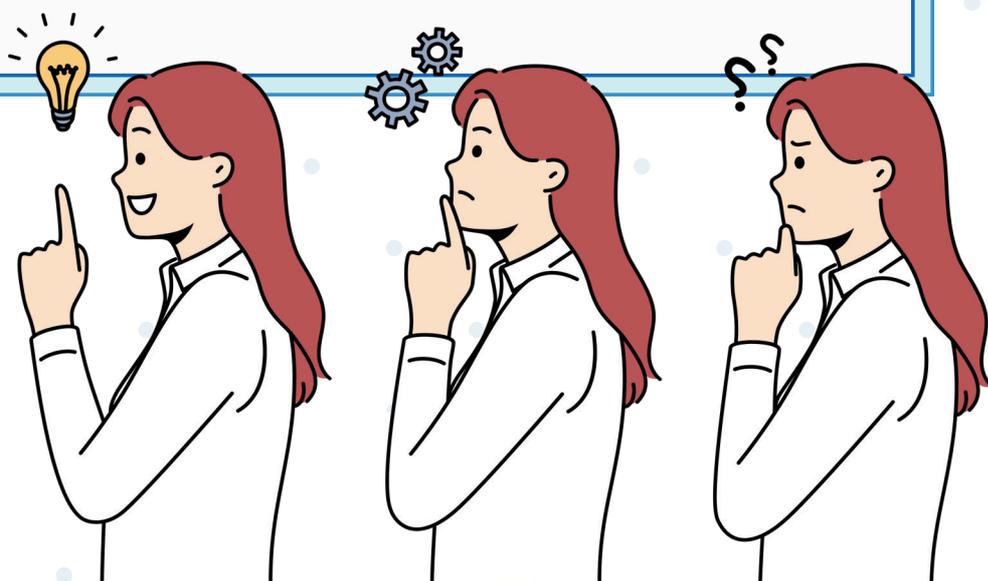
Fonte: <https://www.paho.org/pt/noticias/9-12-2020-oms-revela-principais-causas-morte-e-incapacidade-em-todo-mundo-entre-2000-e>. Acessado em 10 de abril de 2023.



Após a apresentação do texto para a turma, divida os estudantes em grupos com 4 a 5 componentes, e apresente a questão problematizadora para a classe. Solicite que os discentes utilizem as perguntas norteadoras para facilitar o entendimento da questão problematizadora e a formulação das hipóteses que respondam à mesma.

### QUESTÃO PROBLEMATIZADORA

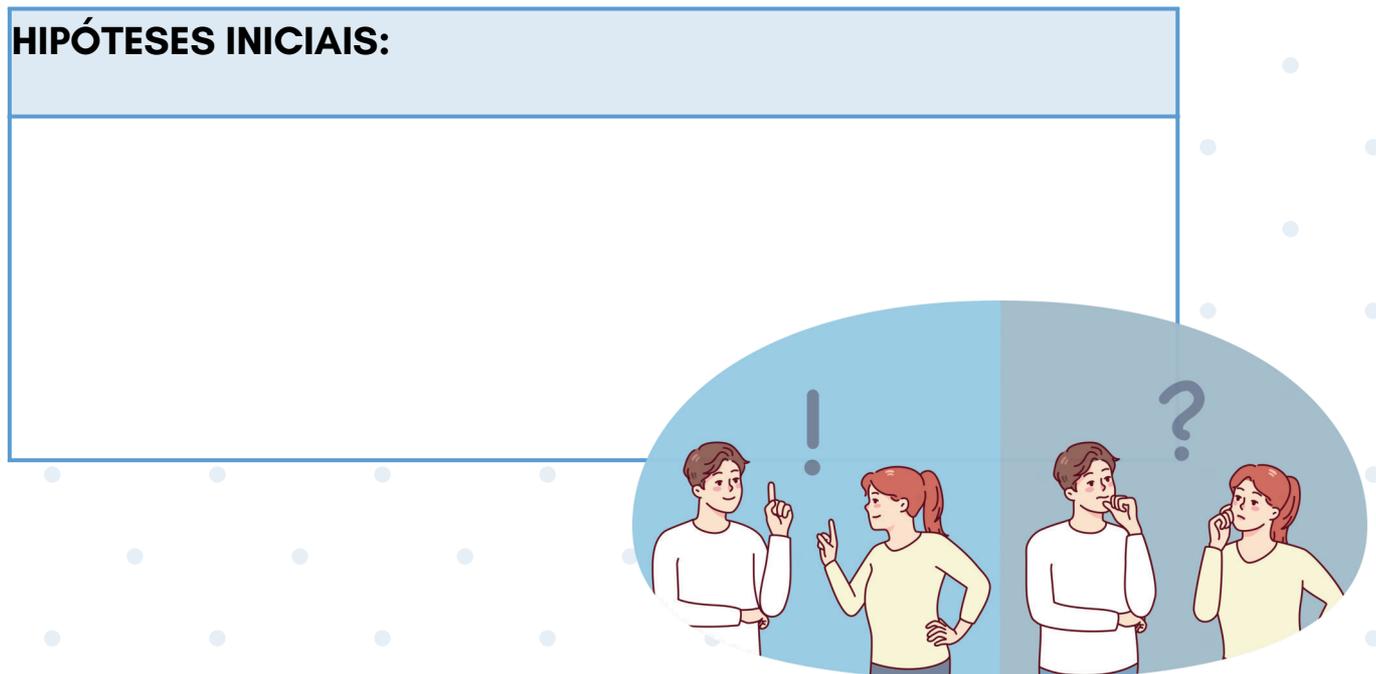
Quais são os principais desafios enfrentados na prevenção e tratamento das Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT), considerando as tendências crescentes de incidência e morbidade dessas doenças?



## Momento 2 (M2) - Levantamento de hipóteses iniciais (10 min)

A partir do texto inicial, os alunos devem fazer uma breve reflexão sobre o que já sabem previamente sobre as DCNT, e reunidos em grupo, os estudantes devem então formular hipóteses que possam responder à questão problematizadora e registrar suas respostas no quadro de hipóteses (Figura 1.1).

**Figura 1.1** Quadro de hipóteses



O professor pode utilizar as seguintes perguntas norteadoras para auxiliar os estudantes a formular suas hipóteses.

### PERGUNTAS NORTEADORAS PARA A CONSTRUÇÃO DAS HIPÓTESES:

1. Quais são as doenças que compõem esse grupo?
2. Quais são as causas e fatores de risco associados a essas enfermidades?
3. Quais medidas podem ser tomadas para prevenir e controlar as DCNT?

Após o registro dos alunos, o professor conduz as apresentações das hipóteses iniciais elaboradas pelos grupos. Em seguida, os estudantes têm a oportunidade de eleger a hipótese que consideram mais plausível para discussão.

## **Momento 2.1 - Construção de gráficos e tabelas (30 min)**

Os alunos devem consultar a página do Departamento de Análise Epidemiológica e Vigilância de Doenças Não Transmissíveis (DAENT), para buscar dados e construir gráficos e tabelas sobre a evolução dessas doenças na sociedade brasileira ao longo dos anos. As instruções e questionamentos estão no diário de bordo de cada grupo (Apêndice).

## **Momento 3 (M3) - Aula dialogada sobre fontes de pesquisa (15 min)**

Nesse momento o professor faz uma breve exposição dialogada com toda a turma sobre a importância de avaliar criticamente as informações que os estudantes encontram na internet, com destaque nas *fake news* sobre saúde. A internet é uma poderosa fonte de informações e conhecimentos úteis, mas também encontramos informações erradas, enganosas ou manipuladas que objetivam influenciar a opinião pública e promover interesses particulares.

Os estudantes devem utilizar essas informações para fazer pesquisas em sites confiáveis e assim aprofundar seus conhecimentos sobre as principais DCNT, fatores de risco, consequências à saúde e prevenção dessas doenças para registrar no diário de bordo e, apresentar para os colegas na aula seguinte.

## **Momento 4 (M4) - Acompanhamento do levantamento de dados (40 min)**

Encontro para mediação e acompanhamento do levantamento de dados e análise das informações levantadas pelos estudantes em relação as DCNT e também quanto as fontes de pesquisa utilizadas pelos grupos.

Cada grupo deve apresentar para a turma o que produziu até então, e tanto o professor quanto os demais colegas podem contribuir com os trabalhos apresentados a partir de observações, críticas e sugestões.

## **Momento 4.1 - Planejamento de uma proposta de intervenção**

### **(20 min)**

Reunidos em grupos, os estudantes devem discutir e eleger uma das DCNT que atingem diretamente as pessoas de sua comunidade e elaborar uma proposta de intervenção para a prevenção e controle da DCNT escolhida. O professor e os discentes podem utilizar os materiais sugeridos em “Dicas de Materiais Digitais e Para Saber Mais - Material de Aprofundamento” no estudo e planejamento da proposta de intervenção. É importante que os alunos considerem a cultura e hábitos locais para esse trabalho. Os discentes devem finalizar as pesquisas e o trabalho em casa, para apresentar suas propostas no momento seguinte. No apêndice tem uma sugestão de estrutura para os estudantes usarem no planejamento da proposta.

## **Momento 5 (M5) - Socialização das Atividades produzidas (40 min)**

Cada grupo deve socializar com toda a classe as atividades de intervenção que planejaram para a prevenção/controle da DCNT escolhida. Também precisam manifestar se pretendem executar a proposta de intervenção. Caso queiram pôr em prática, explicar como pretendem realizar a intervenção e como os colegas e professores podem ajudar. No “Material do Professor” tem disponível uma ficha avaliativa com rubricas, de nossa autoria, para auxiliar o professor na avaliação do material produzido pelos grupos.

## **Momento 6 (M6) - Etapa individual de avaliação da aprendizagem e da SEI desenvolvida (20 min)**

Para a avaliação individual, os alunos constroem um pequeno texto sobre as DCNT, destacando as informações sobre a DCNT trabalhada por cada grupo, indicando causas, consequências, e possíveis intervenções. E respondem a um questionário de autoavaliação e a avaliação da SEI realizada. As fichas avaliativas estão no “Material do Professor” dessa SEI (Capítulo 1).



## DICA DE RECURSO DIGITAL

### BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

Vídeo - Aumento de doenças crônicas em jovens (Dr. Drauzio Varela):

<https://www.youtube.com/watch?v=21w2b4Fz-Tk> (3min25s)



Artigo sobre doenças crônicas não transmissíveis do site UMANE:

[https://biblioteca.observatoriodaaps.com.br/blog-dcnt-como-brasil-poderia-evitar-mais-de-300-mil-mortes-ano/?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpm&utm\\_campaign=geral&utm\\_content=UM046-GS&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQiArrCvBhCNARIsAOkAGcVRki5WJMs1YMWoW4mZcTpbCoi6QT6iBsVvcZllvMyN0YoctInMHzwaApCoEALw\\_wcB](https://biblioteca.observatoriodaaps.com.br/blog-dcnt-como-brasil-poderia-evitar-mais-de-300-mil-mortes-ano/?utm_source=google&utm_medium=cpm&utm_campaign=geral&utm_content=UM046-GS&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiArrCvBhCNARIsAOkAGcVRki5WJMs1YMWoW4mZcTpbCoi6QT6iBsVvcZllvMyN0YoctInMHzwaApCoEALw_wcB)



### PARA SABER MAIS - MATERIAL DE APROFUNDAMENTO

Artigo da Revista Cadernos de Saúde Pública da Fundação Fio Cruz sobre DCNT:

<https://cadernos.ensp.fiocruz.br/site/artigo/1728/doencas-cronicas-nao-transmissiveis-ha-mais-no-ceu-e-na-terra-de-que-se-possa-sonhar>



Compendio sobre DCNT produzido pela Sec. Saúde de SP:

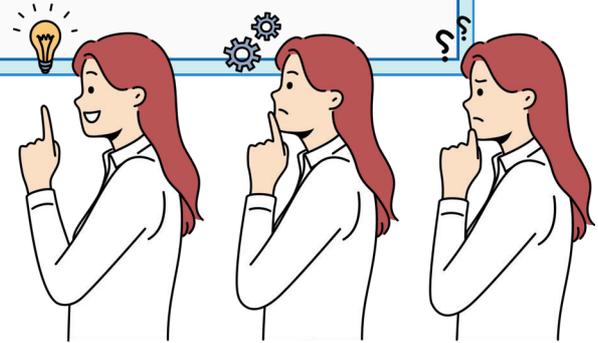
[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/saude/vigilancia\\_em\\_saude/doencas\\_e\\_agrivos/index.php?p=6099](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/saude/vigilancia_em_saude/doencas_e_agrivos/index.php?p=6099)



# MATERIAL PARA OS ALUNOS

## QUESTÃO PROBLEMATIZADORA

Quais são os principais desafios enfrentados na prevenção e tratamento das Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT), considerando as tendências crescentes de incidência e morbidade dessas doenças?

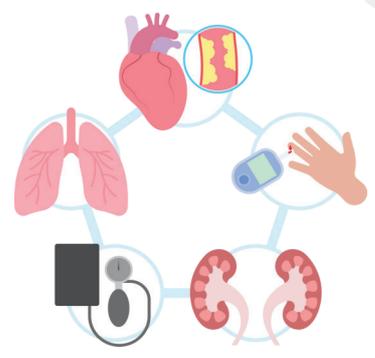


## HIPÓTESES INICIAIS (em grupo):

A large, empty rectangular box with a light blue border, intended for students to write their initial hypotheses in a group.



# DIÁRIO DE BORDO - EM GRUPO



Nas últimas décadas, o Brasil tem passado por uma transformação no perfil de doenças e mortes da população, com uma queda significativa na mortalidade por doenças transmissíveis, como as que causaram mortalidade de crianças com menos de cinco anos e redução significativa de causas de morte evitáveis. Por outro lado, é possível observar um aumento do número de casos das Doenças Crônicas Não Transmissíveis. Acesse o Artigo sobre doenças crônicas não transmissíveis do site UMANE para responder à questão 1:

[https://biblioteca.observatoriodaaps.com.br/blog-dcnt-como-brasil-poderia-evitar-mais-de-300-mil-mortes-ano/?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpm&utm\\_campaign=geral&utm\\_content=UM046-GS&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCCQiArrCvBhCNARIsAOkAGcVRki5WJMs1YMVoW4mZcTpbcOI6QT6iBsVvcZllvMyN0YoctInMHzwaApCoEALw\\_wcB](https://biblioteca.observatoriodaaps.com.br/blog-dcnt-como-brasil-poderia-evitar-mais-de-300-mil-mortes-ano/?utm_source=google&utm_medium=cpm&utm_campaign=geral&utm_content=UM046-GS&gad_source=1&gclid=Cj0KCCQiArrCvBhCNARIsAOkAGcVRki5WJMs1YMVoW4mZcTpbcOI6QT6iBsVvcZllvMyN0YoctInMHzwaApCoEALw_wcB)



1. Indique as principais DCNT no Brasil em termos de mortalidade, e preencha a tabela:

DCNT	CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS	PREVENÇÃO

QUESTÕES 2 a 5 - Acesse o Painel de Monitoramento da Mortalidade Prematura (30 a 69 anos) por DCNT no Brasil no link abaixo, e use os filtros de consulta. Discuta com seus colegas e responda o que está sendo indicado em cada questão.

LINK: <https://svs.aids.gov.br/daent/centrais-de-conteudos/paineis-de-monitoramento/mortalidade/dcnt/>

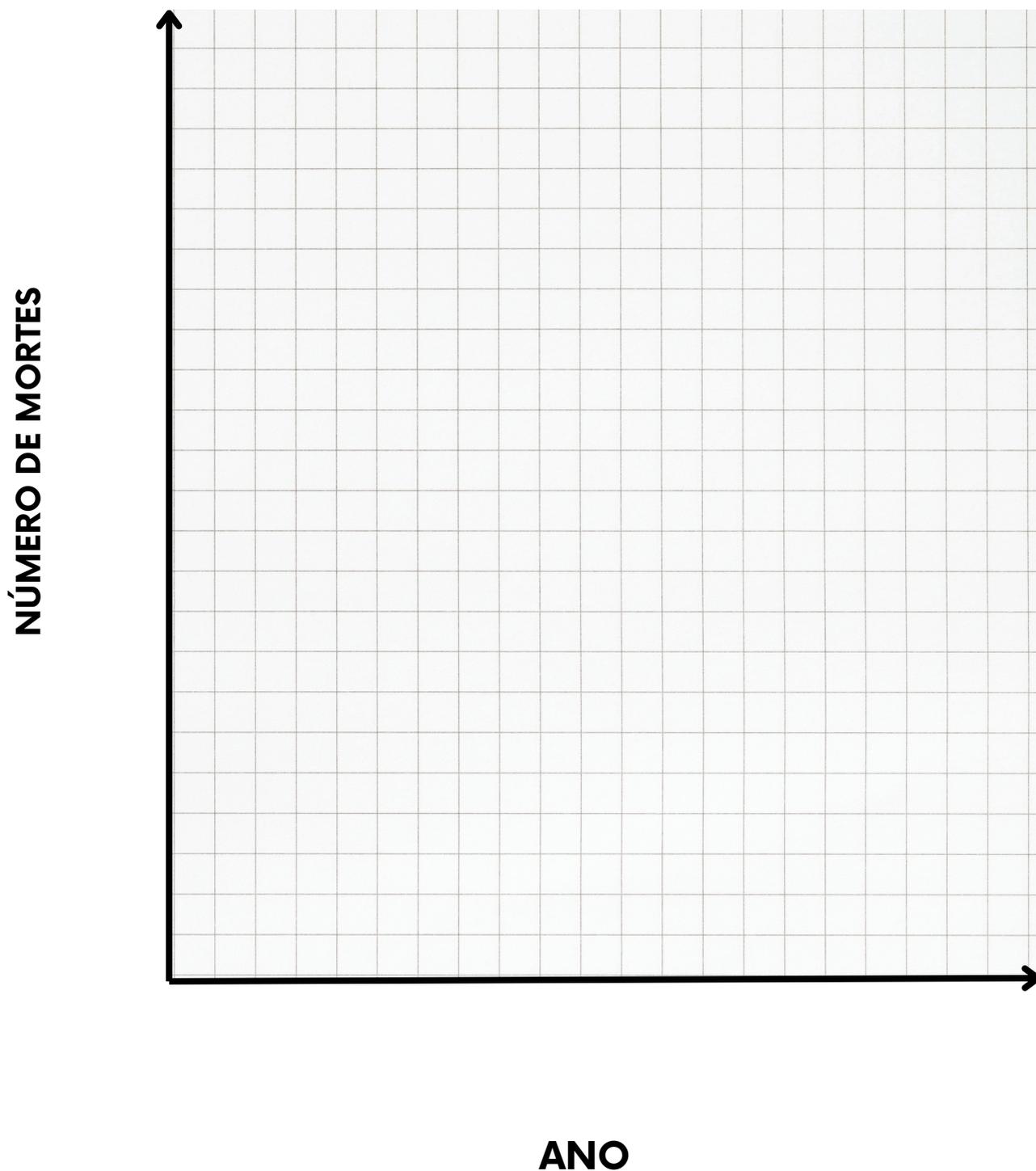


2. Qual é a taxa de mortalidade mais alta entre as DCNT no Brasil conforme o material consultado? Busque no campo "INDICADORES" as seguintes DCNT: neoplasias tumorais malignas, diabetes mellitus, doenças do aparelho circulatório, doenças do aparelho respiratório. Clique no botão atualizar sempre que mudar a DCNT no campo "indicador".

3. Houve uma tendência de aumento ou diminuição do número de mortes prematuras por DCNT no Brasil entre 2018 e 2022?

4. Busque dados sobre mortes prematuras por DCNT no ano de 2022 em relação ao sexo e comente o resultado.

5. Construa um gráfico mostrando a evolução da mortalidade prematura por DCNT no Piauí e no Maranhão durante o período de 2018 a 2022, utilizando os dados do Painel de Monitoramento da Mortalidade Prematura do Sistema de Informação e Monitoramento.



# SUGESTÃO DE MODELO PARA PLANEJAMENTO DA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO E ENFRENTAMENTO ÀS DCNT

<b>TÍTULO</b>		
<b>DCNT</b>	<b>O QUE VAMOS FAZER</b>	<b>PLANEJAMENTO</b>
		<b>DESENVOLVIMENTO</b>
<b>AUTORES</b>	<b>RECURSOS</b>	<b>FECHAMENTO</b>
<b>PÚBLICO</b>	<b>ESTRATÉGIAS</b>	
<b>OBJETIVO</b>		
<b>REFERÊNCIAS</b>		

# CAPÍTULO 2

## Epigenética



# EPIGENÉTICA

## Temas

Expressão gênica, epigenética, epigenoma, mecanismos epigenéticos.

## Objetivos

Identificar os mecanismos epigenéticos na expressão gênica.

## Competências gerais da BNCC

1. Conhecimento; 2. Pensamento Científico, Crítico e Criativo; e 7. Argumentação.

## Eixos estruturantes

Investigação científica.

## Competências específicas de CNT para o Ensino Médio

3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

## Habilidades

EM13CNT301; EM13CNT302; EM13CNT303; EM13CNT310.

## Duração

6 momentos em 3 aulas (60 min/a).

## Organização da turma

Grupos de 4 a 5 alunos.

## Materiais

Data show, material impresso, internet, tesoura e cola.

# SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA - EPIGENÉTICA

## DETALHAMENTO PEDAGÓGICO (professor)

O tema epigenética pode ser trabalhado nas turmas de 2ª e 3ª séries do ensino médio, desde que já tenham sido estudados a estrutura do DNA e expressão gênica. A seguir são apresentadas sugestões de como trabalhar essa sequência didática, mas fica a critério do planejamento do professor a distribuição das atividades e a quantidade de aulas para a sua execução.

No Capítulo de Revisão, tópico III, tem atividades práticas sobre estrutura do DNA e síntese proteica, caso deseje revisar esses temas antes de iniciar a sequência sobre epigenética.

### **Momento 1 (M1) - Situação problematizadora (5 min)**

Ler com os alunos a reportagem e na sequência os alunos devem responder, em grupo, à questão problematizadora.

Imagem: Gêmeos da Nasa



Os gêmeos astronautas Mark (esquerda) e Scott Kelly (direita): missão de longa duração no espaço ainda afetava funcionamento dos genes de Scott seis meses depois de sua volta à Terra, mas não alterou seu DNA em si. Foto: Robert Markowitz /Nasa/Centro Espacial Johnson.

## GÊMEOS ASTRONAUTAS AINDA SÃO GENETICAMENTE IDÊNTICOS

Cesar Baima, 2018

NASA esclarece estudo após relatos mal interpretados sobre alterações na atividade dos genes de irmão gêmeo que passou um ano no espaço.

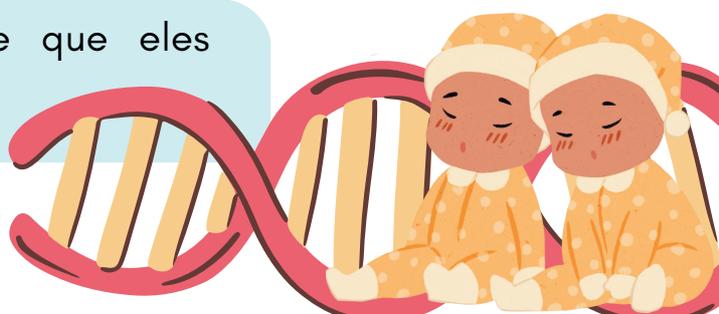
RIO - Os gêmeos astronautas Scott e Mark Kelly ainda são geneticamente idênticos. A afirmação é de um comunicado da NASA divulgado esta semana após diversos relatos que mal interpretaram resultados de estudo que avaliou os efeitos no organismo de Scott de sua estada de um ano na Estação Espacial Internacional (ISS). A agência espacial americana esclareceu que as alterações identificadas foram apenas na atividade de alguns genes de Scott, e não em seu DNA.

Divulgado no fim de janeiro, o estudo mostrou que seis meses após a volta de Scott à Terra 93% de seus genes também voltaram a ter expressão (atividade) similar à que tinham antes dele ir ao espaço, com os 7% restantes ainda apresentando alterações no seu funcionamento. Segundo a NASA, estas mudanças na expressão genética são consideradas "mínimas", do mesmo tipo das observadas em pessoas que enfrentam outras situações de grande estresse físico, como escaladas de alta montanha ou mergulho autônomo em grandes profundidades.

BAIMA, C. Gêmeos astronautas ainda são geneticamente idênticos. **O Globo**, 16 mar. 2018. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/saude/ciencia/gemeos-astronautas-ainda-sao-geneticamente-identicos-22497700>. Acessado em 10 ago. 2023.



Divida a turma em grupos, e solicite que eles respondam à questão problematizadora relacionada a temática da notícia.



## QUESTÃO PROBLEMATIZADORA

“Gêmeos idênticos são cópias genéticas, clones naturais, o que significa que seu DNA é o mesmo. No entanto, com o tempo eles vão se tornando cada vez mais diferentes fisicamente. Por que isso acontece?”

??



### **Momento 2 (M2) - Levantamento de hipóteses (10 min)**

A partir da reportagem e da questão problematizadora, os alunos levantam suas hipóteses iniciais. Os estudantes podem registrar as hipóteses no caderno, ou o professor pode disponibilizar o quadro de hipóteses impresso para os alunos fazerem seu registro.

Após 5min os grupos são convidados a compartilhar suas hipóteses com a turma, e o professor mediador contribui fazendo conexões entre as hipóteses apresentadas.

### **Momento 3 (M3) - Compreendendo a Temática (45 min)**

Organizados em grupos, os estudantes fazem pesquisas para responder às atividades propostas (Apêndice desta SEI) a respeito da expressão gênica realizada pelos mecanismos epigenéticos. Essas questões devem ser discutidas coletivamente com a mediação do professor.

### **Momento 4 (M4) - Discussão coletiva (60 min)**

O professor precisa dividir o tempo dessa aula para desenvolver duas atividades:

1. Discussão coletiva das respostas dos grupos da atividade do momento anterior;
2. Iniciar a produção de um Glossário de Epigenética com pelo menos 20 termos por grupo. Sempre que possível, os estudantes devem incluir uma imagem que represente o termo.

A partir da atividade investigativa sobre a importância dos mecanismos epigenéticos na expressão gênica e com o uso dos materiais sugeridos, os estudantes constroem explicações embasadas em conhecimento científico sobre a temática. Essas explicações devem ser apresentadas e discutidas com a turma para que os alunos possam colaborar uns com os outros na consolidação desse conhecimento.

Depois das discussões os grupos iniciam a produção de Glossários de Epigenética. Cada grupo apresenta 20 termos e seu respectivo significado. O glossário pode ser online, utilizando um documento compartilhado do *Google Docs* ou o do *Padlet*, ou pode ser na forma de cartaz. O importante é que os alunos se comuniquem entre os grupos para evitar o uso dos mesmos termos. Essa atividade pode ser concluída em casa e ser apresentada no próximo encontro da SEI.

Os glossários são importantes ferramentas de aprendizado porque ajudam a compreender conceitos pertencentes a uma determinada área de estudo.

### **Momento 5 (M5) - Etapa de avaliação da aprendizagem e da SEI desenvolvida (60 min)**

No início da aula, com a mediação do professor, os alunos apresentam o glossário, e depois respondem a um Quiz individual (Apêndice) sobre Epigenética, e respondem ao questionário de avaliação da SEI (utilizar o modelo já disponibilizado no capítulo 1). A avaliação dos educandos também é realizada durante os outros momentos da SEI, através das atividades realizadas individualmente e em grupo.



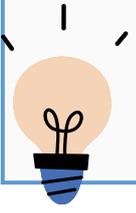
# MATERIAL PARA OS ALUNOS

## QUESTÃO PROBLEMATIZADORA

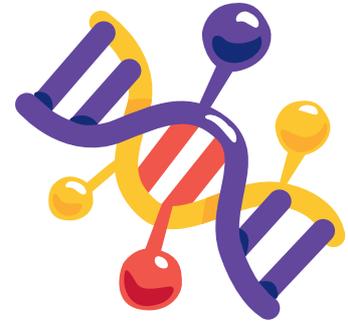
“Gêmeos idênticos são cópias genéticas, clones naturais, o que significa que seu DNA é o mesmo. No entanto, com o tempo eles vão se tornando cada vez mais diferentes fisicamente. Por que isso acontece?”



## HIPÓTESES INICIAIS (em grupo):



## ATIVIDADE - MOMENTO 3 (M3)



A epigenética é um campo de pesquisa que estuda as mudanças hereditárias na expressão gênica que não envolvem alterações na sequência do DNA. Ao contrário das mutações genéticas, que afetam diretamente a sequência de nucleotídeos, os processos epigenéticos envolvem modificações químicas nas moléculas de DNA ou nas histonas associadas a ele. Essas modificações podem influenciar como os genes são ativados ou desativados, desempenhando um papel crucial no desenvolvimento, diferenciação celular e resposta a estímulos ambientais.

Explore com seu grupo os seguintes materiais para responder às atividades propostas.



### DICA DE RECURSO DIGITAL

#### MATERIAL OBRIGATÓRIO

Revista Genética na escola - Conceitos em epigenética:

<https://www.geneticanaescola.com/revista/articloe/view/311/280>



Revista Genética na escola - Epigenética:

<https://www.geneticanaescola.com/revista/articloe/view/196/175>



Série com vídeos do canal Genoma USP - ABC epigenética: <https://www.youtube.com/watch?v=cLfYXSN9lxM&list=PLRxLNUL6CtpVSKYLpkJCNqRnPTcLfQBgE>



## **MATERIAL COMPLEMENTAR PARA APROFUNDAMENTO**

Notícia - Blog Hospital Israelita Albert Einstein - conceitos de epigenética: <https://newslab.com.br/epigenetica-relacao-entre-estilo-de-vida-meio-ambiente-e-desenvolvimento>



Vídeos Canal Amoeba Siteres - epigenética: <https://www.youtube.com/watch?v=MD3Fc0XOjWk>



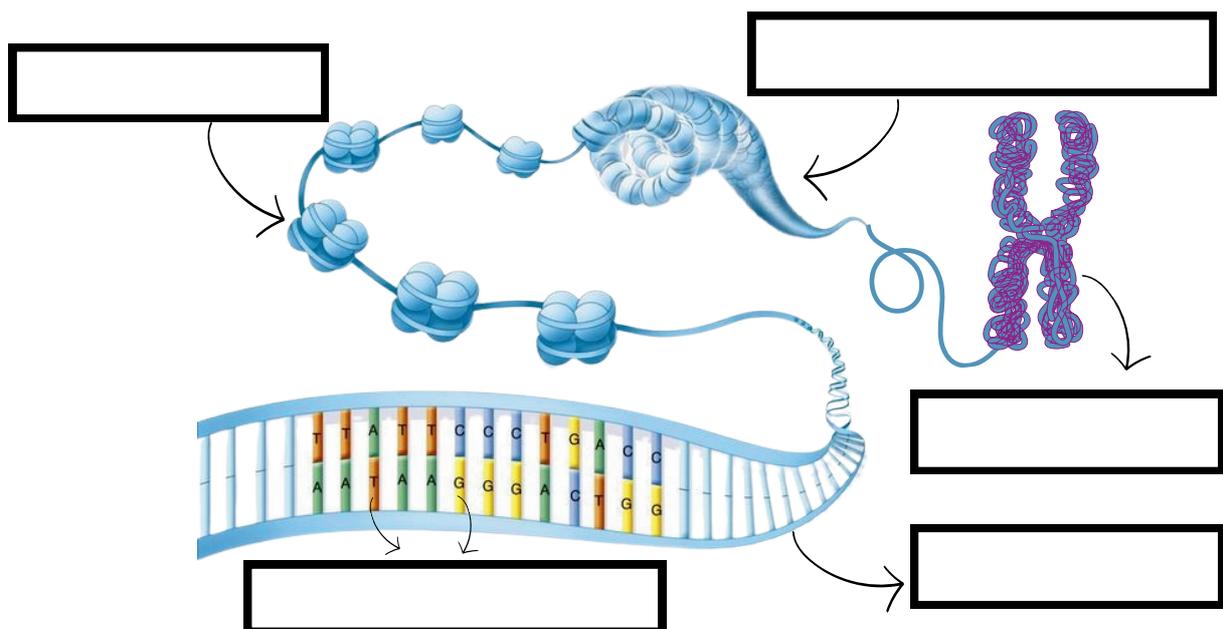
Ebook - MAIA *et al.* Conceitos Básicos de Epigenética Para Universitários: <https://drive.google.com/file/d/1d2FMRYL2u4B51qY2Lhk48vGwSjlBYpM/view>



### QUESTÕES (Momento 3)

1. Por que as células de um mesmo organismo que contém genomas idênticos são tão diferentes e possuem funções tão distintas?

2. A molécula de DNA é um polinucleotídeo, e por ser muito extenso precisa se associar a proteínas para caber no núcleo das células eucarióticas. Identifique todas as estruturas que aparecem na figura abaixo:

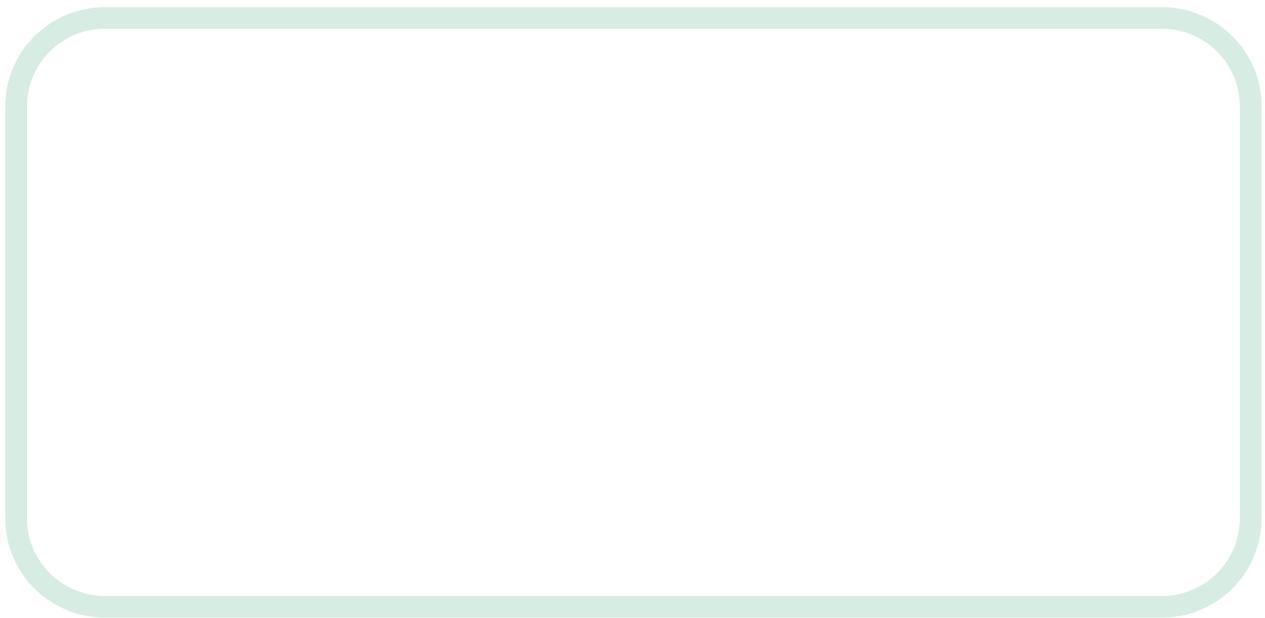


Fonte: figura modificada de [https://www.thoughtco.com/chromatin-373461?utm\\_source=pinterest](https://www.thoughtco.com/chromatin-373461?utm_source=pinterest)

3. Dentre os mecanismos epigenéticos, destacamos a metilação. A metilação do DNA é um tipo de modificação química na molécula. Sobre esse tema, responda:

a) A metilação do DNA causa um impacto na regulação de algumas regiões do genoma. Explique em que consiste a metilação do DNA? E como a metilação influencia na expressão do gene?

b) Entre as figuras disponíveis no anexo 1, referente a essa questão da atividade, escolha e recorte as figuras necessárias para montar um DNA com região metilada. Certifique-se que a metilação seja colocada na região correta da molécula, em relação às bases nitrogenadas.



Responda: Qual é a origem dos grupos metil transferidos para a molécula de DNA?

4. Cite modificações epigenéticas que podem ocorrer nas proteínas histonas? Em que locais cada uma dessas modificações acontecem?

5. Utilizando a figura disponível no anexo 2, referente a essa questão da atividade, monte o dado para responder às perguntas abaixo. Jogue o “dado dos mecanismos epigenéticos” duas vezes e complete as questões conforme o que sair.

I. Mecanismo epigenético da primeira jogada: \_\_\_\_\_

II. Localização desse mecanismo na histona: \_\_\_\_\_

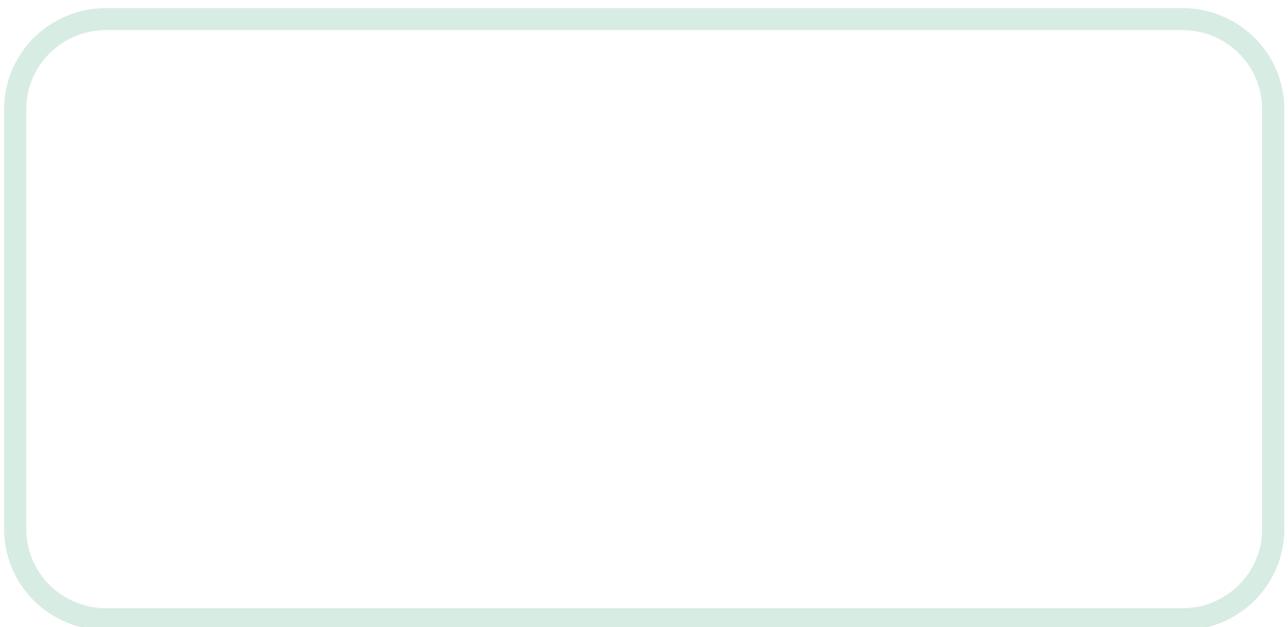
III. Efeito epigenético: \_\_\_\_\_

IV. Mecanismo epigenético da segunda jogada: \_\_\_\_\_

V. Localização desse mecanismo na histona: \_\_\_\_\_

VI. Efeito epigenético: \_\_\_\_\_

Agora faça o desenho que representa a histona modificada epigeneticamente que seu grupo formou a partir das respostas anteriores. Faça a identificação de todas as estruturas no seu desenho:



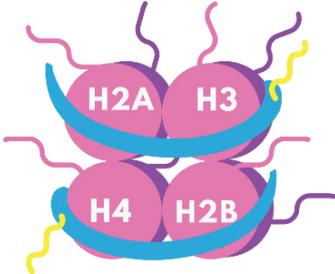
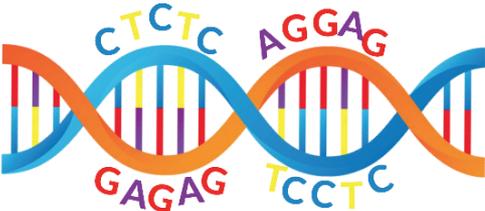




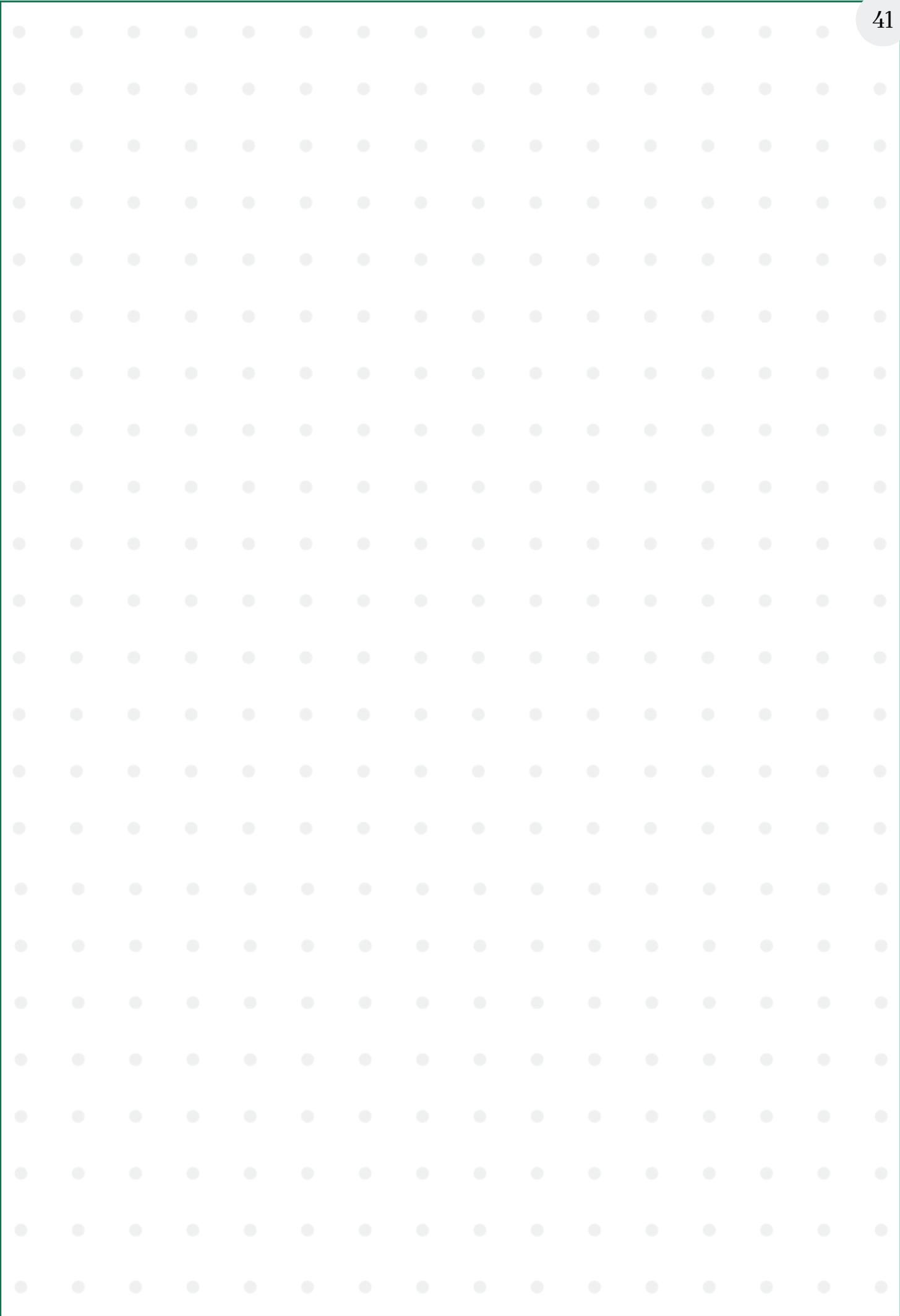
# ANEXO 1

## QUESTÃO 3 - ALTERNATIVA B

Selecione as figuras, recorte e cole para responder à questão 3 (letra B).



Fonte: Santos, 2023. Figura contendo uma molécula de DNA, um nucleossomo, proteínas de translocação dez-onze (TET), proteínas DNA metiltransferases (DNMT), grupos metil (Me) e grupos acetil (Ac).







## FICHA DE AVALIAÇÃO INDIVIDUAL

## QUIZ SOBRE EPIGENÉTICA

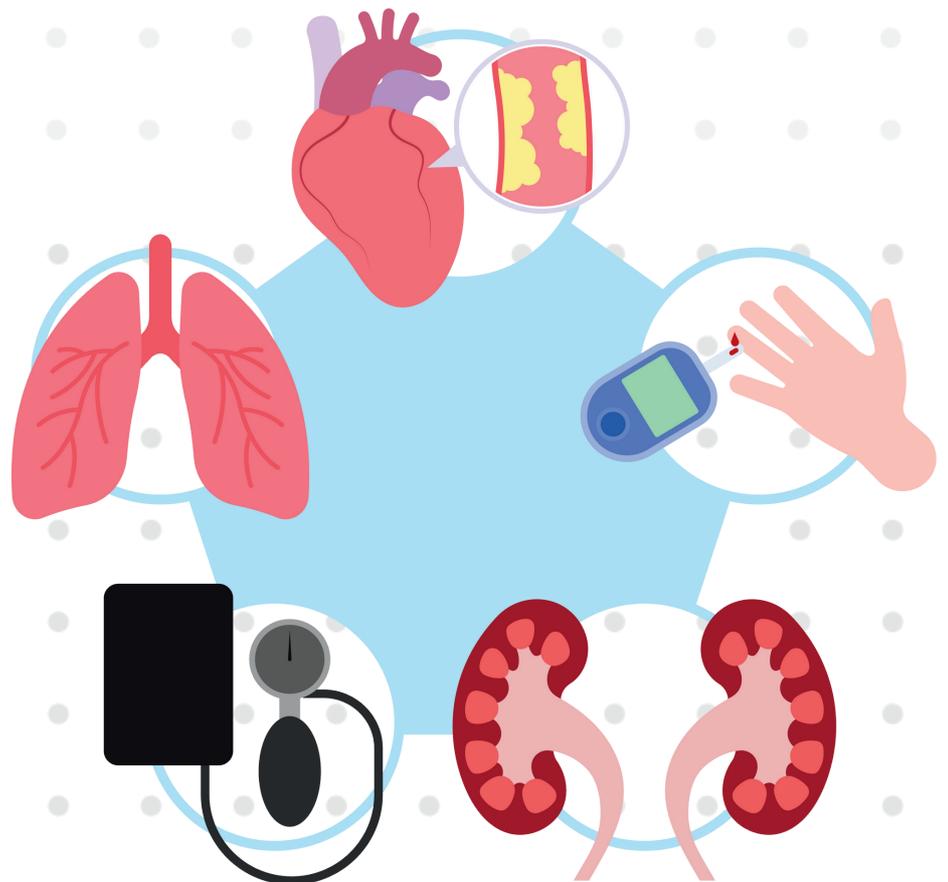
RESPONDA VERDADEIRO ( V ) ou FALSO ( F ):

1. (    ) A desacetilação de histonas é um processo que geralmente está associado à ativação da expressão gênica.
2. (    ) O *imprinting* genômico é um fenômeno epigenético no qual certos genes são expressos de maneira diferente, dependendo se foram herdados da mãe ou do pai.
3. (    ) Os mecanismos epigenéticos podem influenciar a expressão gênica alterando a sequência do DNA.
4. (    ) A metilação do DNA é um exemplo de um mecanismo epigenético que envolve a adição de grupos metila a bases específicas no DNA suprimindo a transcrição de determinados genes.
5. (    ) A epigenética refere-se apenas a mudanças genéticas hereditárias transmitidas de geração em geração.
6. (    ) As modificações epigenéticas são permanentes e não podem ser revertidas ao longo da vida de um organismo.
7. (    ) Fatores ambientais, como dieta e exposição a toxinas, podem influenciar as marcas epigenéticas.
8. (    ) Ilhas CpG referem-se a regiões do DNA onde ocorrem agrupamentos de citosina seguidos por guanina, desempenhando um papel importante nos processos de metilação e desmetilação.
9. (    ) A acetilação de histonas está associada a um aumento na compactação da cromatina, inibindo a expressão gênica.
10. (    ) As modificações epigenéticas, incluindo metilação do DNA e acetilação de histonas, desempenham um papel crucial no desenvolvimento e diferenciação celular.



## CAPÍTULO 3

# Epigenética e as Doenças Crônicas Não Transmissíveis



# EPIGENÉTICA E AS DOENÇAS CRÔNICAS NÃO TRANSMISSÍVEIS

## Temas

Mecanismos epigenéticos, saúde pública, Doenças Crônicas não Transmissíveis (DCNT), dieta, transgeracional.

## Objetivos

Compreender o papel dos mecanismos epigenéticos no desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis.

## Competências gerais da BNCC

1. Conhecimento; 2. Pensamento Científico, Crítico e Criativo; 7. Argumentação; e 8. Autoconhecimento e autocuidado.

## Eixos estruturantes

Investigação científica; Mediação e intervenção sociocultural.

## Competências específicas de CNT para o Ensino Médio

3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

## Habilidades

EM13CNT301; EM13CNT302; EM13CNT303; EM13CNT310.

## Duração

5 momentos em 4 aulas (60 min/a).

## Organização da turma

Grupos de 4 a 5 alunos.

## Materiais

Data show, material impresso, internet.

# SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA - EPIGENÉTICA E AS DOENÇAS CRÔNICAS NÃO TRANSMISSÍVEIS

## DETALHAMENTO PEDAGÓGICO (professor)

O tema epigenética e as doenças crônicas pode ser trabalhado nas turmas de 2ª e 3ª séries do ensino médio, desde que já tenham estudado a estrutura do DNA e expressão gênica. A seguir são apresentadas sugestões de como trabalhar essa sequência didática, mas fica a critério do planejamento do professor a distribuição das atividades e a quantidade de aulas para a sua execução.

### **Momento 1 (M1) - Situação problematizadora (5 min)**

Exiba a seguinte imagem sobre o papel da epigenética e em seguida peça para os alunos responderem em grupo à questão problematizadora.

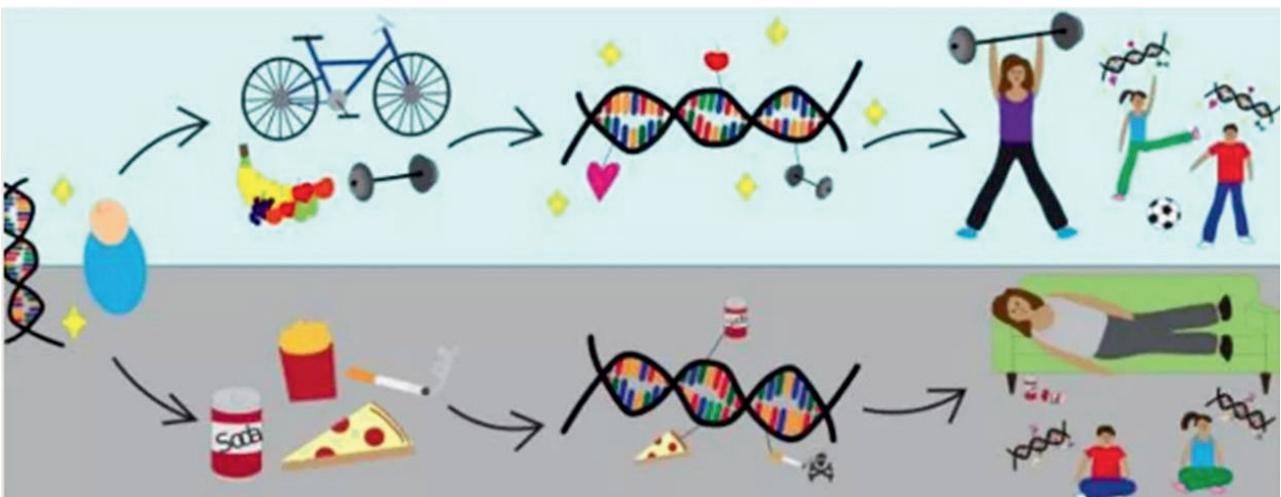


Imagem: <http://sitn.hms.harvard.edu>

## QUESTÃO PROBLEMATIZADORA

“Recebemos nossa informação genética dos nossos pais, mas a expressão desses genes, no que se refere ao desenvolvimento de doenças crônicas, é totalmente pré-determinada e irreversível? Justifique sua resposta.”



### **Momento 2 (M2) - Levantamento de hipóteses (10 min)**

A partir da imagem e da questão problematizadora, os alunos levantam hipóteses para explicar a relação entre Epigenética e as DCNT. Os estudantes podem registrar suas hipóteses no caderno, ou o professor pode disponibilizar o quadro de hipóteses impresso para os alunos fazerem seu registro.

Após 5min, os educandos são convidados a compartilhar suas hipóteses com a turma, e o professor mediador contribui fazendo conexões entre as hipóteses apresentadas.

### **Momento 3 (M3) - Investigando a Epigenética no desenvolvimento e comportamento (45 min)**

Organizados em grupos, os estudantes interpretam os dados apresentados na “Atividade sobre dieta materna e sua prole” e as “Questões Avaliativas” disponíveis no apêndice desta SEI para responder a respeito da influência do ambiente, da dieta materna e do cuidado parental no fenótipo da prole.

### **Momento 4 (M4) - Investigando a Epigenética nas DCNT (120 min)**

Para o desenvolvimento dessas duas aulas o professor mediador dividi o tempo para realizar três atividades:

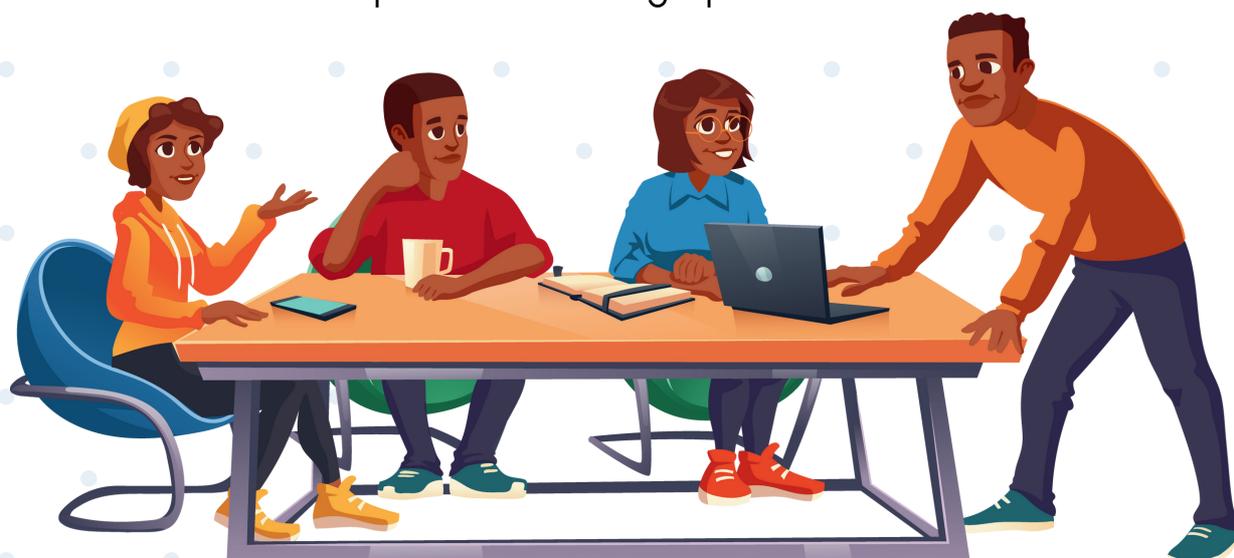
1. Desenvolvimento da atividade investigativa;
2. Discussão coletiva das respostas dos grupos;
3. Organização de um “Jornal da Epigenética nas Doenças Crônicas Não Transmissíveis” para o mural da escola.

Através do estudo de caso real da Fome Holandesa (Apêndice) e outros estudos presentes nos materiais bibliográficos sugeridos, os estudantes devem interpretar dados para construir explicações de como os fatores ambientais e genéticos influenciaram o surgimento de doenças nos indivíduos nas gerações seguintes, e qual o papel da epigenética nas DCNT intergeracionais e transgeracionais. Essas explicações devem ser registradas na “Atividade Investigando a Epigenética nas DCNT” e depois discutidas pelos grupos com a turma para que os alunos identifiquem claramente os conceitos-chave da temática.

No final da aula os grupos já formados selecionam temas sobre a epigenética nas DCNT para produzir materiais para o informativo do mural da escola. Cada grupo produz seu material em casa, e leva já pronto no encontro seguinte da SEI.

### **Momento 5 (M5) - Socialização e avaliação (60 min)**

No início da aula os alunos montam o informativo coletivo no mural da escola, e depois respondem ao questionário de avaliação da SEI. A avaliação dos educandos é realizada durante todos os momentos da SEI, através das atividades produzidas em grupo.





O professor pode verificar se os alunos gostariam de realizar uma Feira de Saúde na Escola, tanto para o público escolar como para a comunidade. Seriam desenvolvidas atividades de prevenção de DCNT e outras atividades voltadas para a educação da saúde da criança, da mulher e do homem.

Os professores das outras disciplinas seriam convidados para participar. Assim como educadores físicos, nutricionistas, psicólogos e outros profissionais de saúde. Os profissionais do programa Saúde na Escola também poderiam colaborar com a Feira.

Consulte o Guia de ações para o Programa Saúde na Escola relacionado às Doenças Crônicas Não Transmissíveis (Link abaixo) para ideias, e materiais para feira:

[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/saude/GUIACuidandodeTodosnaEscola\\_PS\\_E\\_docfinal\\_28\\_4\\_2022.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/saude/GUIACuidandodeTodosnaEscola_PS_E_docfinal_28_4_2022.pdf)



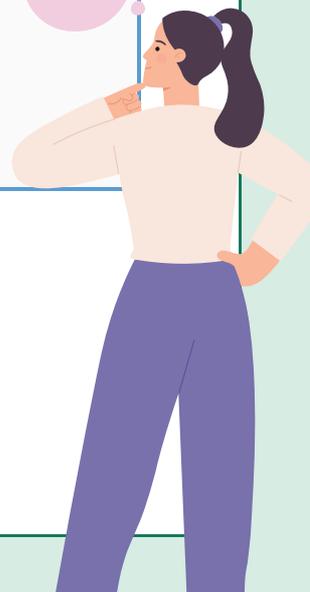
# MATERIAL PARA OS ALUNOS

## QUESTÃO PROBLEMATIZADORA

Recebemos nossa informação genética dos nossos pais, mas a expressão desses genes, no que se refere ao desenvolvimento de doenças crônicas, é totalmente pré-determinada e irreversível? Justifique sua resposta.



## HIPÓTESES INICIAIS (em grupo):

A large, empty rectangular box with a light blue border, intended for students to write their initial hypotheses. There are two small pink circles on the left and right sides of the box, resembling thought bubbles.

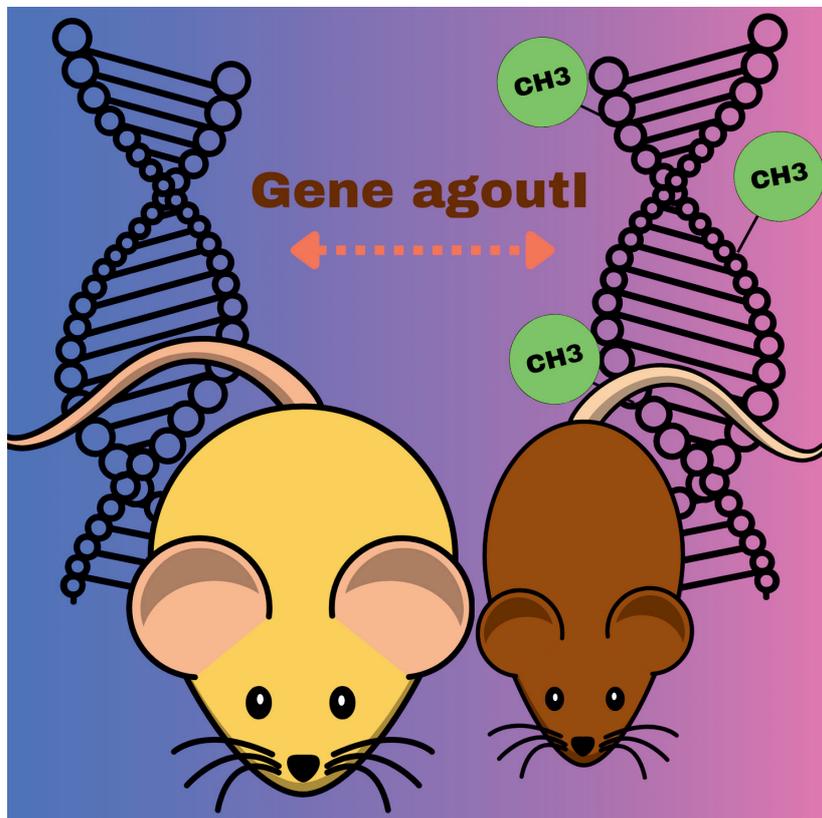
## DIETA MATERNA E SUA PROLE - (MOMENTO 3)

### ALIMENTAÇÃO E EPIGENOMA

Pesquisas com ratos agouti revisitaram questões sobre a transmissão de características adquiridas ao longo das gerações e o papel da epigenética nesse fenômeno. Embora esses roedores compartilhem o mesmo genótipo, eles exibem diferentes fenótipos, como a variação na cor do pelo.

Os cientistas observaram uma conexão entre a cor do pelo e a propensão à obesidade: ratos com pelagem clara tendiam a ser obesos, enquanto aqueles com pelagem escura eram saudáveis. Na imagem a seguir os ratos são geneticamente idênticos.

Imagem: O gene agouti. O gene está ativo no camundongo amarelo e inativo no camundongo marrom.



Fonte: Santos, 2023.

Quando fêmeas grávidas eram alimentadas com uma dieta rica em ácido fólico e vitamina B12, o número de ratos com pelagem escura e saudáveis aumentava significativamente. Este fenômeno ilustra uma interação entre a informação genética e o ambiente. Nesses estudos as fêmeas de ratos mutantes, que apresentavam deficiência na absorção de ácido fólico, geravam filhotes com malformações congênitas, e o mesmo ocorreu nas gerações subsequentes, as netas e bisnetas saudáveis, que captavam níveis normais de folato, ainda apresentavam defeitos e malformações. Isso sugere que a deficiência na captação de folato estava relacionada à criação de um novo padrão, que não estava ligado à sua constituição genética diretamente, esse padrão foi observado em quatro gerações sucessivas, mesmo na ausência do estímulo inicial.

O quadro a seguir foi construído a partir da reunião de dados de diferentes pesquisadores que estudam como os alimentos podem produzir efeitos epigenéticos. As moléculas resultantes da digestão dos alimentos podem alterar a expressão de genes, alguns alimentos aumentam a expressão, enquanto outros a diminuem.

Quadro: Dieta e efeitos epigenéticos.

<b>ALIMENTO</b>	<b>COMPOSTO NUTRICIONAL</b>	<b>EFEITO EPIGENÉTICO</b>
Produzido pela microbiota intestinal a partir da fermentação de fibras alimentares.	Butirato	Aumento da acetilação.
Gema do ovo, fígado de frango, levedura, salmão.	Colina	Doador de grupo metil para formação de metionina/SAM.

Feijão, vegetais verde escuro, fígado.	Folato	Síntese de metionina.
Grãos de soja e seus derivados.	Genisteína	Aumento da metilação.
Ovos, castanhas-do-pará, peixe.	Metionina	Síntese do grupamento S-adenosil metionina (SAM).
Uva (suco tinto)	Resveratrol	Remove grupos acetil das histonas.
Leite, ovos, carnes, atum.	Vitamina B12	Síntese de metionina.

Fonte: Santos, 2023.



Explore com seu grupo os seguintes materiais para desenvolver a atividade seguinte.



## DICA DE RECURSO DIGITAL

### MATERIAL OBRIGATÓRIO

Artigo da revista Genética na Escola sobre a alimentação e epigenética:

<https://www.geneticanaescola.com/revista/article/view/458/412>



Artigo da Revista Ciência Hoje sobre casos clássicos da epigenética:

<https://cienciahoje.org.br/artigo/epigenetica-heranca-alem-dos-genes/>.



### MATERIAL PARA APROFUNDAMENTO

Vídeo sobre os efeitos intergeracionais da dieta materna e cuidado parental:

<https://www.youtube.com/watch?v=Q8BMP6HDIco> .

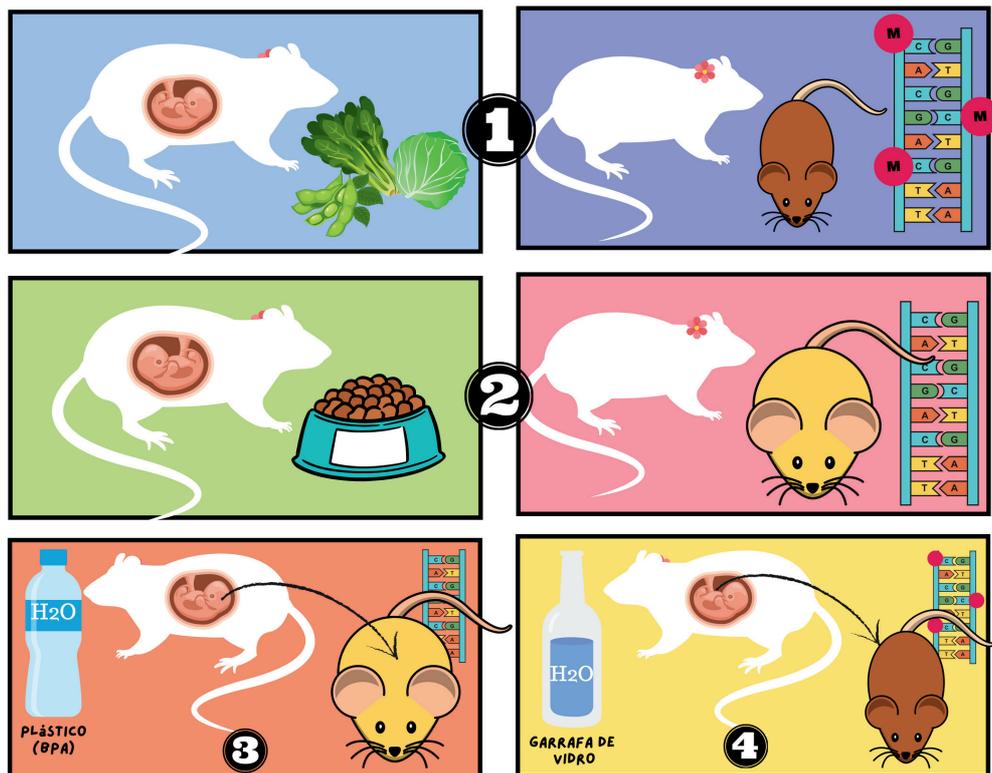


## QUESTÕES AVALIATIVAS

1. Como os alimentos a partir dos mecanismos epigenéticos podem alterar o fenótipo de um indivíduo?

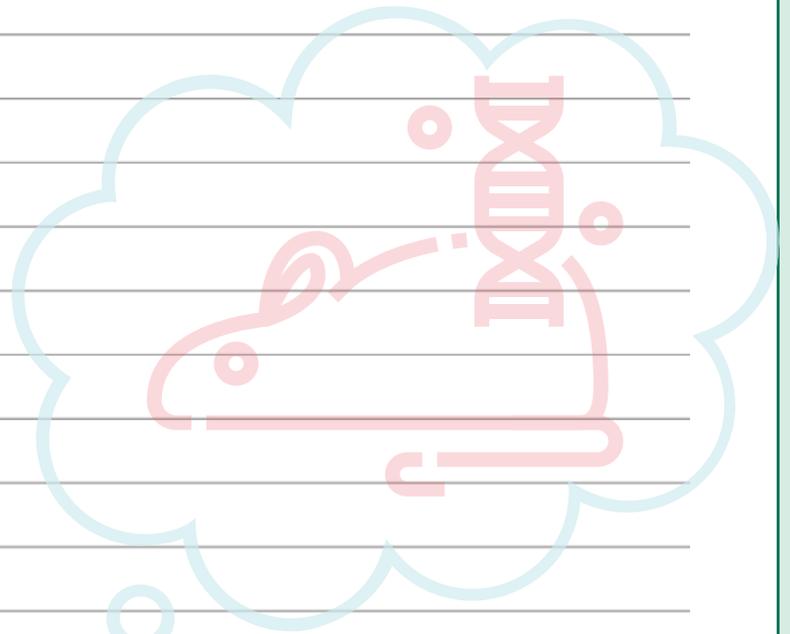
2. Como o ambiente no útero materno pode alterar epigeneticamente sua prole e influenciar a saúde desse indivíduo quando for adulto?

3. A exposição a substâncias tóxicas e até mesmo o estresse podem afetar o epigenoma. O Bisfenol A (BPA), por exemplo, é um composto presente em diversos tipos de plásticos utilizados em utensílios do cotidiano como garrafas, copos, mamadeiras e outros. Experimentos com animais expostos ao BPA apresentaram alterações epigenéticas em sua prole.



Fonte: Santos, 2023.

Interprete e descreva as interações representadas nos quadrinhos. Utilize em sua resposta observações relacionadas ao ambiente, mecanismos epigenéticos, fenótipo, e sequência de DNA.



## FOME HOLANDESA (Momento 4)

A Fome Holandesa ocorreu durante o final da Segunda Guerra Mundial, de novembro de 1944 a maio de 1945. Milhões de holandeses sob a ocupação da Alemanha nazista passaram fome extrema por meses devido ao bloqueio de suprimentos de comida pelas tropas alemãs. O inverno rigoroso e o bloqueio alemão, resultaram na baixíssima ingestão calórica, cerca de 400 calorias por dia. Os sobreviventes e descendentes dessa tragédia são pesquisados por vários grupos de cientistas que estudam como a falta de nutrientes afeta corpo de um indivíduo, em particular, indivíduos ainda em formação no útero da mãe.



Imagem: <https://www.hongerwinter.nl/portfolio-item/531/>

Um desses grupos de pesquisa é a Hunger Winter Research (Pesquisa sobre o Inverno da Fome) é um estudo realizado pelo Centro Acadêmico de Medicina (AMC) sobre a saúde de homens e mulheres nascidos na época do Inverno da Fome.

Roseboom e seus colegas coletaram, em arquivos históricos, registros médicos detalhados sobre mulheres que estavam grávidas durante o período de escassez e, desde então, estão analisando a saúde física e mental dos filhos dessas mulheres, hoje idosos.

Essas pessoas apresentam maior incidência de obesidade, de colesterol alto, de diabetes tipo 2 e de problemas cardiovasculares do que a população holandesa, em geral, "riscos que contribuem para menos bem-estar físico e mental e mais risco de mortalidade nesse grupo", aponta a pesquisadora. Um motivo provável é que essas pessoas tiveram seus corpos "programados" desde o útero para sobreviver com muito pouca comida. Ao longo do tempo, isso se converteu em um problema de saúde.

IDOETA, P. A. Como fome vivida no útero e na infância prejudica o corpo por décadas. BBC News Brasil, São Paulo, 13 de nov., 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-59158631>. Acessado em 28 de ago. 2023.

Explore com seu grupo os seguintes materiais para desenvolver as atividades.



## DICA DE RECURSO DIGITAL

### MATERIAL OBRIGATÓRIO

Revista Genética na Escola - Como a alimentação afeta a saúde e a epigenética

<https://www.geneticanaescola.com/revista/article/view/458/412>



Jornal USP - Doenças crônicas podem ter origem no desenvolvimento do feto

<https://jornal.usp.br/ciencias/doencas-cronicas-podem-ter-origem-no-desenvolvimento-do-feto/>



### MATERIAL PARA APROFUNDAMENTO

Vídeo - Como o estilo de vida afeta os genes (canal TED-Ed)

<https://www.youtube.com/watch?v=aAhcNjmvhc&t=298s>



Site - Explore a página do grupo de pesquisa Hunger Winter Research (Fome Holandesa)

<https://www.hongerwinter.nl/onderzoek/>



Artigo - Roij *et al.* (2021) - 25 anos de estudos da Fome Holandesa

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09603123.2021.1888894>



### ATIVIDADE INVESTIGANDO A EPIGENÉTICA NAS DCNT (Momento 4)

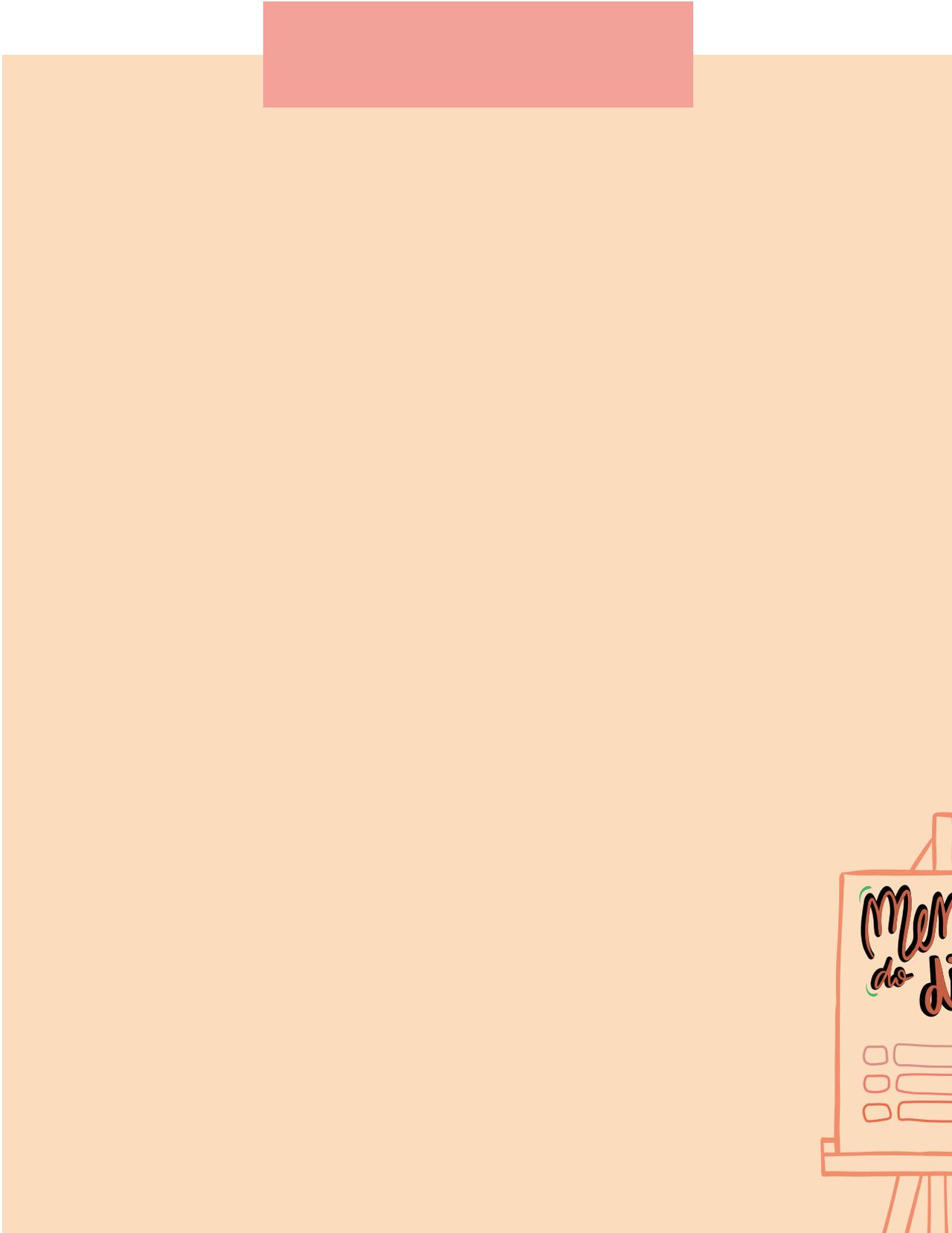
1. A epigenética é um dos fatores para as DCNT como obesidade, diabete, doenças cardíacas e hipertensão. Como estudos sobre esse tema pode melhorar as iniciativas da saúde pública no combate a essas doenças?

3. As Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) têm origem multifatorial e muitos mecanismos epigenéticos têm sido apontados como um desses fatores. Pesquise e construa uma tabela apontando as DCNT e os mecanismos epigenéticos envolvidos. Siga o modelo e construa sua própria tabela:

DCNT	CAUSAS	MECANISMO EPIGENÉTICO	GENE

4. Estudamos epigenética e vimos que o epigenoma interage com o DNA e altera como alguns genes são expressos, e algumas marcas epigenéticas podem levar a problemas de saúde no indivíduo e nas próximas gerações. Sendo assim, poderíamos dizer existe um destino epigenético? Justifique.

5. Para uma boa qualidade de vida muitos fatores precisam ser levados em consideração, a alimentação é um deles. Pensando nisso, monte um cardápio saudável contendo as refeições para um dia, com sugestões de alimentos típicos da cultura nordestina.



# CAPÍTULO 4

## Retomada do conteúdo



# CAPÍTULO DE REVISÃO

Este capítulo é dedicado à revisão dos estudos sobre doenças crônicas não transmissíveis, epigenética e o papel da epigenética nas DCNT. Criado para que os estudantes revisitem os conceitos fundamentais que permeiam a interseção entre genética, ambiente e saúde. Apresenta atividades de revisão para testar e aprofundar seus conhecimentos sobre o epigenoma e a saúde humana, desafiando os alunos a aplicarem seu aprendizado em exercícios práticos e reflexivos para fortalecer e consolidar seu domínio sobre o papel da epigenética nas doenças crônicas não transmissíveis.



## TÓPICO I - DCNT

### HÁBITOS DE JOVENS ENTRE 18 E 24 ANOS AUMENTAM O RISCO DE DOENÇAS CRÔNICAS, DIZ PESQUISA NACIONAL

Lucas Rocha, 2023.



Pesquisa investigou a magnitude do impacto dos principais fatores de risco para doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) na população. Imagem: Alys Tomlinson.

Um amplo levantamento, visando mapear a saúde da população brasileira, apresenta dados de alerta, principalmente para a população jovem, com idades de 18 a 24 anos. [...]

A população de 18 a 24 anos está entre a que menos consome frutas de maneira regular. Apenas 33,5% das pessoas nessa faixa etária incluem esses alimentos na dieta cinco vezes ou mais na semana. Os jovens também são os que comem menos verduras e legumes, com 39,2% se alimentando com os itens na frequência recomendada.

Já o consumo de refrigerante ou sucos artificiais, considerado um

marcador de alimentação não saudável, também se destaca nessa faixa etária, sendo a com maior prevalência entre todas as faixas, com 24,3% das pessoas consumindo frequentemente (cinco vezes ou mais na semana).

No quesito atividade física, apenas 36,9% dos jovens dessa faixa etária praticam os 150 minutos semanais recomendados pela OMS. Em contrapartida, eles lideram em tempo de tela, com 76,1% utilizando dispositivos como celulares, tablets ou televisão três horas ou mais por dia para lazer, ou seja, para além do tempo gasto trabalhando ou estudando online, por exemplo.

O sono também é comprometido, com apenas cerca da metade dos jovens (54,2%) dormindo a quantidade de horas recomendadas para a idade (7 a 9 horas por dia, conforme a National Sleep Foundation).

A falta de sono pode impactar alguns quadros crônicos, segundo os especialistas do Covitel. Os efeitos tendem a se agravar ao longo dos anos, mas já dão sinais de alerta.

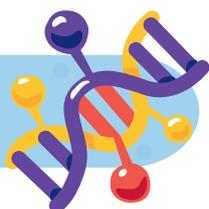
Conforme o inquérito, 8,2% dos jovens de 18 a 24 anos já tiveram diagnóstico médico de hipertensão arterial, o que equivale a cerca de 1,4 milhão de pessoas. Os índices de depressão também chamam atenção, com 14,1% da população nessa faixa etária já tendo recebido diagnóstico médico para a condição.

“Entender o comportamento da população brasileira quanto aos fatores de risco para as doenças crônicas não transmissíveis, sendo a maior causa de morte no mundo, é fundamental para orientar as prioridades, o planejamento e ações relacionadas às políticas públicas de saúde”, diz Pedro de Paula, diretor-executivo da Vital Strategies.

O questionário do Covitel 2023 trouxe perguntas sobre percepção geral de saúde, prática de atividade física, hábitos alimentares, saúde mental e prevalência de hipertensão arterial e diabetes, além de consumo de álcool e de tabaco. Os entrevistados também forneciam informações sobre sexo, faixa etária, raça ou cor e escolaridade [...].

ROCHA, L. Hábitos de jovens entre 18 e 24 anos aumentam risco de doenças, diz pesquisa nacional. CNN Brasil. São Paulo, 2023. Disponível em: Acesso em 05. Dez. 2023.

## REVISÃO



As doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) são um problema de saúde pública no Brasil. Devido à sua alta incidência o Ministério da Saúde faz o acompanhamento e intervenções através do Plano de Ações Estratégicas para o Enfrentamento das doenças crônicas e agravos não transmissíveis no Brasil (DANT), que se apresenta como diretriz para a prevenção dos fatores de risco e para a promoção da saúde da população.

Discuta com os alunos a respeito dos dados apresentados na reportagem completa feita pela CNN Brasil. Depois forme pequenos grupos de estudantes (4 ou 5 alunos por grupo) para produzirem um glossário sobre as DCNT (digital ou com cartolina).

Para a elaboração do glossário, os estudantes devem realizar pesquisas sobre essas doenças e elaborar sínteses, o que contribuirá para uma compreensão mais aprofundada do tema. Além disso, o glossário pode servir como uma ferramenta valiosa, proporcionando informações acessíveis sobre doenças crônicas não transmissíveis de maneira clara e precisa, tanto para os estudantes quanto para a comunidade em geral.



# TÓPICO II - CONCEITOS BÁSICOS DE EPIGENÉTICA

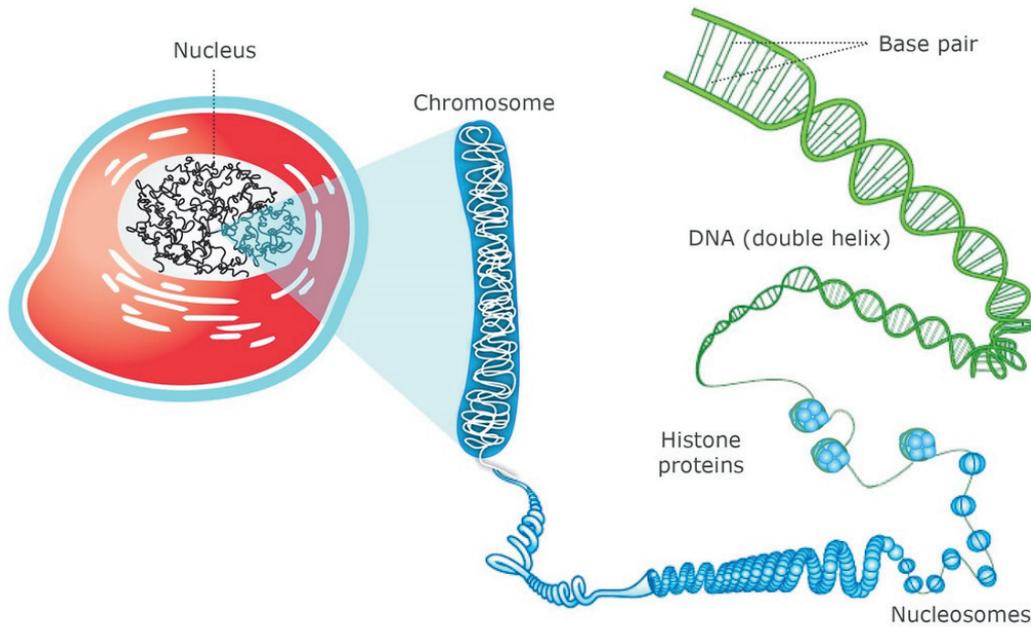
## EPIGENÉTICA, COMO FUNCIONA? MECANISMOS MOLECULARES

O mecanismo de funcionamento da epigenética é fascinante. Esticado de ponta a ponta, nosso DNA tem cerca de 2 metros de comprimento e está inserido em praticamente todas as células do nosso corpo. Tem o formato de uma longa escada, torcida como uma escada em espiral e depois enrolada em proteínas (histonas) como um barbante em torno de carretéis (veja o diagrama na próxima página). Esses invólucros (nucleossomos) são então condensados em cromossomos. Pense no nosso DNA como um conjunto de enciclopédias onde cada cromossomo é um de seus volumes. Se quiser “ler” alguma das instruções contidas em um desses volumes, você precisa “desdobrar” o DNA.

Nem todo o DNA pode ser desenrolado ao mesmo tempo, portanto apenas partes das instruções podem ser acessadas ao mesmo tempo. Apenas 2-3% do nosso DNA é composto de genes. Os genes são as instruções para produzir proteínas (chamadas de expressão genética) que fazem nosso corpo funcionar.

Os 97% restantes do nosso DNA eram anteriormente considerados “DNA lixo” sem função conhecida, embora pelo Projeto Enciclopédia de Elementos de DNA (ENCODE) descobriam em 2012 que pelo menos 80% do nosso genoma está ativo em algum momento de nossas vidas e está provavelmente envolvido na regulação da atividade genética.

## Imagem: DNA, chromosomes and cells – Science Learning Hub



© The University of Waikato Te Whare Wānanga o Waikato | [www.sciencelearn.org.nz](http://www.sciencelearn.org.nz)

Fonte da imagem: <https://www.sciencelearn.org.nz/images/198-dna-chromosomes-and-cells>

A epigenética funciona “marcando” ou fazendo alterações de pontuação em nosso DNA. Dois dos mecanismos mais conhecidos são:

**Acetilação de histonas** - O DNA é enrolado em carretéis químicos chamados histonas. Isso economiza espaço na célula, mas o DNA bem embrulhado não pode ser lido. Os gatilhos químicos podem anexar um “grupo acetil” a uma parte externa do núcleo do carretel que faz com que o núcleo abra o DNA e o torne disponível para leitura. A acetilação de histonas refere-se a mais acesso ao gene. A desacetilação das histonas remove o grupo acetil e fecha o DNA, diminuindo assim o acesso ao gene.

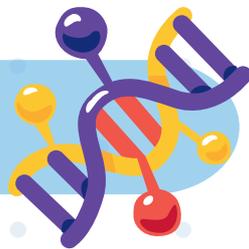
**Metilação do DNA** - Em outros casos, um grupo metil pode ser adicionado ao DNA para “marcá-lo”. Com a adição de vários grupos metil, a maquinaria não consegue acessar o DNA para lê-lo e o gene resultante não é expresso, agindo como um produto químico para “pular esta parte”. As etiquetas metílicas podem ser adicionadas ou removidas ao longo da vida útil por vários fatores ambientais.

Nota: A investigação científica encontra constantemente novos mecanismos epigenéticos. Por exemplo, as histonas podem ser metiladas ou acetiladas em diferentes loci para diferentes funções. Descobriu-se que o RNA também é metilável. Mas, o pensamento geral é o mesmo. A epigenética trata de aumentar ou diminuir a atividade genética, ligar ou desligar.

Pesquisa sobre epigenética do Programa de Educação e Pesquisa da Oregon Health & Science University. Disponível: <https://www.letsgethealthy.org/about-the-research/station-descriptions/epigenetics/> Acesso em 10 de nov. 2023.



## REVISÃO



A partir do tema apresentado no texto, realize pesquisas adicionais e responda às questões a seguir.

1. O que são marcas epigenéticas?
2. Em qual tipo de sequência de DNA é comum encontrar a metilação do DNA? Como a metilação do DNA reprime a transcrição?
3. Explique resumidamente como os padrões de metilação do DNA são transmitidos pela divisão celular.

4. Quais são os tipos de modificações de histona responsáveis pelos fenótipos epigenéticos?

5. Como um gene epigeneticamente silenciado difere de um gene mutante (um alelo nulo do mesmo gene)?

6. Estudos com gêmeos idênticos ajudam a compreender melhor a natureza das características herdadas. Que evidências sugerem que as diferenças nos gêmeos monozigóticos podem ser causadas por efeitos epigenéticos?

7. (Enem/2020 - Digital) Fenômenos epigenéticos levam a modificações do DNA e das histonas, que influenciam o remodelamento da cromatina e, conseqüentemente, a disponibilização ou não de genes para a transcrição. ARRUDA, I. T. S. Epigenética. *Genética na Escola*, n. 1, 2015 (adaptado).

Esses fenômenos atuam na:

- a) regulação da expressão gênica.
- b) alteração nas sequências de bases.
- c) correção de mutações em determinados genes.
- d) associação dos ribossomos ao RNA mensageiro.
- e) alteração nas sequências dos aminoácidos das histonas.

8. (ENEM, 2011) Em 1999, a geneticista Emma Whitelaw desenvolveu um experimento no qual ratas prenhas foram submetidas a uma dieta rica em vitamina B12, ácido fólico e soja. Os filhotes dessas ratas, apesar de possuírem o gene para obesidade, não expressaram essa doença na fase adulta. A autora concluiu que a alimentação da mãe, durante a gestação, silenciou o gene da obesidade. Dez anos depois, as geneticistas Eva Jablonka e Gal Raz listaram 100 casos comprovados de traços adquiridos e transmitidos entre gerações de organismos, sustentando, assim, a epigenética, que estuda as mudanças na atividade dos genes que não envolvem alterações na sequência do DNA. A reabilitação do herege. Época, nº 610, 2010 (adaptado).

Alguns cânceres esporádicos representam exemplos de alteração epigenética, pois são ocasionados por:

- a) aneuploidia do cromossomo sexual X.
- b) poliploidia dos cromossomos autossomos.
- c) Mutação em genes autossômicos com expressão dominante.
- d) Substituição no gene da cadeia beta da hemoglobina.
- e) Inativação de genes por meio de modificações nas bases nitrogenadas.

9. (FGV, 2010) Com relação à herança epigenética, considere as afirmativas a seguir.

- I. É uma alteração herdada na função gênica relacionada a variações na sequência de bases do DNA.
- II. É uma alteração herdada na função gênica que pode estar relacionada ao padrão de metilação do DNA.
- III. A inativação do cromossomo X em mamíferos é um exemplo de herança epigenética.
- IV. O *imprinting* genômico ou *imprinting* parental é um exemplo de herança epigenética.

Assinale:

- a) se somente as afirmativas I e III estiverem corretas.
- b) se somente as afirmativas II, III e IV estiverem corretas.
- c) se somente a afirmativa I estiver correta.
- d) se somente a afirmativa II estiver correta.
- e) se somente a afirmativa III estiver correta.

10. (USS, 2023) A epigenética envolve o estudo de mudanças reversíveis e herdáveis no genoma funcional que não alteram a sequência de nucleotídeos do DNA. Metilação em bases nitrogenadas específicas, modificações na afinidade de proteínas histonas pelo DNA e silenciamento gênico pela ação de RNA não codificadores são os três principais mecanismos de alterações epigenéticas. O processo celular alterado pela ação desses três mecanismos epigenéticos é:

- a) modificação da estrutura primária das histonas.
- b) acoplamento das subunidades do ribossomo.
- c) regulação da expressão gênica.
- d) correção de mutações.

## TÓPICO III - IMPACTOS DA EPIGENÉTICA NAS DCNT

### DOENÇAS CRÔNICAS PODEM TER ORIGEM NO DESENVOLVIMENTO DO FETO

Angela Trabbold, 2019.

Outras enfermidades da vida adulta podem estar conectadas as condições enfrentadas pelo feto durante a gestação

O risco de desenvolvimento de doenças crônicas é um reflexo de fenômenos que acontecem durante toda a vida de uma pessoa. Obviamente, o risco aumenta com a idade. Mas, ao contrário do que se poderia imaginar, no momento do nascimento, esse risco não é igual a zero. Isso porque o organismo do recém-nascido pode carregar uma programação metabólica que já o predispõe, quando adulto, a desenvolver determinados tipos de enfermidades. Quem explica é Thomas Ong, do Centro de Pesquisa em Alimentos (FoRC - Food Research Center), professor da Faculdade de Ciências Farmacêuticas (FCF) da USP. [...]

#### **Nutrientes demais**

Hoje o mundo atravessa uma transição nutricional, e mais de 30% da população está obesa.

“A ironia foi que percebemos que o excesso nutricional na origem da vida também resulta nas mesmas doenças: obesidade, diabetes, cardiovasculares... O excesso de nutrientes no início da vida também cobra seu preço, mesmo que a pessoa tenha uma dieta normal para o resto da vida.”

Seja como for, lembra Ong, os fenômenos epigenéticos são reversíveis

Imagem: USP imagens



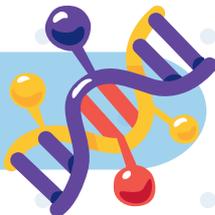
Foto: Lorrie Graham/Wikimedia Commons

e enquanto os cientistas tentam responder se, por meio de intervenções alimentares, conseguirão modular os fenômenos epigenéticos e minimizar os riscos de doenças induzidas por eles nos adultos, o conselho de fundo não muda: ter uma dieta equilibrada e saudável, fazer exercícios regularmente, beber pouco e não fumar. Mais do que garantir bem-estar, essas atitudes prometem uma herança mais interessante para os pimpolhos.

TRABBOLD, A. Doenças crônicas podem ter origem no desenvolvimento do feto. Jornal USP. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/doencas-cronicas-podem-ter-origem-no-desenvolvimento-do-feto/>. Acessado em 15 de set. 2023.



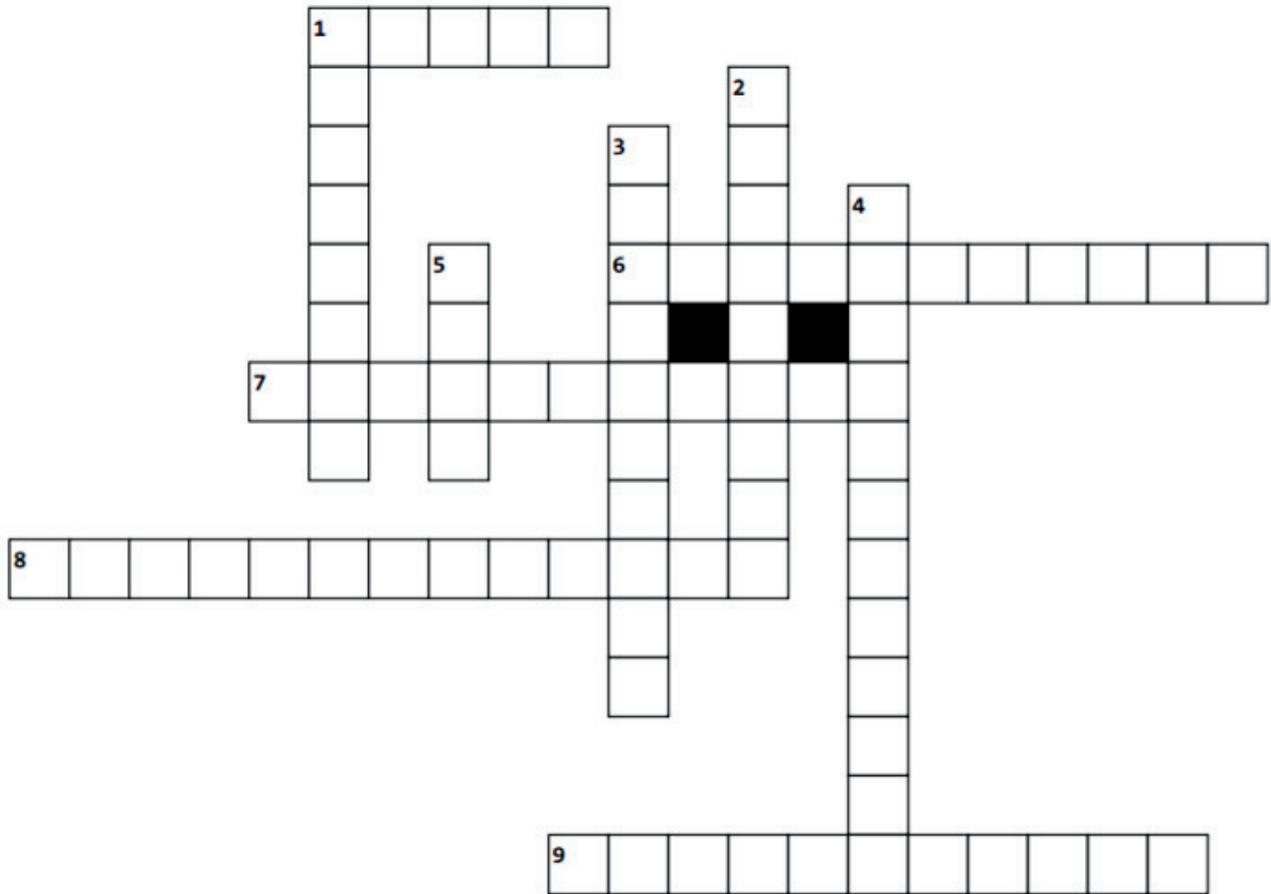
## REVISÃO



Várias são as evidências científicas que demonstram a participação dos mecanismos epigenéticos no desenvolvimento de diversas doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). Sobre os efeitos da epigenética nas DCNT analise as afirmativas a seguir para responder à palavra cruzada:

# PALAVRA-CRUZADA: EPIGENÉTICA E DCNT

Nome: \_\_\_\_\_



Fonte: Santos, 2023. A palavra-cruzada foi produzida com o uso do site Crossword labs. Disponível em: <https://crosswordlabs.com/view/epigenetica-e-dcnt>. Acessado em 28 de nov. 2023.

1. Origem de grupos metil para serem acrescentados na metilação.
1. Distúrbio associado à resistência à insulina e níveis elevados de glicose.
2. Mecanismo associado ao silenciamento gênico.
3. Mecanismo epigenético associado à ativação gênica, envolvendo a adição de grupos específicos.
4. Fator de risco comportamental para doenças crônicas não transmissíveis.
5. Enzima responsável por marcar epigeneticamente o DNA.
6. Estudo das alterações na expressão gênica sem alteração da sequência do DNA, contribuindo para DCNT.
7. Enzima responsável pela remoção de grupos metil.
8. Ocorre durante o desenvolvimento embrionário e molda o destino das células.
9. Nome da estrutura formada pela interação do DNA com as histonas.

# ATIVIDADE FATO OU FAKE



Fonte: Santos, 2023.

## **Público:**

1ª, 2ª, 3ª série do ensino médio – Atividade em grupo (4 grupos).

## **Objetivos**

- Analisar informações veiculadas na internet sobre doenças crônicas e epigenética;
- Discutir as consequências causadas por notícias falsas sobre a saúde.

## **Materiais**

- Cartões Fato ou Fake impressos com notícias veiculadas na internet.
- Caneta para preencher os cartões.
- Pincel e quadro branco.

## **Procedimentos**

- Cada grupo recebe dois cartões de notícias, entregues aleatoriamente, para serem lidas e analisadas;
- O grupo precisa classificar as notícias como sendo FATO ou FAKE e registrar sua resposta no cartão (resposta do grupo);
- Estabeleça um tempo, e quando todos os grupos terminarem comece as apresentações;
- O primeiro grupo ler a primeira notícia, indica a classificação e comenta o motivo que levou o grupo a classificar a notícia como sendo falsa ou verdadeira;

- O professor registra no quadro a notícia e a classificação do grupo, em seguida pergunta qual grupo também recebeu a mesma notícia, qual foi a classificação do grupo e, porque classificaram como fato ou fake. Registra no quadro a resposta do segundo grupo e abre a discussão para a turma toda;
- Através das discussões, com a mediação do professor, é por fim revelado pelo professor o gabarito para aquela notícia.
- Repete os mesmos procedimentos anteriores para a segunda notícia. Depois será a vez de outro grupo apresentar as notícias que ainda não foram discutidas até terminar a análise de todas as notícias.

### **Discussão**

Depois que todos os grupos concluírem, pergunte aos alunos se eles costumam verificar as notícias que recebem antes de compartilhá-las, e quais são as consequências do compartilhamento de notícias falsas sobre saúde.

## CARTÕES FATO ou FAKE



**FATO**



**FAKE**



### ADESIVO PARA A PELE É CAPAZ DE CURAR O DIABETE

O adesivo possui compostos naturais, que ao serem absorvidos pela pele estabiliza definitivamente os quadros de diabetes tipo 1 e tipo 2 controlando os níveis de açúcar no sangue, combate a má circulação sanguínea e melhora a função pancreática. Basta trocar diariamente o adesivo, que deve ser colocado no umbigo, com resultados em cinco semanas de uso.

Notícia: <https://shopee.com.br/6-Adesivos-Diabetes-Emplastro-Control-Glicemia-Glicose-Elevada-i.291917869.6784765742>



**FATO**



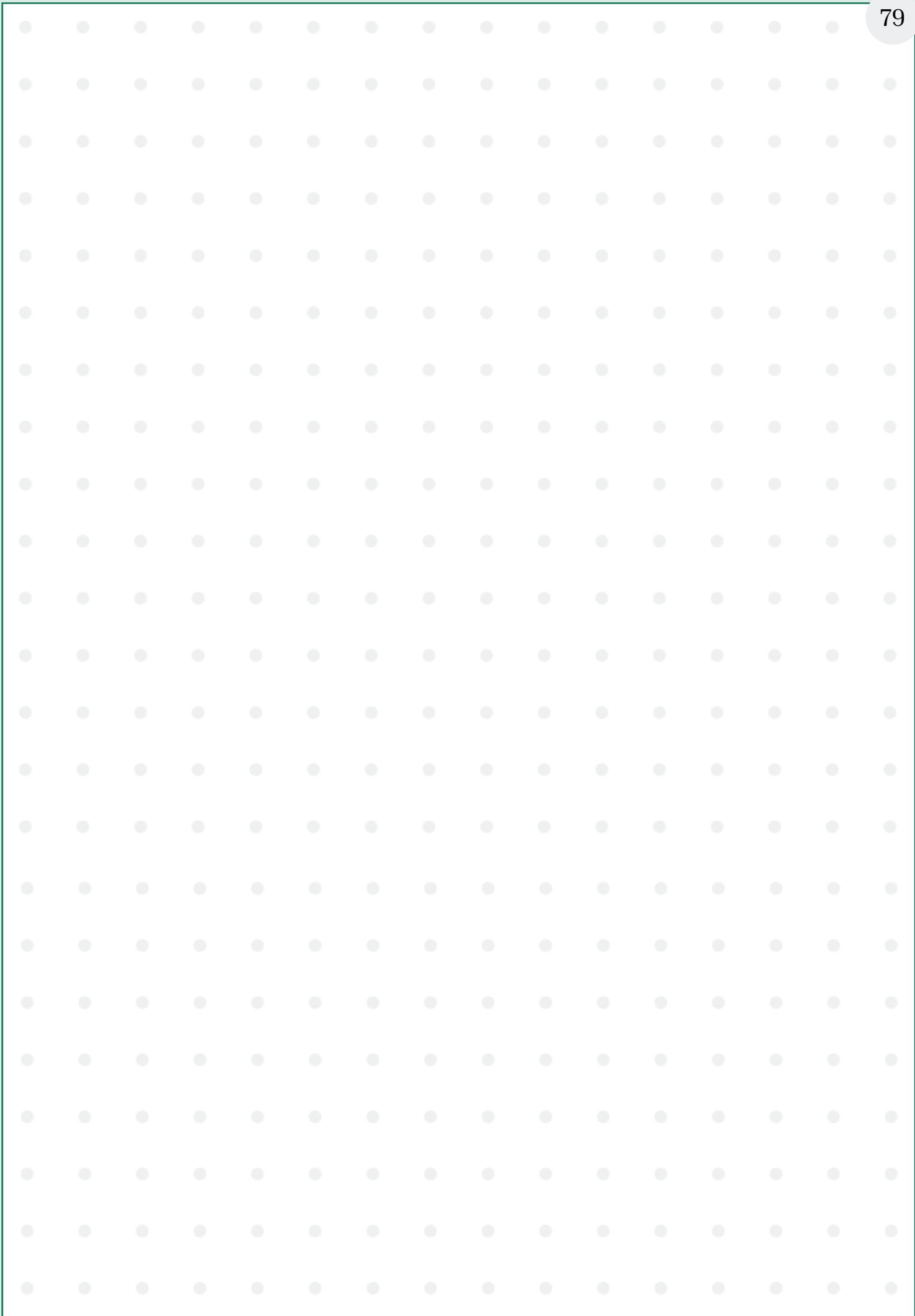
**FAKE**



### VACINA DA DENGUE CAUSA CÂNCER

Em um vídeo, o médico Drauzio Varella afirma que a vacina contra a dengue é prejudicial à saúde: "A vacina da dengue é transgênica, causa câncer", "Veneno OGM: organismo geneticamente modificado". O médico finaliza dizendo que "A vacina Qdenga é transgênica. Cuidado, perigo!".

Notícia: @eledesperto



## CARTÕES FATO ou FAKE



### ALIMENTAÇÃO É CAPAZ DE ZERAR A GENÉTICA DE DOENÇAS

Em entrevista concedida à TV Record, a coach fitness Maíra Cardi fala sobre a modulação epigenética que ela e o marido, Arthur Aguiar, fizeram antes dela engravidar “é quando você e seu marido mudam a alimentação antes da gravidez para zerar a genética de doenças” explica Maíra.

**FATO**

**FAKE**

Notícia:

<https://fivecasting.com.br/elementor-13434/>



### ALIMENTAÇÃO INFLUENCIA A EXPRESSÃO DOS GENES

A alimentação e o estilo de vida das pessoas podem influenciar a expressão dos genes por meio de mecanismos capazes de influenciar como uma característica determinada pelo DNA é expressa.

**FATO**

**FAKE**

Notícia:

<https://www.geneticanaescola.com/revista/article/view/458/412>



# PRÁTICA

## MONTAGEM DA MOLÉCULA 3D DO DNA

Fonte: ALVES, W. S.; SANTOS, F. S. P., 2023.

### **Público:**

1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> série do ensino médio - Atividade em grupo.



### **Objetivos**

- Compreender as estruturas primária e secundária da molécula de DNA;
- Revisar conceitos sobre a estrutura química da molécula dupla hélice do DNA;
- Reconhecer as bases nitrogenadas de natureza e conformação distintas e sua complementariedade;

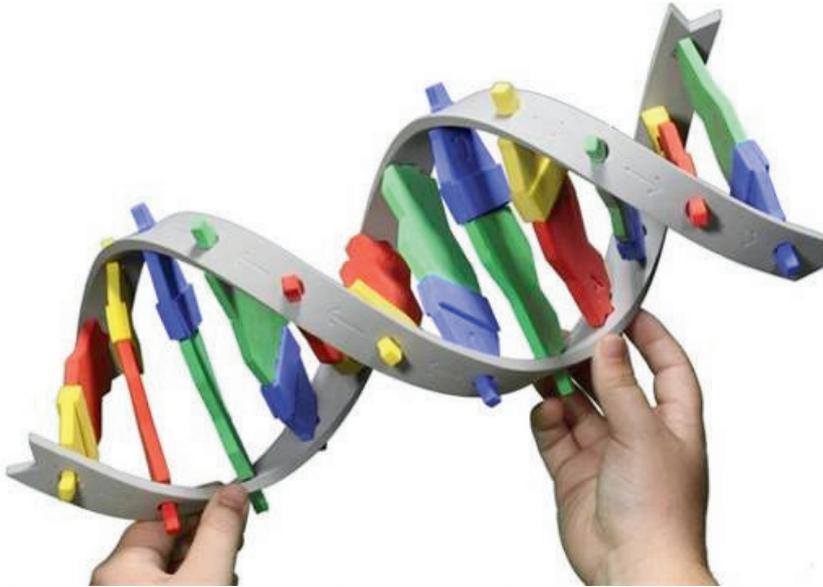
### **Materiais**

- 4 folhas de EVA de cores diferentes.
- 1 folha de EVA cinza.
- Pincel preto.
- Cola para isopor (ou bastão de cola quente).
- Tesoura sem ponta.

### **Procedimentos**

Corte duas tiras de EVA cinza (3,5 cm de largura por 50 cm de comprimento cada) para representar as fitas laterais do DNA. Identifique os sentidos 5' e 3' nas fitas antiparalelas com o pincel preto. Monte as bases nitrogenadas utilizando as outras cores de EVA (4 trincas de bases), respeitando a complementariedade (identifique as bases). Faça pequenos furos nas fitas laterais de cor cinza para encaixar as bases nitrogenadas e para aumentar a fixação use a cola de isopor ou cola quente.

## Imagem do modelo de inspiração



Fonte: <https://3dmoleculardesigns.com/product/dna-starter-kit/>

### **Discussão**

Analisando o modelo didático produzido por seu grupo, responda as seguintes questões:

1. A estrutura primária do DNA consiste em uma cadeia de nucleotídeos. Qual é a constituição molecular de um nucleotídeo?
2. As fitas laterais do DNA (EVA cinza) são compostas por quais moléculas? Qual é o tipo de ligação que une essas moléculas?
3. Identifique as bases nitrogenadas em púricas e pirimídicas, e indique qual tipo de ligação acontece entre essas bases.
4. Conforme a orientação da fita e com a sequência de bases que seu grupo construiu no modelo, determine qual será a banda codificante e qual será a complementar e escreva a sequência do RNA mensageiro formado.

*Com a mediação do professor, compartilhe suas respostas com a turma!*

# PRÁTICA

## SÍNTESE DE PROTEÍNAS

### Público:

1ª, 2ª, e 3ª série do ensino médio - Atividade em grupo (5 grupos).

### Objetivos

- Identificar as diferenças entre DNA e RNA;
- Compreender os processos de transcrição e tradução;
- Relacionar a importâncias desses processos na expressão dos fenótipos.



### Materiais

- Tabela do código genético (uma por grupo)
- Cartões coloridos para representar o DNA e o RNA (5 cartões de cada).
- 5 cartões para as sequências de aminoácidos (um por grupo).
- Figuras para representar os aminoácidos.
- 20 cartões de tRNA (podem ser compartilhados entre os grupos).
- Caneta ou pincel para preencher os cartões.

### Procedimentos

- Transcrição: cada grupo recebe um cartão de DNA para ser transcrito em mRNA; e um cartão para registrar o mRNA maduro.
- Tradução: cada grupo recebe um cartão para registrar a sequência de aminoácidos.

O conjunto de cartões com 20 tRNA é opcional, mas possuem importância representativa, cada grupo espera a sua vez de usar. A cada emparelhamento do códon ao anticódon, deve ser adicionado o aminoácido correspondente na sequência (colar a figura correspondente no cartão da sequência de aminoácidos).

### Discussão

Depois que todos os grupos concluírem, discuta com a turma a importância dos processos de transcrição e tradução para a expressão gênica.

## FIGURAS PARA A PRÁTICA DE SÍNTESE PROTEICA

TABELA DO CÓDIGO GENÉTICO (fazer uma cópia para cada grupo)

	U	C	A	G				
U	UUU } Phe UUC } UUA } Leu UUG }	UCU } Ser UCC } UCA } UCG }	UAU } Tyr UAC } UAA } STOP UAG } STOP	UGU } Cys UGC } UGA } STOP UGG } Trp	U	C	A	G
C	CUU } Leu CUC } CUA } CUG }	CCU } Pro CCC } CCA } CCG }	CAU } His CAC } CAA } Gln CAG }	CGU } Arg CGC } CGA } CGG }	U	C	A	G
A	AUU } Ile AUC } AUA } AUG } Met	ACU } Thr ACC } ACA } ACG }	AAU } Asn AAC } AAA } Lys AAG }	AGU } Ser AGC } AGA } Arg AGG }	U	C	A	G
G	GUU } Val GUC } GUA } GUG }	GCU } Ala GCC } GCA } GCG }	GAU } Asp GAC } GAA } Glu GAG }	GGU } Gly GGC } GGA } GGG }	U	C	A	G

### LEGENDA:

Phe - Fenilalanina

Leu - Leucina

Ile - Isoleucina

Val - Valina

Met - Metionina

(códon de início)

Ser - Serina

Pro - Prolina

Thr - Treonina

Ala - Alanina

Tyr - Tirosina

His - Histidina

Gln - Glutamina

Asn - Asparagina

Lys - Lisina

Asp - Aspartato

Glu - Glutamato

Cys - Cisteína

Trp - Triptofano

Arg - Arginina

Gly - Glicina

Stop - códon de parada

## FIGURAS PARA A PRÁTICA DE SÍNTESE PROTEICA

## CARTÕES DE DNA

DNA 1

T A C T C C G A G A T T

DNA 2

T C T A C A A G A C T T

DNA 3

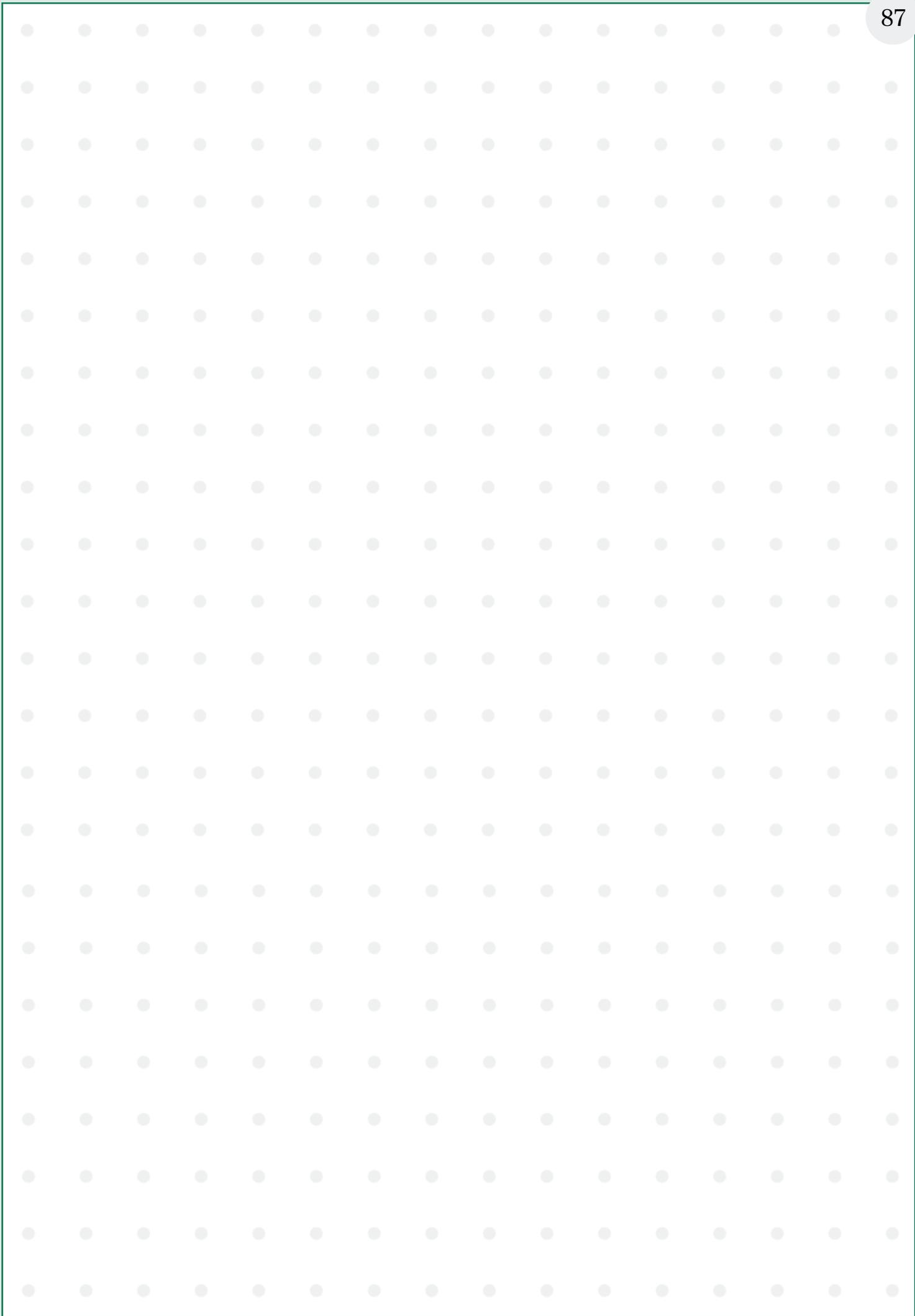
G T A C T G C G T A C T

DNA 4

T A C A T G G G A C T C

DNA 5

C G T A C G T G T T C G



## FIGURAS PARA A PRÁTICA DE SÍNTESE PROTEICA

### CARTÕES DE RNA MENSAGEIRO

**mRNA 1**

---

**mRNA 2**

---

**mRNA 3**

---

**mRNA 4**

---

**mRNA 5**

---



## FIGURAS PARA A PRÁTICA DE SÍNTESE PROTEICA

### CARTÕES DE SEQUÊNCIA DE AMINOÁCIDOS NA PROTEÍNA

**SEQUÊNCIA 1**

---

**SEQUÊNCIA 2**

---

**SEQUÊNCIA 3**

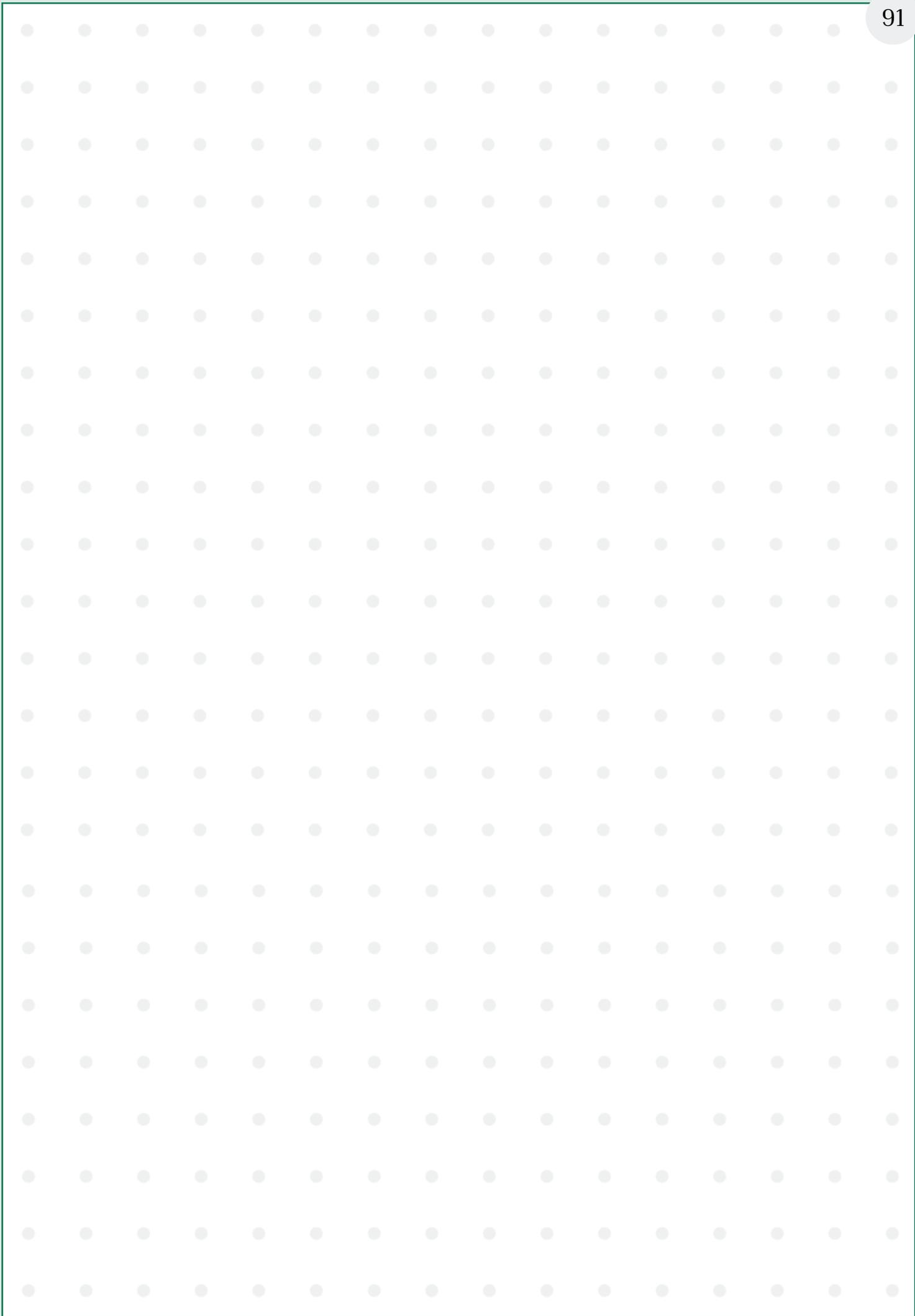
---

**SEQUÊNCIA 4**

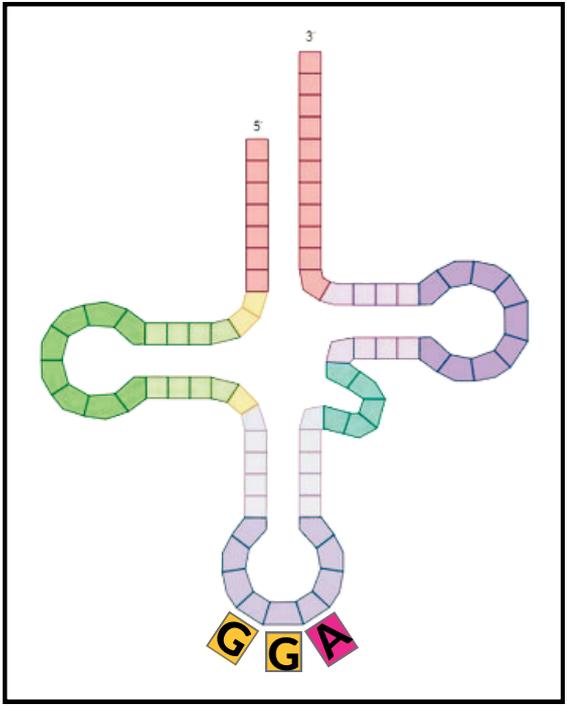
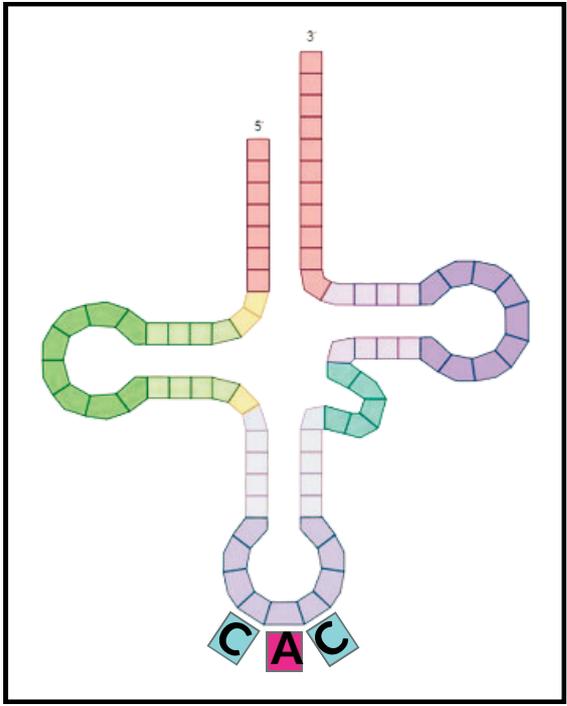
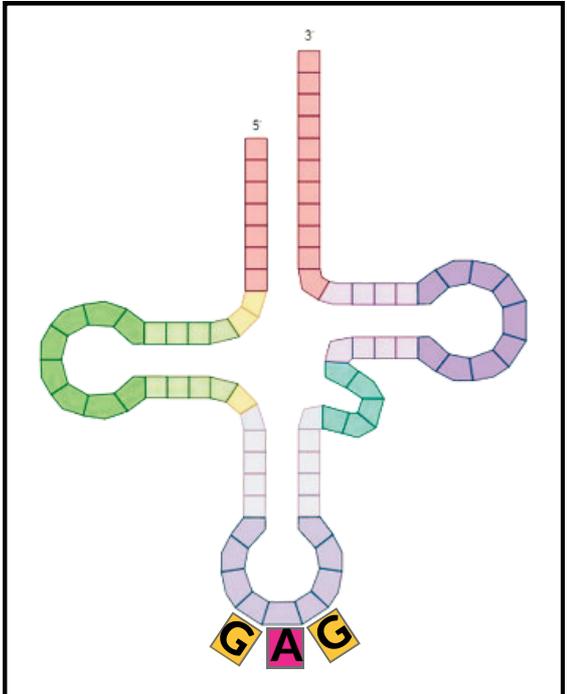
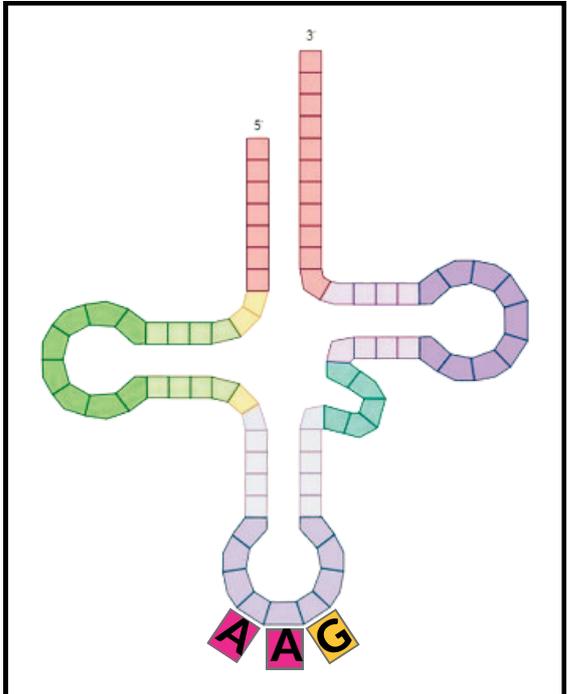
---

**SEQUÊNCIA 5**

---

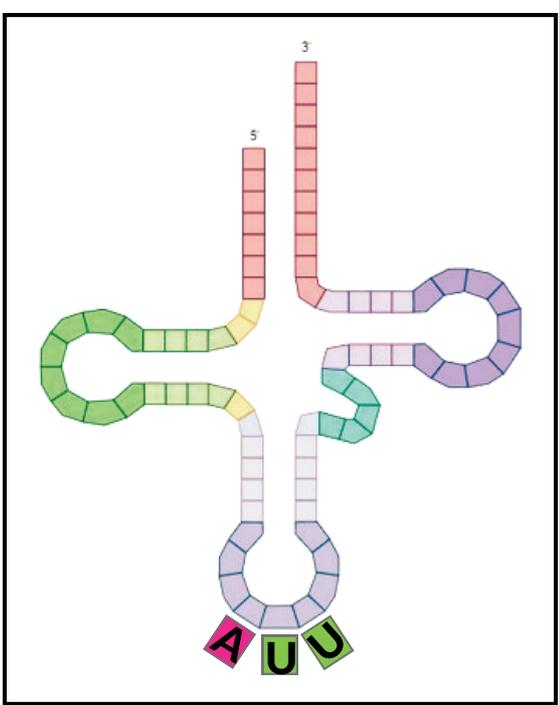
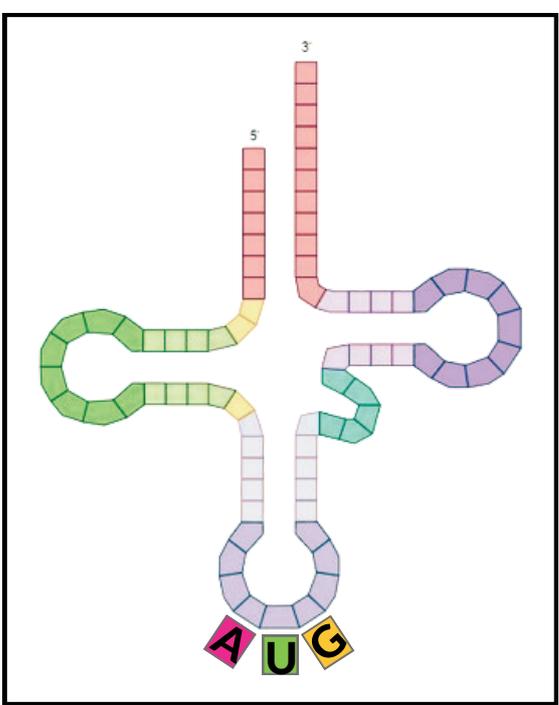
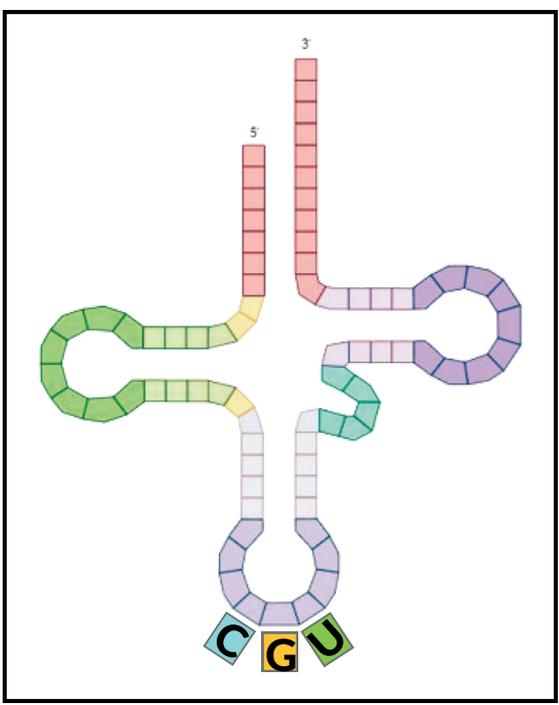
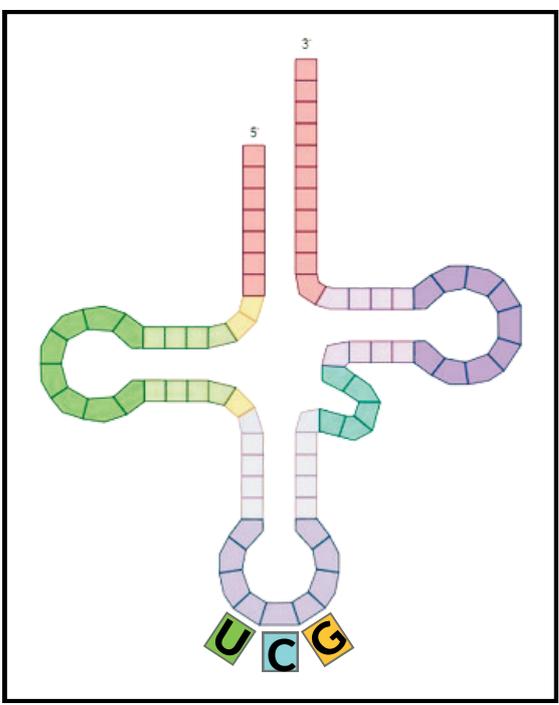


# CARTÕES DE RNA TRANSPORTADOR



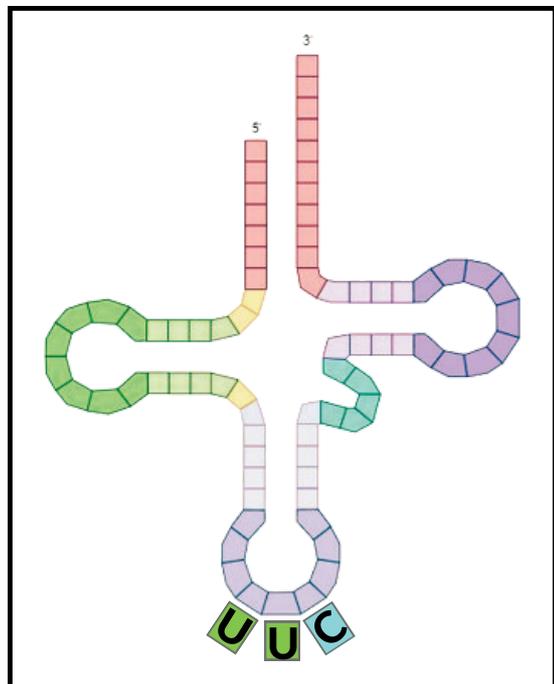
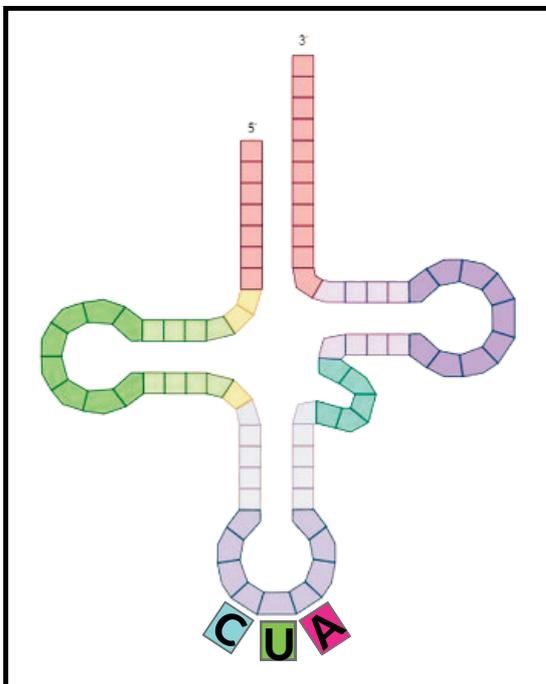
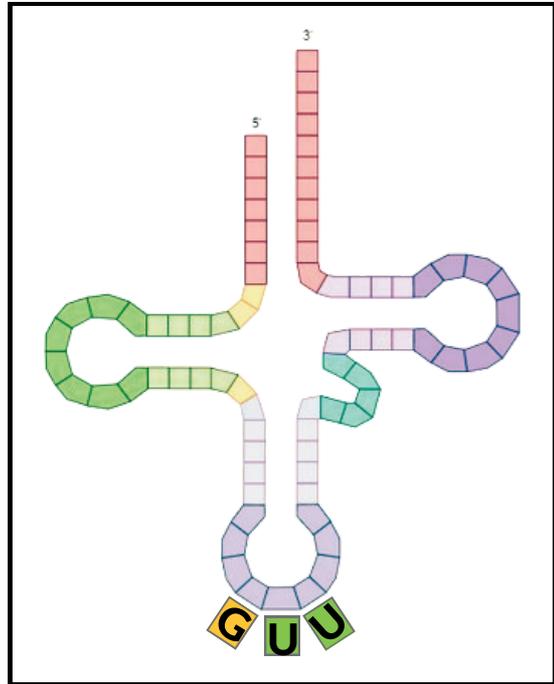
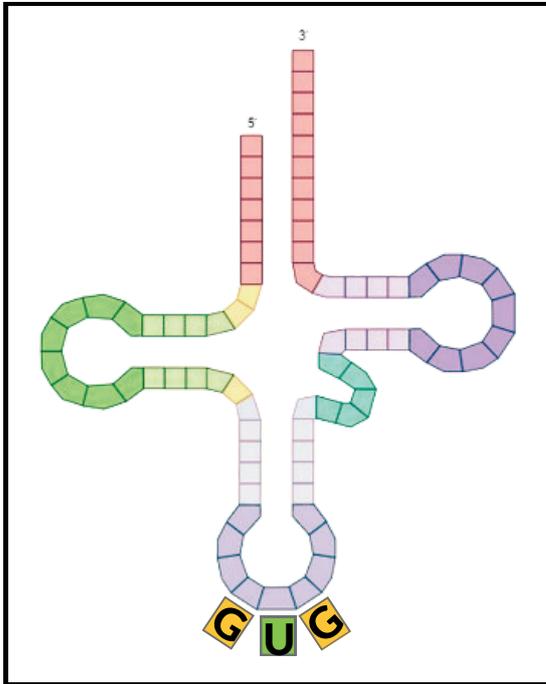


# CARTÕES DE RNA TRANSPORTADOR



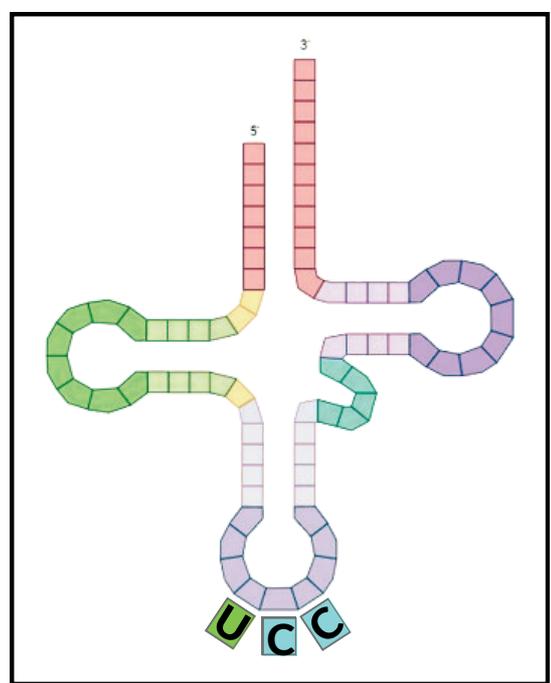
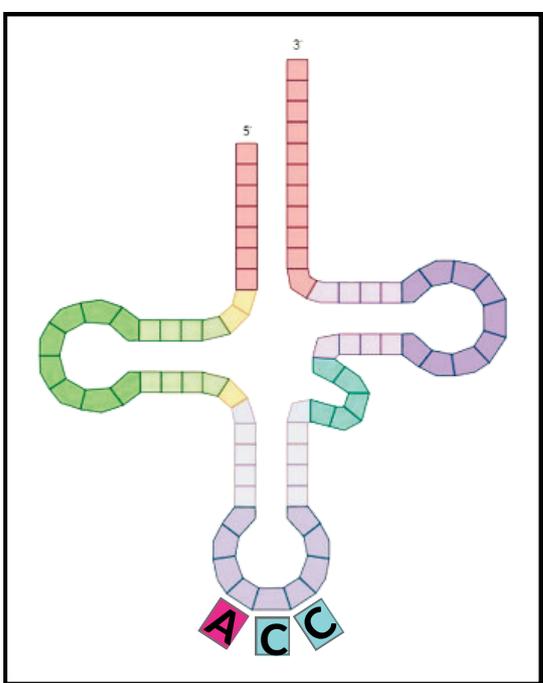
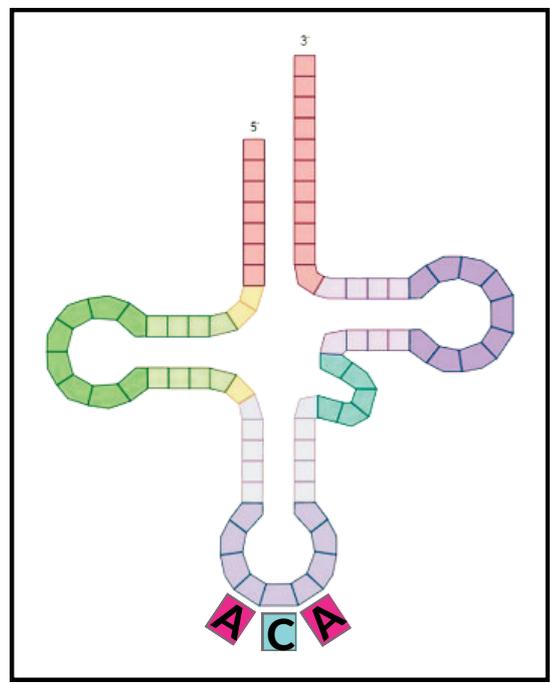
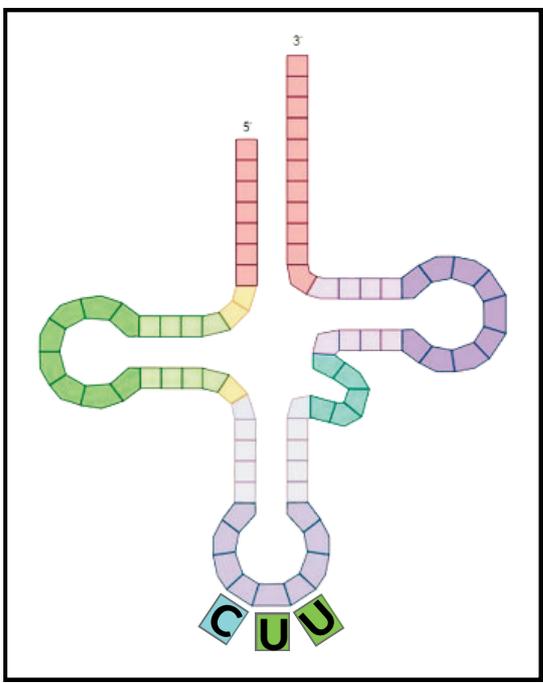


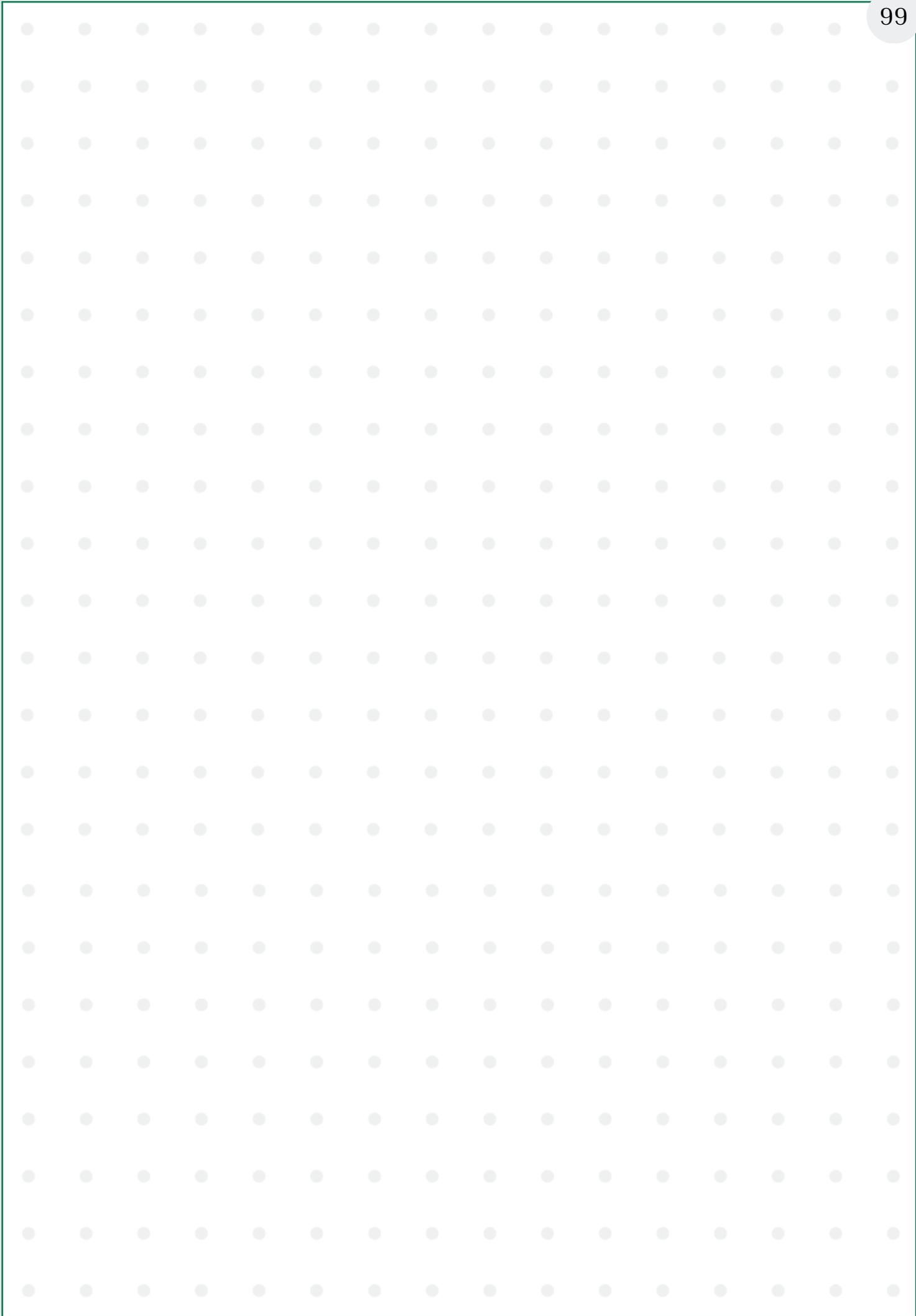
# CARTÕES DE RNA TRANSPORTADOR



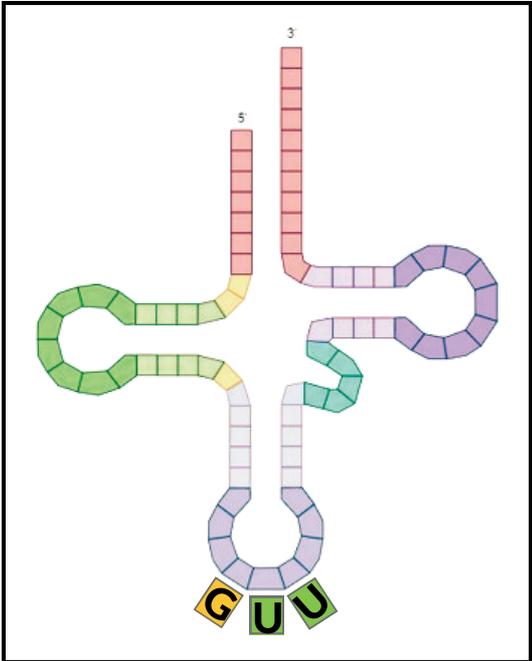
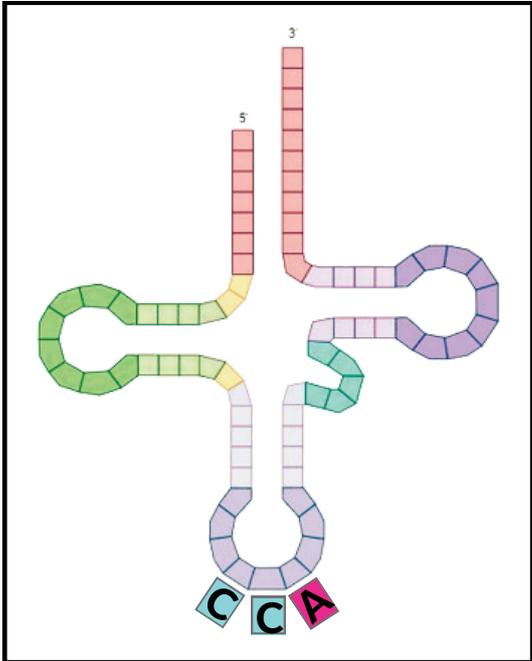
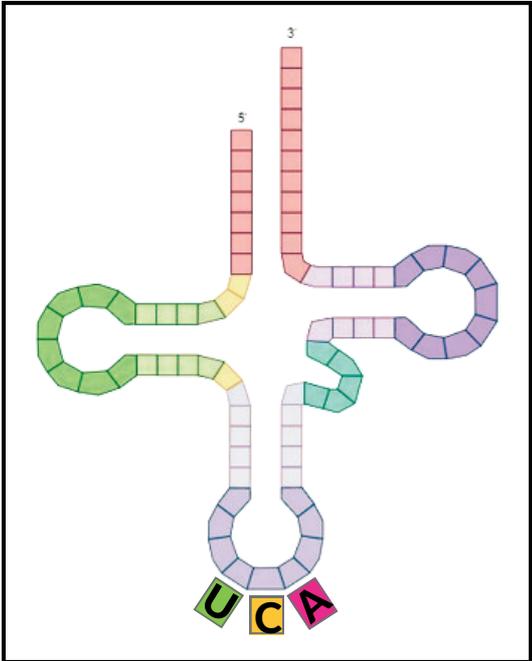
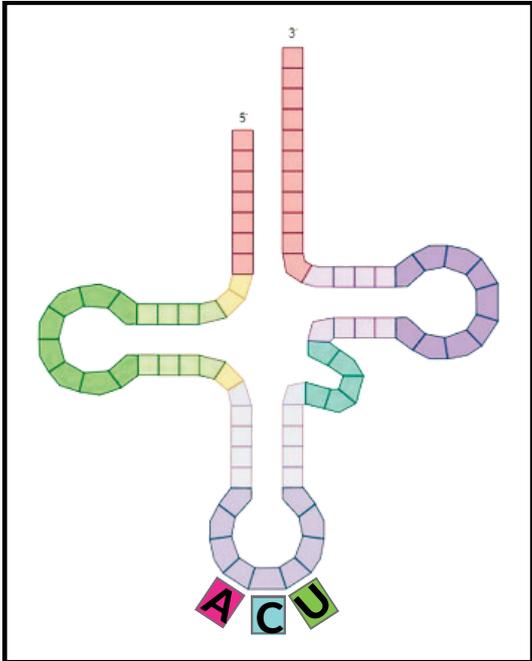


# CARTÕES DE RNA TRANSPORTADOR





CARTÕES DE RNA TRANSPORTADOR





# CARTÕES DE AMINOÁCIDOS





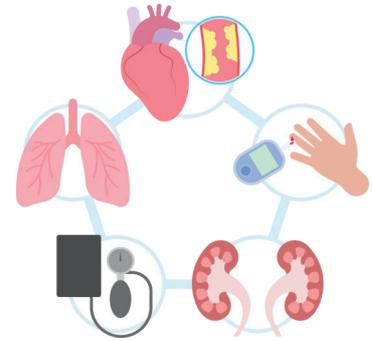
Material do Professor

**CAPÍTULO 1 - SEI  
Doenças Crônicas  
Não Transmissíveis  
(DCNT)**

# CHAVE DE CORREÇÃO

Pág. 22

## DIÁRIO DE BORDO - EM GRUPO



Nas últimas décadas, o Brasil tem passado por uma transformação no perfil de doenças e mortes da população, com uma queda significativa na mortalidade por doenças transmissíveis, como as que causam a mortalidade de crianças com menos de cinco anos e redução significativa de causas de morte evitáveis. Por outro lado, é possível observar um aumento do número de casos das Doenças Crônicas Não Transmissíveis. Acesse o Artigo sobre doenças crônicas não transmissíveis do site UMANE para responder à questão 1:

[https://biblioteca.observatoriodaaps.com.br/blog-dcnt-como-brasil-poderia-evitar-mais-de-300-mil-mortes-ano/?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpm&utm\\_campaign=geral&utm\\_content=UM046-GS&gad\\_source=1&gclid=Cj0KQCQiArrCvBhCNARIsAOkAGcVRki5WJMs1YMVoW4mZcTpbC0I6QT6iBsVvcZllvMyN0YoctlnMHZwaApCoEALw\\_wcB](https://biblioteca.observatoriodaaps.com.br/blog-dcnt-como-brasil-poderia-evitar-mais-de-300-mil-mortes-ano/?utm_source=google&utm_medium=cpm&utm_campaign=geral&utm_content=UM046-GS&gad_source=1&gclid=Cj0KQCQiArrCvBhCNARIsAOkAGcVRki5WJMs1YMVoW4mZcTpbC0I6QT6iBsVvcZllvMyN0YoctlnMHZwaApCoEALw_wcB)

1. Indique as principais DCNT no Brasil em termos de mortalidade, e preencha a tabela:

DCNT	CAUSAS	CONSEQUÊNCIAS	PREVENÇÃO

R\_

Espera-se que a partir da leitura do artigo e com seus conhecimentos prévios sobre o tema, os estudantes selecionem três doenças crônicas e preencham a tabela indicando quais são as principais causas comportamentais ou ambientais, quais são as consequências para a saúde, e quais são as medidas preventivas para essa DCNT.

QUESTÕES 2 a 5 - Acesse o Painel de Monitoramento da Mortalidade Prematura (30 a 69 anos) por DCNT no Brasil no link abaixo, e use os filtros de consulta. Discuta com seus colegas e responda o que está sendo indicado em cada questão. LINK: <https://svs.aids.gov.br/daent/centrais-de-conteudos/paineis-de-monitoramento/mortalidade/dcnt/>

2. Qual é a taxa de mortalidade mais alta entre as DCNT no Brasil conforme o material consultado? Busque no campo "INDICADORES" as seguintes DCNT: neoplasias tumorais malignas, diabetes mellitus, doenças do aparelho circulatório, doenças do aparelho respiratório. Clique no botão atualizar sempre que mudar a DCNT no campo "indicador".

R\_

Quando os alunos selecionam as DCNT no campo INDICADOR do painel, eles encontram os seguintes resultados para óbitos no Brasil em 2023:

- Neoplasias tumorais malignas - 118.364 mortes;
- Diabetes mellitus - 24.296 mortes;
- Doenças do aparelho circulatório - 135.780 mortes;
- Doenças do aparelho respiratório - 21.535 mortes.

Portanto, entre as doenças solicitadas o maior número de mortes no Brasil no ano de 2023 foram causadas por doenças do aparelho circulatório com o total de 135.780 mortes.

3. Houve uma tendência de aumento ou diminuição do número de mortes prematuras por DCNT no Brasil entre 2018 e 2022?

R\_

*Primeiro os alunos precisam selecionar no campo "INDICADOR" a opção óbitos totais, em seguida os alunos selecionarão o ano de 2018 no campo "ANO DE REFERÊNCIA" e clicarão no botão "ATUALIZAR" e será mostrada que no ano de 2018 o número de óbitos totais por DCNT foi de 303.791 mortes no Brasil. Depois selecionarão o ano de 2022 e novamente clica em atualizar, e será mostrado que em 2022 foram 323,003 mortes, evidenciando um aumento no número de mortes registradas no período de 2018 e 2022.*

4. Busque dados sobre mortes prematuras por DCNT no ano de 2022 em relação ao sexo e comente o resultado.

*R\_*

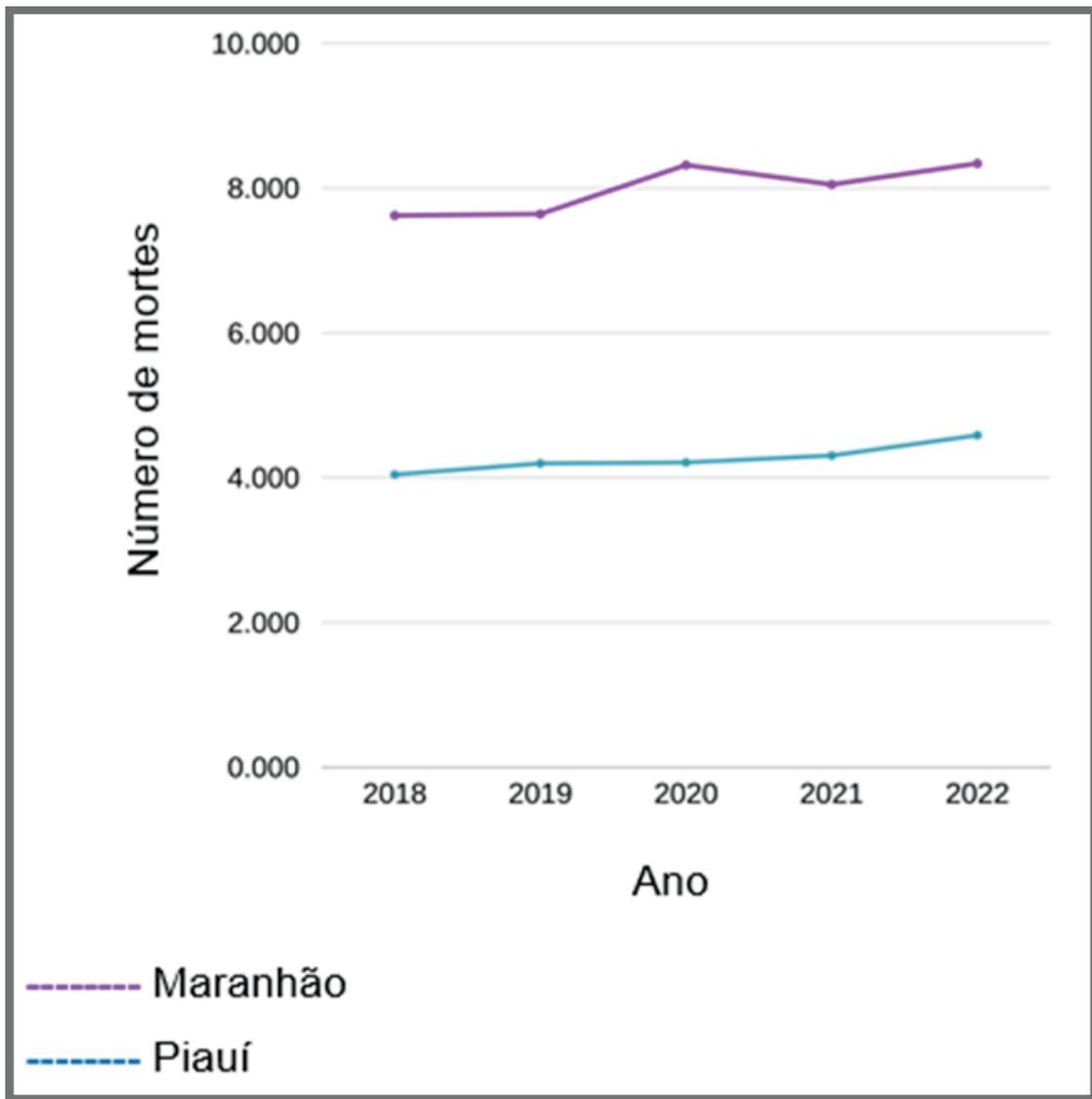
*Os estudantes precisam apenas selecionar feminino e masculino no campo "SEXO" e clicar em atualizar. Em 2022 foram 141.495 mortes de pessoas do sexo feminino. Para o sexo masculino foram registradas 181.494 mortes.*

*Os estudantes podem citar que a dieta e o estilo de vida pouco saudáveis, o consumo de tabaco e consumo nocivo de álcool são os principais fatores de risco para DCNT e a subutilização de serviços de atenção primária de saúde por homens podem ser os maiores causadores das mortes prematuras por DCNT no sexo masculino.*

5. Construa um gráfico mostrando a evolução da mortalidade prematura por DCNT no Piauí e no Maranhão durante o período de 2018 a 2022, utilizando os dados do Painel de Monitoramento da Mortalidade Prematura do Sistema de Informação e Monitoramento.

*R\_*

*O gráfico que responde essa questão está na página seguinte.*



## SUGESTÃO DE FICHA AVALIATIVA DAS PRODUÇÕES DOS GRUPOS

OBS: na página seguinte tem as fichas por grupo (em branco)

AVALIAÇÃO DAS PROPOSTAS DOS GRUPOS (RUBRICAS)				
CRITÉRIOS	Ótimo desempenho	Muito bom desempenho	Bom desempenho	Em processo
Conteúdo apresentado	O conteúdo apresentado é completo, abrangente e aprofundado, demonstrando domínio do assunto.	O conteúdo apresentado é satisfatório, com informações relevantes, mas pode ter algumas lacunas.	O conteúdo apresentado é razoável, mas com algumas informações irrelevantes ou confusas.	O conteúdo apresentado é incompleto, pouco desenvolvido ou com informações erradas.
Profundidade da pesquisa	Apresenta pesquisa consistente, com várias fontes e análise crítica.	Apresenta pesquisa sólida, com algumas fontes e análise coerente.	Apresenta pesquisa satisfatória, mas com poucas fontes ou análise superficial.	Apresenta pesquisa insuficiente ou sem análise crítica.
Clareza e Objetividade na exposição	Apresenta ideias claras, organizadas e objetivas, com boa fluência verbal e sem hesitações.	Apresenta ideias claras e organizadas, mas com algumas hesitações ou falta de fluência verbal.	Apresenta ideias razoáveis, mas pouco organizadas ou com falta de clareza e objetividade.	Apresenta ideias confusas, mal organizadas e com muitas hesitações.
Relevância social	Apresenta relevância social clara, com potencial de impacto significativo na sociedade.	Apresenta relevância social relevante, mas com limitações em relação ao impacto na sociedade.	Apresenta relevância social limitada, sem potencial de impacto significativo na sociedade.	Não apresenta relevância social clara.
Aplicabilidade	Demonstra aplicabilidade prática do trabalho, com sugestões e propostas de intervenção.	Demonstra aplicabilidade teórica do trabalho, com relação ao campo de estudo.	Demonstra aplicabilidade limitada do trabalho, sem propostas concretas.	Não demonstra aplicabilidade prática ou teórica do trabalho.

Fonte: Santos, 2024.

<b>GRUPO 1:</b>				<b>NOTA:</b>
CRITÉRIOS	Ótimo desempenho	Muito bom desempenho	Bom desempenho	Em processo
Conteúdo apresentado				
Profundidade da pesquisa				
Clareza e Objetividade na exposição				
Relevância social				
Aplicabilidade				

<b>GRUPO 2:</b>				<b>NOTA:</b>
CRITÉRIOS	Ótimo desempenho	Muito bom desempenho	Bom desempenho	Em processo
Conteúdo apresentado				
Profundidade da pesquisa				
Clareza e Objetividade na exposição				
Relevância social				
Aplicabilidade				

<b>GRUPO 3:</b>				<b>NOTA:</b>
CRITÉRIOS	Ótimo desempenho	Muito bom desempenho	Bom desempenho	Em processo
Conteúdo apresentado				
Profundidade da pesquisa				
Clareza e Objetividade na exposição				
Relevância social				
Aplicabilidade				

<b>GRUPO 4:</b>				<b>NOTA:</b>
CRITÉRIOS	Ótimo desempenho	Muito bom desempenho	Bom desempenho	Em processo
Conteúdo apresentado				
Profundidade da pesquisa				
Clareza e Objetividade na exposição				
Relevância social				
Aplicabilidade				

<b>GRUPO 5:</b>				<b>NOTA:</b>
CRITÉRIOS	Ótimo desempenho	Muito bom desempenho	Bom desempenho	Em processo
Conteúdo apresentado				
Profundidade da pesquisa				
Clareza e Objetividade na exposição				
Relevância social				
Aplicabilidade				



## FICHA DE AUTOAVALIAÇÃO

	Sim	Às vezes	Não
Compreendi o que foi investigado.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Consegui relacionar o tema estudado com meu cotidiano.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Senti dificuldade em realizar as atividades propostas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Realizei as atividades individuais.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Contribui com o grupo do qual participei.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aproveitei meus erros para buscar mais informações e aprender mais.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## FICHA DE AVALIAÇÃO DA SEI

Relevância do tema:

Conhecimento mais importante aprendido:

Não ficou bem claro:

Aspectos positivos:

Aspectos negativos:

Sugestão:

Material do Professor

**CAPÍTULO 2 - SEI**  
**Epigenética**

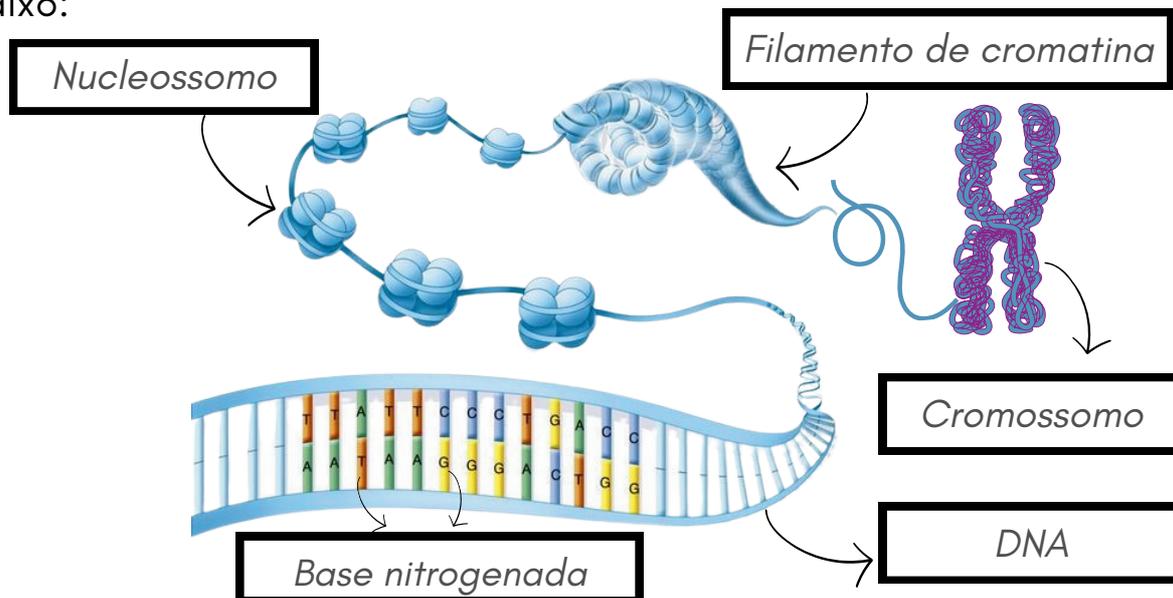
## QUESTÕES (Momento 3)

1. Por que as células de um mesmo organismo que contém genomas idênticos são tão diferentes e possuem funções tão distintas?

R\_

*O processo de diferenciação celular é estabelecido e mantido por meio de marcas epigenéticas no genoma, que modificam sua expressão sem alterar a sequência de bases do DNA. Há também influência da comunicação e sinalização celular, especialmente a intracelular, e os fatores de indução.*

2. A molécula de DNA é um polinucleotídeo, e por ser muito extenso precisa se associar a proteínas para caber no núcleo das células eucarióticas. Identifique todas as estruturas que aparecem na figura abaixo:



Fonte: figura modificada de [https://www.thoughtco.com/chromatin-373461?utm\\_source=pinterest](https://www.thoughtco.com/chromatin-373461?utm_source=pinterest)

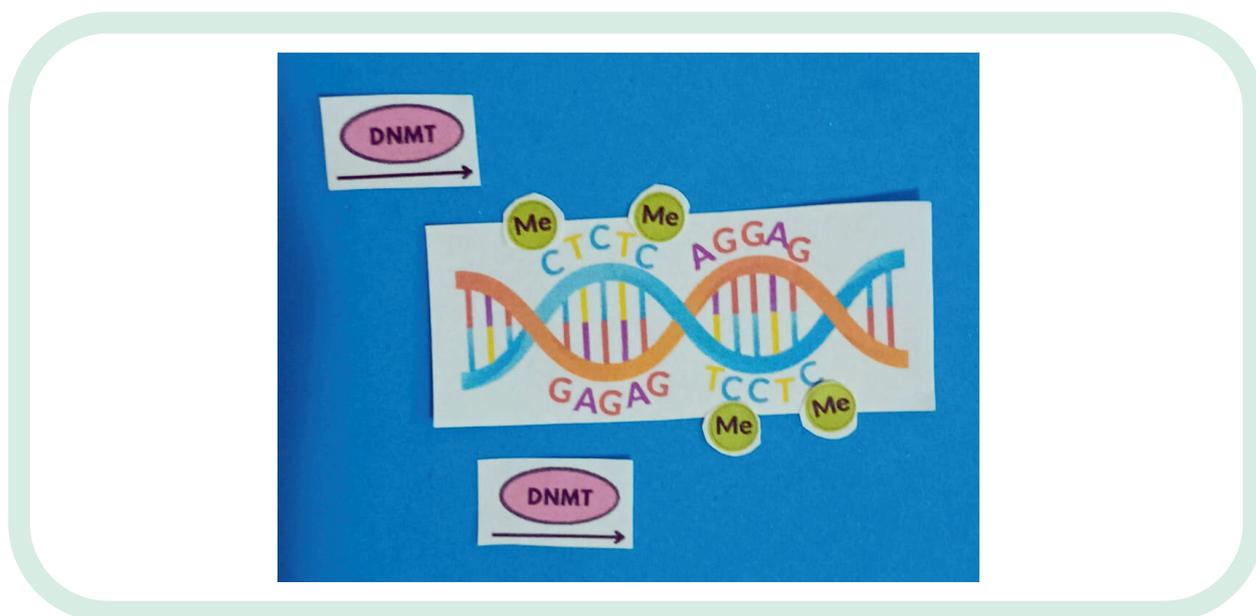
3. Dentre os mecanismos epigenéticos, destacamos a metilação. A metilação do DNA é um tipo de modificação química na molécula. Sobre esse tema, responda:

a) A metilação do DNA causa um impacto na regulação de algumas regiões do genoma. Explique em que consiste a metilação do DNA? E como a metilação influencia na expressão do gene?

R\_

A metilação do DNA é a reação química que consiste na adição de um grupo metila ( $-CH_3$ ) a um nucleotídeo da molécula de DNA. Nos eucariotos, a metilação do DNA ocorre principalmente nas bases do tipo citosina, as quais são convertidas em 5-metilcitosina pelas enzimas DNA-metiltransferases (DNMT). A metilação torna a cromatina mais condensada, tornando os genes menos acessíveis à maquinaria de transcrição, afetando a expressão gênica.

b) Entre as figuras disponíveis no anexo 1 referente a essa questão da atividade, escolha e recorte as figuras necessárias para montar um DNA com região metilada. Certifique-se que a metilação seja colocada na região correta da molécula, em relação às bases nitrogenadas.



Responda: Qual é a origem dos grupos metil transferidos para a molécula de DNA?

R\_

Os grupos metil têm origem na dieta do indivíduo. A ingestão de vitamina B6 ou folato é de fundamental importância para a disponibilização do radical metil para os processos de metilação porque essa vitamina participa da via metabólica para a produção do radical SAM, doador de grupos metil nesse processo, mediado pelas enzimas metilases.

4. Cite modificações epigenéticas que podem ocorrer nas proteínas histonas? Em que locais cada uma dessas modificações acontecem?

R\_

*As modificações epigenéticas das histonas podem ser a metilação de lisina e arginina na cauda das histonas H3 e H4, acetilação na cauda das histonas H3 e H4, ubiquitinação de lisina nas histonas H2A e H2B, e fosforilação de todas as classes de histonas.*

5. Utilizando a figura disponível no anexo 2, referente a essa questão da atividade, monte o dado para responder às perguntas abaixo. Jogue o “dado dos mecanismos epigenéticos” duas vezes e complete as questões conforme o que sair.

I. Mecanismo epigenético da primeira jogada:

II. Localização desse mecanismo na histona:

III. Efeito epigenético:

IV. Mecanismo epigenético da segunda jogada:

V. Localização desse mecanismo na histona:

VI. Efeito epigenético:

R\_

*Os alunos escrevem nesse local o mecanismo*

*epigenético sorteado no dado em cada jogada.*

Agora faça o desenho que representa a histona modificada epigeneticamente que seu grupo formou a partir das respostas anteriores. Faça a identificação de todas as estruturas no seu desenho:

R\_

*Os estudantes devem montar o “dado dos mecanismos epigenéticos” e fazer o desenho da histona modificada conforme o que for sorteado no dado.*



**QUESTÕES PARA APROFUNDAMENTO (OPCIONAL)**

Pág. 38

As questões de aprofundamento ficam a critério do professor utilizá-las ou não, vai depender do planejamento do professor.

1. Como uma célula sabe se um gene é de origem materna ou paterna? Comente sobre o que é esse mecanismo epigenético que atinge um grupo particular de genes e sua importância para o organismo.

R\_

*Graças ao imprinting genômico, um padrão de expressão diferencial de um grupo de genes conforme a origem parental do alelo, essa expressão diferencial decorre da existência de marcas epigenéticas estabelecidas nas células germinativas. Esses genes têm atuação importante no desenvolvimento pré-natal e exercem efeitos importantes no desenvolvimento, crescimento e sobrevivência pós-natal.*

2. A inativação do cromossomo X é um fenômeno importante na regulação da expressão gênica. Explique em que consiste a inativação do cromossomo X e qual é a importância desse processo na espécie humana?

R\_

*A inativação do cromossomo X é o mecanismo de compensação de dosagem gênica entre os sexos feminino e masculino de mamíferos. Esse mecanismo epigenético de compensação de dosagem dos genes localizados nos cromossomos sexuais silencia completamente um dos cromossomos X em todas as células somáticas de fêmeas de mamíferos placentários, equilibrando a atividade dos genes ligados ao cromossomo X. Esse fenômeno acontece de forma aleatória no início do desenvolvimento embrionário.*

3. De que maneira o genoma e o epigenoma se relacionam?

R\_

O epigenoma é o conjunto de modificações químicas que marcam o genoma e que modificam a expressão de seus genes.

4. Como as marcas epigenéticas adquiridas ao longo da vida de um indivíduo podem ser transmitidas através das células germinativas?

R\_

Evidências crescentes mostram que as marcas epigenéticas são influenciadas por fatores exógenos. As condições ambientais a que mulheres grávidas são expostas podem modificar o epigenoma da gestante e do feto, incluindo suas células germinativas, mudando o epigenoma e com potencial impacto na saúde.



## FICHA DE AVALIAÇÃO INDIVIDUAL

Pág. 44

## QUIZ SOBRE EPIGENÉTICA

RESPONDA VERDADEIRO ( V ) ou FALSO ( F ):

1. ( F ) A desacetilação de histonas é um processo que geralmente está associado à ativação da expressão gênica.
2. ( V ) O *imprinting* genômico é um fenômeno epigenético no qual certos genes são expressos de maneira diferente, dependendo se foram herdados da mãe ou do pai.
3. ( F ) Os mecanismos epigenéticos podem influenciar a expressão gênica alterando a sequência do DNA.
4. ( V ) A metilação do DNA é um exemplo de um mecanismo epigenético que envolve a adição de grupos metila a bases específicas no DNA suprimindo a transcrição de determinados genes.
5. ( F ) A epigenética refere-se apenas a mudanças genéticas hereditárias transmitidas de geração em geração.
6. ( F ) As modificações epigenéticas são permanentes e não podem ser revertidas ao longo da vida de um organismo.
7. ( V ) Fatores ambientais, como dieta e exposição a toxinas, podem influenciar as marcas epigenéticas.
8. ( V ) Ilhas CpG referem-se a regiões do DNA onde ocorrem agrupamentos de citosina seguidos por guanina, desempenhando um papel importante nos processos de metilação e desmetilação.
9. ( F ) A acetilação de histonas está associada a um aumento na compactação da cromatina, inibindo a expressão gênica.
10. ( V ) As modificações epigenéticas, incluindo metilação do DNA e acetilação de histonas, desempenham um papel crucial no desenvolvimento e diferenciação celular.

Material do Professor

**CAPÍTULO 3 - SEI**  
**Epigenética e as Doenças**  
**Crônicas Não Transmissíveis**

# CHAVE DE CORREÇÃO

Pág. 56

## QUESTÕES AVALIATIVAS

1. Como os alimentos a partir dos mecanismos epigenéticos podem alterar o fenótipo de um indivíduo?

R\_

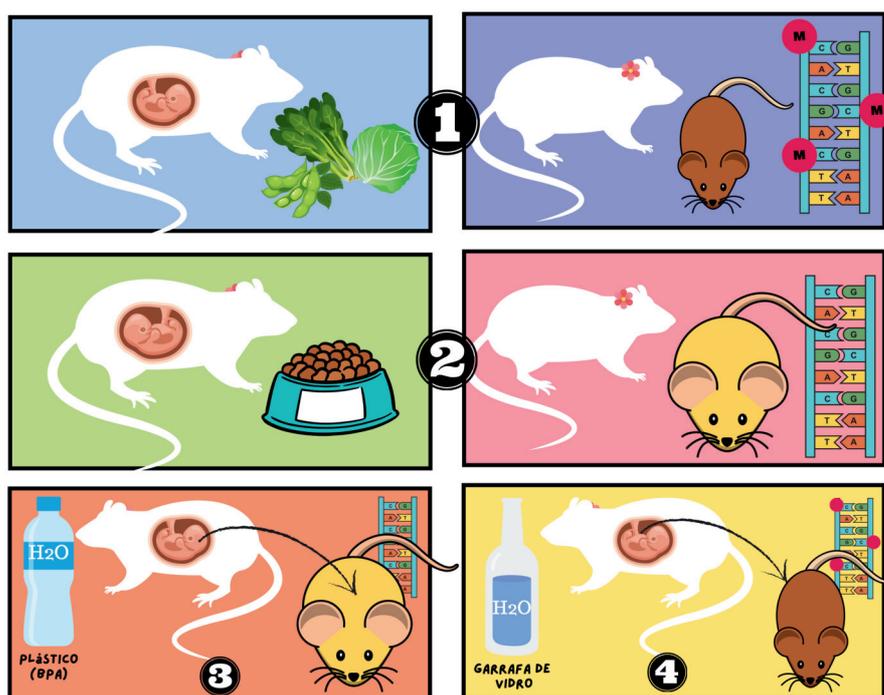
A alimentação e o estilo de vida das pessoas pode influenciar a expressão dos genes, ativando ou inativando genes, de um indivíduo por meio dos mecanismos epigenéticos. Alguns compostos bioativos presentes nos alimentos podem modificar as marcas epigenéticas, como a metilação do DNA, a modificação das histonas e a expressão de RNAs não codificantes.

2. Como o ambiente no útero materno pode alterar epigeneticamente sua prole e influenciar a saúde desse indivíduo quando for adulto?

R\_

A exposição a fatores estressores relacionados a dieta, toxinas, tabaco, nível de atividade física e outros, em determinados períodos da gestação modula o epigenoma e traz consequências à saúde dos descendentes.

3. A exposição a substâncias tóxicas e até mesmo o estresse podem afetar o epigenoma. O Bisfenol A (BPA), por exemplo, é um composto presente em diversos tipos de plásticos utilizados em utensílios do cotidiano como garrafas, copos, mamadeiras e outros. Experimentos com animais expostos ao BPA apresentaram alterações epigenéticas em sua prole.



Fonte: Santos, 2023.

Interprete e descreva as interações representadas nos quadrinhos. Utilize em sua resposta observações relacionadas ao ambiente, mecanismos epigenéticos, fenótipo, e sequência de DNA.

R\_

*Conforme as imagens, a dieta e o material da garrafa de água promovem alterações epigenéticas na prole. Quando a mãe é alimentada com vegetais e usa garrafa de água de vidro, sua prole apresenta pelo marrom e tem peso normal. Quando a mãe é alimentada com ração e usa garrafa de plástico, contendo bisfenol A, sua prole apresenta pelo amarelo e tem sobrepeso. Nos indivíduos de pelo marrom e peso normal, o DNA aparece metilado, reduzindo a expressão do gene agouti. Os fenótipos observados na prole são decorrentes de modificações epigenéticas que não alteram a sequência de bases do DNA.*

# ATIVIDADE INVESTIGANDO A EPIGENÉTICA NAS DCNT (Momento 4)

Pág. 60

1. A epigenética é um dos fatores para as DCNT como obesidade, diabete, doenças cardíacas e hipertensão. Como estudos sobre esse tema pode melhorar as iniciativas da saúde pública no combate a essas doenças?

R\_

*Estudos tem fornecido dados importantes sobre como a epigenética pode contribuir para o desenvolvimento dessas doenças, essas informações podem ser úteis para a identificação de fatores de risco, permitindo intervenções preventivas desde o desenvolvimento embrionário a partir de cuidados com as gestantes. Incorporar esses conhecimentos nas políticas de saúde pode levar a melhores resultados de saúde e redução do impacto das DCNT na sociedade.*

3. As Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) têm origem multifatorial e muitos mecanismos epigenéticos têm sido apontados como um desses fatores. Pesquise e construa uma tabela apontando as DCNT e os mecanismos epigenéticos envolvidos. Siga o modelo:

DCNT	CAUSAS	MECANISMO EPIGENÉTICO	GENE

R\_

*Pesquisar no material sugerido para produzir a sua tabela.*

4. Estudamos epigenética e vimos que o epigenoma interage com o DNA e altera como alguns genes são expressos, e algumas marcas epigenéticas podem levar a problemas de saúde no indivíduo e nas próximas gerações. Sendo assim, poderíamos dizer que existe um destino epigenético? Justifique.

R\_

*Não existe um destino epigenético. Ter uma dieta equilibrada e saudável, fazer exercícios regularmente, ingerir pouca bebida alcoólica e não fumar podem reverter essas marcas, garantir uma vida saudável e uma herança mais interessante para os descendentes.*

5. Para uma boa qualidade de vida muitos fatores precisam ser levados em consideração, a alimentação é um deles. Pensando nisso, monte um cardápio saudável contendo as refeições para um dia, com sugestões de alimentos típicos da cultura nordestina.

R\_

*Resposta pessoal. Cada grupo deve selecionar alimentos típicos da região nordeste para montar um cardápio com sugestões saudáveis e saborosas para montar um cardápio com café, lanche da manhã, almoço, lanche da tarde e jantar. Se o grupo quiser também pode incluir uma sugestão para a ceia.*

Material do Professor

**CAPÍTULO 4 -  
REVISÃO**

Pág. 69

A partir do tema apresentado no texto, realize pesquisas adicionais e responda às questões a seguir.

1. O que são marcas epigenéticas?

R\_

*São modificações bioquímicas na molécula de DNA ou em outros elementos que compõem a cromatina.*

2. Em qual tipo de sequência de DNA é comum encontrar a metilação do DNA? Como a metilação do DNA reprime a transcrição?

R\_

*A metilação ocorre em sequências CpG, significa que duas bases citosinas metiladas estão em diagonal uma da outra em fitas opostas do DNA. A presença do grupo metil (5-metilcitosina) inibe a ligação de fatores de transcrição e outras proteínas necessárias para ocorrer a transcrição.*

3. Explique resumidamente como os padrões de metilação do DNA são transmitidos pela divisão celular.

R\_

*Após a replicação semi conservativa, a base citosina na fita molde está metilada, mas a base citosina na fita recém replicada, não. Enzimas reconhecem o estado hemi metilado dos dinucleotídeos CpG e adicionam grupos metila a bases citosinas não metiladas, criando duas novas moléculas de DNA totalmente metiladas.*

4. Quais são os tipos de modificações de histona responsáveis pelos fenótipos epigenéticos?

R\_

*As modificações nas histonas incluem o acréscimo de fosfatos, grupos metil, acetil e ubiquitina a suas caudas, deixando a cromatina mais enrolada na histona ou mais frouxa, ativando ou silenciando genes.*

5. Como um gene epigeneticamente silenciado difere de um gene mutante (um alelo nulo do mesmo gene)?

R\_

*O silenciamento do gene por epigenética não altera a sequência de bases, e é um processo reversível. Enquanto a mutação altera a sequência de bases.*

6. Estudos com gêmeos idênticos ajudam a compreender melhor a natureza das características herdadas. Que evidências sugerem que as diferenças nos gêmeos monozigóticos podem ser causadas por efeitos epigenéticos?

R\_

*Pesquisas com gêmeos idênticos mostram que a metilação de DNA e a acetilação de histonas são semelhantes no início da vida, mas nos gêmeos mais velhos tem diferenças marcantes na quantidade e distribuição de metilação de DNA e acetilação de histonas, essas diferenças afetam a expressão gênica nos gêmeos.*

7. (Enem/2020 - Digital) Fenômenos epigenéticos levam a modificações do DNA e das histonas, que influenciam o remodelamento da cromatina e, conseqüentemente, a disponibilização ou não de genes para a transcrição.

ARRUDA, I. T. S. Epigenética. Genética na Escola, n. 1, 2015 (adaptado).

Esses fenômenos atuam na:

**a) regulação da expressão gênica.**

b) alteração nas sequências de bases.

c) correção de mutações em determinados genes.

d) associação dos ribossomos ao RNA mensageiro.

e) alteração nas sequências dos aminoácidos das histonas.

8. (ENEM, 2011) Em 1999, a geneticista Emma Whitelaw desenvolveu um experimento no qual ratas prenhas foram submetidas a uma dieta rica em vitamina B12, ácido fólico e soja. Os filhotes dessas ratas, apesar de possuírem o gene para obesidade, não expressaram essa doença na fase adulta. A autora concluiu que a alimentação da mãe, durante a gestação, silenciou o gene da obesidade. Dez anos depois, as geneticistas Eva Jablonka e Gal Raz listaram 100 casos comprovados de traços adquiridos e transmitidos entre gerações de organismos, sustentando, assim, a epigenética, que estuda as mudanças na atividade dos genes que não envolvem alterações na sequência do DNA. A reabilitação do herege. Época, nº 610, 2010 (adaptado).

Alguns cânceres esporádicos representam exemplos de alteração epigenética, pois são ocasionados por:

- a) aneuploidia do cromossomo sexual X.
- b) poliploidia dos cromossomos autossomos.
- c) Mutação em genes autossômicos com expressão dominante.
- d) Substituição no gene da cadeia beta da hemoglobina.

**e) *Inativação de genes por meio de modificações nas bases nitrogenadas.***

9. (FGV, 2010) Com relação à herança epigenética, considere as afirmativas a seguir.

- I. É uma alteração herdada na função gênica relacionada a variações na sequência de bases do DNA.
- II. É uma alteração herdada na função gênica que pode estar relacionada ao padrão de metilação do DNA.
- III. A inativação do cromossomo X em mamíferos é um exemplo de herança epigenética.
- IV. O *imprinting* genômico ou *imprinting* parental é um exemplo de herança epigenética.

Assinale:

a) se somente as afirmativas I e III estiverem corretas.

**b) se somente as afirmativas II, III e IV estiverem corretas.**

c) se somente a afirmativa I estiver correta.

d) se somente a afirmativa II estiver correta.

e) se somente a afirmativa III estiver correta.

10. (USS, 2023) A epigenética envolve o estudo de mudanças reversíveis e herdáveis no genoma funcional que não alteram a sequência de nucleotídeos do DNA. Metilação em bases nitrogenadas específicas, modificações na afinidade de proteínas histonas pelo DNA e silenciamento gênico pela ação de RNA não codificadores são os três principais mecanismos de alterações epigenéticas. O processo celular alterado pela ação desses três mecanismos epigenéticos é:

a) modificação da estrutura primária das histonas.

b) acoplamento das subunidades do ribossomo.

**c) regulação da expressão gênica.**

d) correção de mutações.



# CHAVE DE CORREÇÃO

## Revisão - Tópico II

Pág. 78

### ATIVIDADE FATO OU FAKE



ADESIVO PARA A PELE É CAPAZ DE CURAR O DIABETE

O adesivo possui compostos naturais, que ao serem absorvidos pela pele estabiliza definitivamente os quadros de diabetes tipo 1 e tipo 2 controlando os níveis de açúcar no sangue, combate a má circulação sanguínea e melhora a função pancreática. Basta trocar diariamente o adesivo, que deve ser colocado no umbigo, com resultados em cinco semanas de uso.

FATO



FAKE



Notícia: <https://shopee.com.br/6-Adesivos-Diabetes-Emplastro-Controla-Glicemia-Glicose-Elevada-i.291917869.6784765742>

Comentário:

Essa notícia é falsa: “Primeiro, não existe cura para o diabetes. Além disso, não há estudos sobre o efeito de nenhuma das substâncias que o produto alega ter no controle da glicemia, muito menos sobre a ação delas em conjunto”, explica Márcio Krakauer, endocrinologista e coordenador das campanhas públicas da Sociedade Brasileira de Diabetes (SBD).

Fonte: <https://saude.abril.com.br/coluna/e-verdade-ou-fake-news/um-adesivo-para-a-pele-e-capaz-de-curar-o-diabetes>

Até existem adesivos voltados para quem tem diabetes e precisa usar insulina, mas o objetivo deles é monitorar o nível de glicemia no sangue, com ele não precisa realizar o furinho no dedo a cada aferição, pois o sensor faz análise minuto a minuto e avisa por um App quando precisa ser aplicada a insulina.



### VACINA DA DENGUE CAUSA CÂNCER

Em um vídeo, o médico Drauzio Varella afirma que a vacina contra a dengue é prejudicial à saúde: "A vacina da dengue é transgênica, causa câncer", "Veneno OGM: organismo geneticamente modificado". O médico finaliza dizendo que "A vacina Qdenga é transgênica. Cuidado, perigo!".

FATO



FAKE



Notícia: @eledesperto

#### Comentário:

Mensagem falsa usa vídeo adulterado do médico Drauzio Varella e faz parecer que ele endossa legendas mentirosas. No vídeo original, publicado no canal oficial do médico, Drauzio diz que a vacina é capaz de proteger contra os quatro sorotipos da dengue e é importante que as pessoas se vacinem.

Fonte: <https://g1.globo.com/fato-ou-fake/noticia/2024/02/20/e-fake-que-drauzio-varella-diz-em-video-que-vacina-da-dengue-e-transgenica-altera-o-dna-e-provoca-cancer.ghtml>



### ALIMENTAÇÃO É CAPAZ DE ZERAR A GENÉTICA DE DOENÇAS

Em entrevista concedida à TV Record, a coach fitness Maíra Cardi fala sobre a modulação epigenética que ela e o marido, Arthur Aguiar, fizeram antes dela engravidar "é quando você e seu marido mudam a alimentação antes da gravidez para zerar a genética de doenças" explica Maíra.

FATO



FAKE



Notícia:

<https://fivecasting.com.br/elementor-13434/>

#### Comentário:

Informação falsa, não existe dieta que zere possíveis doenças genéticas. A alimentação não pode mudar nossa sequência de DNA. A epigenética é a ciência que estuda a capacidade do organismo modificar a expressão gênica conforme o ambiente ou estilo de vida. A alimentação e outros hábitos podem modular o epigenoma, mas não exclui o risco de doenças genéticas.

Fonte: <https://sbgm.org.br/detalhe.aspx?id=6064&area=4>



### ALIMENTAÇÃO INFLUENCIA A EXPRESSÃO DOS GENES

A alimentação e o estilo de vida das pessoas podem influenciar a expressão dos genes por meio de mecanismos capazes de influenciar como uma característica determinada pelo DNA é expressa.

**FATO**



**FAKE**



Notícia:

<https://www.geneticaescola.com/revista/article/view/458/412>

#### Comentário:

Informação verdadeira, a alimentação e o estilo de vida das pessoas podem influenciar a expressão dos genes por meio de mecanismos epigenéticos. Essa informação foi retirada de um artigo publicado na revista *Genética na Escola* que aborda a relação entre a nutrição, os subtipos do diabetes mellitus, a obesidade e o desenvolvimento fetal com a epigenética.

Fonte: <https://www.geneticaescola.com/revista/article/view/458/412>

# CHAVE DE CORREÇÃO

## Revisão - Tópico IV

### Discussão da Prática - Montagem da Molécula 3D do DNA

Pág. 83

1. A estrutura primária do DNA consiste em uma cadeia de nucleotídeos. Qual é a constituição molecular de um nucleotídeo?

R\_

*O nucleotídeo é a unidade que forma o DNA, é constituído por uma base nitrogenada, um açúcar pentose, e um ou mais grupos fosfato.*

2. As fitas laterais do DNA (EVA cinza) são compostas por quais moléculas? Qual é o tipo de ligação que une essas moléculas?

R\_

*São compostas por fosfato e açúcar pentose, essas estruturas são unidas por ligações fosfodiéster. Nessa ligação, um grupo fosfato conecta o carbono 3' de um açúcar ao carbono 5' do próximo açúcar da mesma fita de DNA.*

3. Identifique as bases nitrogenadas em púricas e pirimídicas, e indique qual tipo de ligação acontece entre essas bases.

R\_

*No DNA, as bases púricas são Adenina e Guanina e as bases pirimídicas são Timina e Citosina. A base púrica Adenina liga-se à base pirimídica Timina por duas ligações de hidrogênio. A base púrica Guanina liga-se à base pirimídica Citosina por três ligações de hidrogênio.*

4. Conforme a orientação da fita e com a sequência de bases que seu grupo construiu no modelo, determine qual será a banda codificante e qual será a complementar e escreva a sequência do RNA mensageiro formado.

R\_

*Resposta pessoal, vai depender da sequência de bases que cada grupo usar para produzir seu modelo.*

# CHAVE DE CORREÇÃO

## Revisão - Tópico IV

### Prática - Síntese de Proteínas

Pág. 88 e 90

RNA MENSAGEIRO

mRNA 1

AUG AGG CUC

AMINOÁCIDOS NA PROTEÍNA

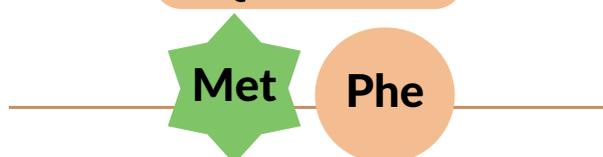
SEQUÊNCIA 1



mRNA 2

AUG UUC

SEQUÊNCIA 2



mRNA 3

AUG ACG CAU

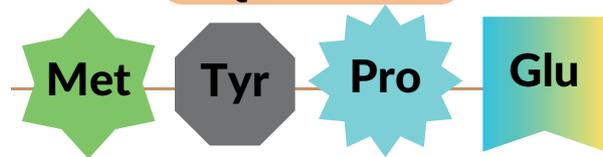
SEQUÊNCIA 3



mRNA 4

AUG UAC CCU GAG

SEQUÊNCIA 4



mRNA 5

AUG CAC AAG

SEQUÊNCIA 5



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAIMA, C. Gêmeos astronautas ainda são geneticamente idênticos. **O Globo**, 16 mar. 2018. Saúde. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/saude/ciencia/gemeos-astronautas-ainda-sao-geneticamente-identicos-22497700>. Acessado em 10 ago. 2023.

BANSAL, A.; SIMMONS, R. A. Epigenetics and developmental origins of diabetes: correlation or causation? **American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism**. v.315, p.15-28, 2018.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Panorama da mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis no Brasil. **Boletim Epidemiológico**, Brasília, DF, v. 52, n. 23, p. 13-20, 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Plano de Ações Estratégicas para o Enfrentamento das Doenças Crônicas e Agravos não Transmissíveis no Brasil 2021-2030. Brasília: Ministério da Saúde, 2021.

BURE, I. V.; NEMTSOVA, M. V.; KUZNETSOVA, E. B. Histone Modifications and NonCoding RNAs: Mutual Epigenetic Regulation and Role in Pathogenesis. **International Journal of Molecular Sciences**. v. 23, n. 10, p. 5801, 2022.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.

FRANZAGO, M.; SANTURBANO, D.; VITACOLONNA, E.; STUPPIA, L. Genes e Dieta na Prevenção de Doenças Crônicas nas Gerações Futuras. **International Journal of Molecular Sciences**. v. 21, n. 7, p. 2633, 2020.

FURTADO, C. L. M. *et al.* Epidrugs: targeting epigenetic marks in cancer treatment. **Epigenetics**. v. 14, n. 12, p. 1164-1176, 2019.

GIANOTTI, T. F.; PIROLA, C. J. Epigenética e Síndrome metabólica. **Revista Argentina de Endocrinologia y Metabolismo**. v. 52, p. 35-44, 2015.

IDOETA, P. A. Como fome vivida no útero e na infância prejudica o corpo por décadas. **BBC News Brasil**, São Paulo, 13 de nov., 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-59158631>. Acessado em 28 de ago. 2023.

IGLESIAS-ACOSTA, J., *et al.* Epigenética e doenças crônicas não transmissíveis. **Arquivos de Medicina**. v. 14, n. 4, p. 5, 2019.

LING, C.; RONN, T. Epigenética na obesidade humana e diabetes tipo 2. **Cell Metabolism**. .v. 29, n. 5, p. 1028-1044, 2019.

LOH, M., *et al.* C. Distúrbios epigenéticos na obesidade e diabetes: insights epidemiológicos e funcionais. **Molecular Metabolism**. v. 27 (Suple), p. 33-41, 2019.

MALTA, D. C., *et al.* A implantação do Sistema de Vigilância de Doenças Crônicas Não Transmissíveis no Brasil, 2003 a 2015: alcances e desafios. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. v. 20, n. 4, p. 661-675, 2017.

McALLAN, L., *et al.* Análises genômicas integrativas em adipócitos implicam metilação do DNA na obesidade humana e no diabetes. **Nature Commun**. v. 14, p. 2784, 2023.

MESENBURG, M. A., *et al.* Doenças crônicas não transmissíveis e covid-19: resultados do estudo Epicovid-19 Brasil. **Revista Saúde Pública**. v. 55, p. 38, 2021.

OMS revela principais causas de morte e incapacidade em o mundo entre 2000 e 2019. **Organização Pan-Americana da Saúde**. Genebra, 09 de dez, 2020. Disponível em <https://www.paho.org/pt/noticias/9-12-2020-oms-revela-principais-causas-morte-e-incapacidade-em-todo-mundo-entre-2000-e>. Acesso em 15 de nov. de 2023.

PANERA, N., *et al.* Genética, epigenética e transmissão transgeracional da obesidade em crianças. **Front Endocrinol** (Lausanne). v. 13, n. 1006008, 2022.

Pesquisa sobre epigenética do Programa de Educação e Pesquisa da Oregon Health & Science University. Disponível: <https://www.letsgethealthy.org/about-the-research/station-descriptions/epigenetics/>. Acesso em 10 de nov. 2023.

ROCHA, L. Hábitos de jovens entre 18 e 24 anos aumentam risco de doenças, diz pesquisa nacional. **CNN Brasil**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/habitos-de-jovens-entre-18-e-24-anos-aumentam-o-risco-de-doencas-cronicas-diz-inquerito-nacional/>. Acesso em 05. Dez. de 2023.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre Ciências da Natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte. v. 17, p. 49-67, 2015.

SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos Avançados**. v. 32, n. 94, p. 25-41, 2018.

SCARPA, D. L.; SILVA, M. B. A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. In Carvalho, A. M. P. d. (Org.). Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula. São Paulo, SP: Cengage Learning, p. 129-152, 2013.

TAYLOR-BAER, M.; HERMAN, D. Da epidemiologia à epigenética: evidências da importância da nutrição para o desenvolvimento ideal da saúde ao longo da vida. in HALFON, N. *et al.* (eds.). *Source Handbook of Life Course Health Development*. Springer. p. 431- 462, 2018.

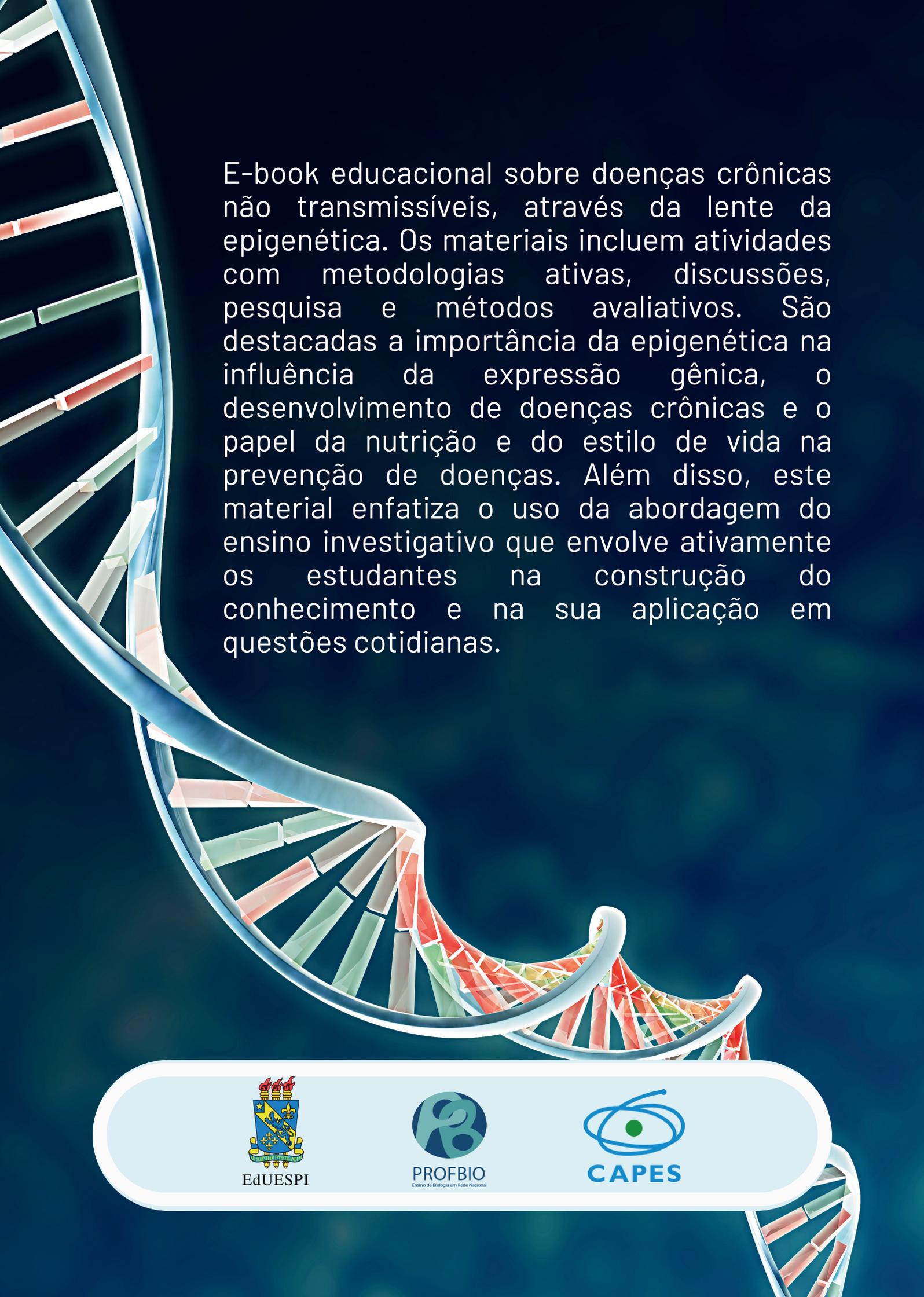
TRABBOLD, A. Doenças crônicas podem ter origem no desenvolvimento do feto. **Jornal USP**. São Paulo, 08 de ago., 2019. Disponível em:

<https://jornal.usp.br/ciencias/doencas-chronicas-podem-ter-origem-no-desenvolvimento-do-feto/>. Acessado em 15 de set. 2023.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. Ensino por Investigação: Eixos Organizadores para Sequências de Ensino de Biologia. **Revista Ensaio**. v. 17(especial), p. 97-114, 2015.

WADDINGTON, C. H. O epigenótipo, Empreendimento. **International Journal of Epidemiology**. v. 1, p. 18-20, 1942. Reimpresso em *International Journal of Epidemiology*. v. 41, p. 10-13, 2012. Disponível em: <https://academic.oup.com/ije/article/41/1/10/648029>. Acesso em 18 de março de 2023.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - BRASIL (CAPES). Código de Financiamento 001.



E-book educacional sobre doenças crônicas não transmissíveis, através da lente da epigenética. Os materiais incluem atividades com metodologias ativas, discussões, pesquisa e métodos avaliativos. São destacadas a importância da epigenética na influência da expressão gênica, o desenvolvimento de doenças crônicas e o papel da nutrição e do estilo de vida na prevenção de doenças. Além disso, este material enfatiza o uso da abordagem do ensino investigativo que envolve ativamente os estudantes na construção do conhecimento e na sua aplicação em questões cotidianas.



EdUESPI



PROFBIO

Ensino de Biologia em Rede Nacional



CAPES