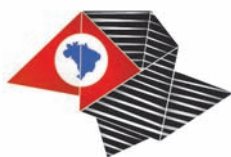




caderno do
PROFESSOR

BIOLOGIA



ensino médio
2ª SÉRIE
volume 3 - 2009





GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador
José Serra

Vice-Governador
Alberto Goldman

Secretário da Educação
Paulo Renato Souza

Secretário-Adjunto
Guilherme Bueno de Camargo

Chefe de Gabinete
Fernando Padula

Coordenadora de Estudos e Normas
Pedagógicas
Valéria de Souza

Coordenador de Ensino da Região
Metropolitana da Grande São Paulo
José Benedito de Oliveira

Coordenador de Ensino do Interior
Rubens Antonio Mandetta

Presidente da Fundação para o
Desenvolvimento da Educação – FDE
Fábio Bonini Simões de Lima

EXECUÇÃO

Coordenação Geral
Maria Inês Fini

Concepção

Guiomar Namó de Mello

Lino de Macedo

Luís Carlos de Menezes

Maria Inês Fini

Ruy Berger

GESTÃO

Fundação Carlos Alberto Vanzolini

Presidente do Conselho Curador:
Antonio Rafael Namur Muscat

Presidente da Diretoria Executiva:
Mauro Zilbovicius

Diretor de Gestão de Tecnologias
aplicadas à Educação:
Guilherme Ary Plonski

Coordenadoras Executivas de Projetos:
Beatriz Scavazza e Angela Sprenger

COORDENAÇÃO TÉCNICA

CENP – Coordenadoria de Estudos e Normas
Pedagógicas

Coordenação do Desenvolvimento dos Conteúdos Programáticos e dos Cadernos dos Professores

Ghisleine Trigo Silveira

AUTORES

Ciências Humanas e suas Tecnologias

Filosofia: Paulo Miceli, Luiza Christov, Adilton
Luís Martins e Renê José Trentin Silveira

Geografia: Angela Corrêa da Silva, Jaime Tadeu
Oliva, Raul Borges Guimarães, Regina Araujo,
Regina Célia Bega dos Santos e Sérgio Adas

História: Paulo Miceli, Diego López Silva,
Glaydson José da Silva, Mônica Lungov Bugelli e
Raquel dos Santos Funari

Sociologia: Heloisa Helena Teixeira de Souza
Martins, Marcelo Santos Masset Lacombe,
Melissa de Mattos Pimenta e Stella Christina
Schrijnemaekers

Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Biologia: Ghisleine Trigo Silveira, Fabíola Bovo
Mendonça, Felipe Bandoni de Oliveira, Lucilene
Aparecida Esperante Limp, Maria Augusta
Querubim Rodrigues Pereira, Olga Aguilar Santana,
Paulo Roberto da Cunha, Rodrigo Venturoso
Mendes da Silveira e Solange Soares de Camargo

Ciências: Ghisleine Trigo Silveira, Cristina
Leite, João Carlos Miguel Tomaz Micheletti Neto,
Julio César Foschini Lisboa, Lucilene Aparecida
Esperante Limp, Máira Batistoni e Silva, Maria
Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Paulo
Rogério Miranda Correia, Renata Alves Ribeiro,
Ricardo Rechi Aguiar, Rosana dos Santos Jordão,
Simone Jaconetti Ydi e Yassuko Hosoume

Física: Luis Carlos de Menezes, Estevam
Rouxinol, Guilherme Brockington, Ivã Gurgel, Luís
Paulo de Carvalho Piassi, Marcelo de Carvalho
Bonetti, Maurício Pietrocola Pinto de Oliveira,
Maxwell Roger da Purificação Siqueira, Sonia
Salem e Yassuko Hosoume

Química: Maria Eunice Ribeiro Marcondes,
Denilse Moraes Zambom, Fabio Luiz de Souza,
Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto, Isis Valença de Sousa
Santos, Luciane Hiromi Akahoshi, Maria Fernanda
Penteado Lamas e Yvone Mussa Esperidião

Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

Arte: Gisa Picosque, Mirian Celeste Martins,
Geraldo de Oliveira Suzigan, Jéssica Mami Makino
e Sayonara Pereira

Educação Física: Adalberto dos Santos Souza,
Jocimar Daolio, Luciana Venâncio, Luiz Sanches
Neto, Mauro Betti e Sérgio Roberto Silveira

LEM – Inglês: Adriana Ranelli Weigel Borges,
Alzira da Silva Shimoura, Livia de Araújo Donnini
Rodrigues, Priscila Mayumi Hayama e Sueli Salles
Fidalgo

Língua Portuguesa: Alice Vieira, Débora Mallet
Pezarim de Angelo, Eliane Aparecida de Aguiar,
José Luís Marques López Landeira e João Henrique
Nogueira Mateos

Matemática

Matemática: Nilson José Machado, Carlos
Eduardo de Souza Campos Granja, José Luiz
Pastore Mello, Roberto Perides Moisés, Rogério
Ferreira da Fonseca, Ruy César Pietropaolo e
Walter Spinelli

Caderno do Gestor

Lino de Macedo, Maria Eliza Fini e Zuleika de Felice
Murrrie

Equipe de Produção

Coordenação Executiva: Beatriz Scavazza

Assessores: Alex Barros, Beatriz Blay, Carla de
Meira Leite, Eliane Yambanis, Heloisa Amaral Dias
de Oliveira, José Carlos Augusto, Luiza Christov,
Maria Eloisa Pires Tavares, Paulo Eduardo Mendes,
Paulo Roberto da Cunha, Pepita Prata, Renata Elsa
Stark, Solange Wagner Locatelli e Vanessa Dias
Moretti

Equipe Editorial

Coordenação Executiva: Angela Sprenger

Assessores: Denise Blanes e Luís Márcio Barbosa

Projeto Editorial: Zuleika de Felice Murrrie

Edição e Produção Editorial: Conexão Editorial,
Edições Jogo de Amarelinha, Aeroestúdio e Occy
Design (projeto gráfico)

APOIO

FDE – Fundação para o Desenvolvimento da
Educação

CTP, Impressão e Acabamento

Esdeva Indústria Gráfica

A Secretaria da Educação do Estado de São Paulo autoriza a reprodução do conteúdo do material de sua titularidade pelas demais secretarias de educação do país, desde que mantida a integridade da obra e dos créditos, ressaltando que direitos autorais protegidos* deverão ser diretamente negociados com seus próprios titulares, sob pena de infração aos artigos da Lei nº 9.610/98.

* Constituem "direitos autorais protegidos" todas e quaisquer obras de terceiros reproduzidas no material da SEE-SP que não estejam em domínio público nos termos do artigo 41 da Lei de Direitos Autorais.

Catálogo na Fonte: Centro de Referência em Educação Mario Covas

São Paulo (Estado) Secretaria da Educação.
S239c Caderno do professor: biologia, ensino médio - 2ª série, volume 3 /
Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; equipe, Felipe
Bandoni de Oliveira, Ghisleine Trigo Silveira, Lucilene Aparecida Esperante
Limp, Maria Augusta Querubim Rodrigues Pereira, Paulo Roberto da Cunha,
Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira. – São Paulo : SEE, 2009.

ISBN 978-85-7849-313-4

1. Biologia 2. Ensino Médio 3. Estudo e ensino I. Fini, Maria Inês. II.
Oliveira, Felipe Bandoni de. III. Silveira, Ghisleine Trigo. IV. Limp, Lucilene
Aparecida Esperante. V. Pereira, Maria Augusta Querubim Rodrigues. VI.
Cunha, Paulo Roberto da. VII. Silveira, Rodrigo Venturoso Mendes da. VIII.
Título.

CDU: 373.5:573



Caras professoras e caros professores,

Tenho a grata satisfação de entregar-lhes o volume 3 dos Cadernos do Professor.

Vocês constatarão que as excelentes críticas e sugestões recebidas dos profissionais da rede estão incorporadas ao novo texto do currículo. A partir dessas mesmas sugestões, também organizamos e produzimos os Cadernos do Aluno.

Recebemos informações constantes acerca do grande esforço que tem caracterizado as ações de professoras, professores e especialistas de nossa rede para promover mais aprendizagem aos alunos.

A equipe da Secretaria segue muito motivada para apoiá-los, mobilizando todos os recursos possíveis para garantir-lhes melhores condições de trabalho.

Contamos mais uma vez com a colaboração de vocês.

Paulo Renato Souza

Secretário da Educação do Estado de São Paulo





SUMÁRIO

São Paulo faz escola – Uma Proposta Curricular para o Estado 5

Ficha do Caderno 7

Orientação sobre os conteúdos do Caderno 8

Tema – Do DNA à proteína: os fundamentos da vida 10

Situação de Aprendizagem 1 – A estrutura do DNA 10

Situação de Aprendizagem 2 – A duplicação do DNA 19

Situação de Aprendizagem 3 – Do DNA à proteína 27

Situação de Aprendizagem 4 – Do DNA à característica 35

Proposta de Situação de Recuperação 45

Recursos para ampliar a perspectiva do professor e do aluno para a compreensão do tema 47

Considerações finais 48



SÃO PAULO FAZ ESCOLA – UMA PROPOSTA CURRICULAR PARA O ESTADO

Prezado(a) professor(a),

É com muita satisfação que lhe entregamos mais um volume dos Cadernos do Professor, parte integrante da Proposta Curricular de 5^a a 8^a séries do Ensino Fundamental – Ciclo II e do Ensino Médio do Estado de São Paulo. É sempre oportuno lembrar que esta é a nova versão, que traz também a sua autoria, uma vez que inclui as sugestões e críticas recebidas após a implantação da Proposta.

É também necessário lembrar que os Cadernos do Professor espelharam-se, de forma objetiva, na Base Curricular, referência comum a todas as escolas da rede estadual, e deram origem à produção dos Cadernos dos Alunos, justa reivindicação de professores, pais e famílias para que nossas crianças e jovens possuíssem registros acadêmicos pessoais mais organizados e para que o tempo de trabalho em sala de aula pudesse ser melhor aproveitado.

Já temos as primeiras notícias sobre o sucesso do uso dos dois Cadernos em sala de aula. Este mérito é, sem dúvida, de todos os profissionais da nossa rede, especialmente seu, professor!

O objetivo dos Cadernos sempre será o de apoiar os professores em suas práticas de sala de aula. Podemos dizer que este objetivo está sendo alcançado, porque os professores da rede pública do Estado de São Paulo fizeram dos Cadernos um instrumento pedagógico com bons resultados.

Ao entregar a você estes novos volumes, reiteramos nossa confiança no seu trabalho e contamos mais uma vez com seu entusiasmo e dedicação para que todas as crianças e jovens da nossa rede possam ter acesso a uma educação básica de qualidade cada vez maior.

Maria Inês Fini

Coordenadora Geral
Projeto São Paulo Faz Escola







FICHA DO CADERNO

Do DNA à proteína: os fundamentos da vida

Nome da disciplina:	Biologia
Área:	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
Etapa da educação básica:	Ensino Médio
Série:	2 ^a
Volume:	3
Temas e conteúdos:	Estrutura química do DNA: a história da descoberta do modelo Modelo de duplicação do DNA RNA: a transcrição da mensagem Código genético e fabricação de proteínas



ORIENTAÇÃO SOBRE OS CONTEÚDOS DO CADERNO

Caro(a) professor(a),

O material apresentado a seguir é uma coleção de atividades sobre Biologia Molecular que pode ser aplicada em alunos da 2ª série do Ensino Médio. O modelo proposto por James Watson e Francis Crick para a molécula de DNA permitiu o desenvolvimento de uma área da Biologia muito recente, que provocou grande impacto no cidadão comum.

Em razão desses fatos, o tema desperta demasiado interesse e pode gerar discussões muito proveitosas com os alunos. No entanto, para que isto aconteça, acreditamos que seja de extrema importância compreender as bases do conhecimento científico sobre o funcionamento do DNA.

Vale destacar que se trata de um tema complexo, já que explora conceitos moleculares relacionando-os às características dos seres vivos. Ao abordar diferentes níveis de organização, os alunos podem encontrar dificuldades. No entanto, conseguem avanços significativos ao compreender como nossas características podem ser determinadas pelas moléculas que herdamos de nossos pais.

Desta forma, este Caderno propõe atividades que têm por objetivo o desenvolvimento de competências e habilidades que capacitem o aluno a:

- ▶ Utilizar diferentes linguagens (escrita, verbal, corporal e plástica para expressar e comunicar suas ideias).
- ▶ Interpretar e utilizar produções científicas.
- ▶ Procurar diferentes fontes de informação e recursos tecnológicos para construir conhecimentos.
- ▶ Desenvolver a criatividade, a análise crítica, o pensamento lógico e os procedimentos adequados para a resolução de problemas reais.

As estratégias utilizadas foram escolhidas de forma a valorizar o trabalho prático dos estudantes. As Situações de Aprendizagem propostas priorizam ainda o trabalho coletivo, quando os alunos podem reformular suas ideias e confrontá-las com as dos colegas. Esse aspecto amplia as possibilidades de argumentação em sala de aula. No entanto, esse tipo de atividade pode exigir uma redistribuição do tempo planejado de acordo com o envolvimento dos alunos. Em razão disto, sugerimos muitas Situações de Aprendizagem independentes, pois elas podem ser modificadas ou selecionadas conforme suas necessidades.

Para introduzir o tema, os alunos são convidados a analisar produções culturais que



apresentam a molécula de DNA. Dessa maneira, são apresentadas algumas ideias sobre a molécula e, a partir delas, os processos relacionados com o DNA são trabalhados por meio de interpretação e produção de textos e esquemas.

Ao longo do material, muitas questões dissertativas e de múltipla escolha são apresentadas. Além das questões, ao longo das atividades, os materiais produzidos pelos alunos podem ser utilizados em avaliações e explicitar como foi a participação deles nas

atividades. Essas opções permitem observar as competências e as habilidades que devem ser priorizadas na formação do grupo.

Essa variedade de sugestões de atividades e avaliações deve ser adequada para a realidade de cada turma. Por isso, sempre que desejar utilizar e modificar alguma etapa da atividade anote no próprio Caderno as alterações feitas e quais os motivos. Compartilhe suas sugestões com seus colegas e outros professores; pois, assim, acreditamos que o material pode ser mais útil a todos, tornando-se uma criação coletiva.



TEMA – DO DNA À PROTEÍNA: OS FUNDAMENTOS DA VIDA

A Biologia Molecular tem despertado grande interesse da população em geral. Um exemplo disto é a transformação do modelo do DNA em ícone da Ciência. De acordo com o *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*¹, o vocábulo ícone pode ser entendido como um elemento emblemático do seu tempo, do seu grupo, de um modo de agir ou pensar etc.

Desta forma, a imagem proposta originalmente por Watson e Crick para descrever a molécula responsável pela transmissão de características hereditárias tornou-se um elemento emblemático da Ciência. Com isso, nós, professores, ganhamos uma oportunidade única na Biologia de abordar um tema extremamente conceitual e abstrato com base nos conhecimentos prévios dos alunos, adquiridos nos meios de comunicação.

Apesar de aparentemente simples em sua estrutura, um longo polímero de unidades simples, o DNA é uma importante molécula orgânica. Estas moléculas de DNA – presentes em todas as formas de vida, desde vírus até mamíferos – comandam e coordenam toda a função celular, pois armazenam na sequência dos elementos que as formam as informações necessárias para a construção de todas as características de um ser vivo.

A organização particular desses elementos permite que as moléculas de DNA realizem importantes funções: em primeiro lugar, elas se autoduplicam, o que significa que fazem cópias de si mesmas e podem ser copiadas em outro tipo de ácido nucleico (o RNA), fazendo a supervisão indireta da fabricação de um tipo diferente de molécula, que é a proteína.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 A ESTRUTURA DO DNA

Esta primeira Situação de Aprendizagem tem como objetivo principal familiarizar os alunos com a sigla DNA e com as imagens que a representam. Assim, propõe-se a apresentação de imagens para que possam identificar algumas características dessa molécula. Outra forma de apresentar o DNA é por meio da leitura e interpretação da letra de uma música.

Na etapa seguinte, o modelo da dupla-hélice de DNA é apresentado na forma de um texto que resume as principais informações do trabalho de Watson e Crick e que pode ser complementado com uma exposição oral sobre os componentes da molécula e o modo como estão arranjados. Como fechamento da Situação de Aprendizagem, propõe-se a

¹ *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*, (edição eletrônica). Rio de Janeiro: Editora Objetiva, 2007.



apresentação de um mapa de conceitos sobre o DNA como subsídio para a produção de textos individuais sobre a estrutura da molécula.

Ao término da Situação de Aprendizagem, espera-se que os alunos sejam capazes de: reconhecer o DNA como um polímero formado por unidades básicas (os nucleotídeos), repeti-

das ao longo da molécula; reconhecer o significado da repetição de unidades para o papel desempenhado pela molécula; compreender o emparelhamento específico entre as bases nitrogenadas; compreender como os elementos que compõem o DNA se organizam formando a estrutura tridimensional do DNA da molécula; elaborar esquemas explicativos do processo de duplicação do DNA.

Tempo previsto: 6 aulas.

Conteúdos e temas: estrutura do DNA: a proposição do modelo.

Competências e habilidades: ler e interpretar textos e imagens relacionados à estrutura do DNA; reconhecer as unidades básicas que formam a molécula do DNA e a relação estrutural entre elas; relacionar a estrutura tridimensional da molécula de DNA com as funções por ela desempenhadas; produzir textos descritivos sobre a estrutura da molécula de DNA.

Estratégias: discussão em duplas; análise de esquemas conceituais, de textos e de imagens.

Recursos: retroprojetor; aparelho de som; transparências para projeção; livros didáticos.

Avaliação: respostas às questões propostas durante a atividade; participação, cooperação e interesse no desenvolvimento das atividades propostas; texto individual produzido a partir do mapa conceitual.

Roteiro para aplicação da Situação de Aprendizagem

Etapa prévia – Sondagem inicial e sensibilização

Podemos iniciar esta Situação de Aprendizagem propondo uma questão bem geral para os alunos: *O que você conhece sobre o DNA?* Nesta primeira aproximação com o tema, as explicações dos alunos costumam ser muito simples e não apresentam ainda conhecimentos científicos. Porém, com base nelas, podemos desenvol-

ver todos os conteúdos de Biologia Molecular. Os alunos podem anotar em seus cadernos os elementos apresentados no quadro, pois poderão ser retomados ao longo das aulas.

Etapa 1 – O DNA

Procure apresentar aos alunos algumas imagens do DNA. Seria interessante mostrar imagens não didáticas. A seguir, apresentamos a capa de uma revista científica publicada na época do anúncio do sequenciamento do genoma humano.



Peça aos estudantes que observem a imagem no Caderno do Aluno e respondam às questões a seguir:



Figura 1 – Capa da revista *Nature*, de 15 de fevereiro de 2001, que anunciou o sequenciamento do genoma humano.

Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd: *Nature* 409, 6822 (15 February 2001) Cover.



1. Como a imagem do DNA foi composta na capa da revista?

A imagem foi composta com várias fotografias de seres humanos.

2. Na sua opinião, o que significa essa imagem na capa de uma revista que trata sobre o sequenciamento do genoma humano?

Um significado possível é de que todos os seres humanos compartilham um mesmo tipo de DNA. O significado biológico vai ser apresentado em outro momento, mas, para um primeiro contato, esta interpretação é suficiente.

3. Quais características da molécula de DNA são observáveis nesta imagem?

O formato da molécula de DNA, que é semelhante a uma “escada” retorcida.

Os alunos podem discutir as questões em dupla, mas devem respondê-las individualmente em seus cadernos.

Após corrigir as questões, peça que leiam a letra da música *DNA*, do compositor José Miguel Wisnik. Se possível, apresente esta canção durante a leitura.

DNA

José Miguel Wisnik

Quando você nasceu ouvi seu grito
 Embora longe muito longe de você
 Meu coração bateu tambor aflito
 Tambor aflito e tonto de bater
 De tanto ser demais
 De tanto ser além
 De tanto bem e eu não ter paz
 Um raio quando cai
 No medo que me fez
 Não me sentir capaz de ser seu pai
 Anos se passaram pela vida e te criaram
 Noites de lembrar e de esquecer
 Sonhos que não sei me esconderam e me
 mostraram
 Esse dia em que eu te encontrei moça e mulher
 E ali em frente a mim você me disse
 Que a falta que eu nunca te fiz então se fez

E desabando como um edifício
 Abria um abismo a nossos pés
 Você nos viu tão bem
 No fundo de ninguém
 E o que se revelava a sós:
 Que elo nos valeu
 Que elo, ela e eu
 E a lua absurda sobre nós
 DNA, DNA
 Dança sua dança
 Dança em espirais
 DNA, DNA
 Ponte indecifrável
 Onde nos levais?
 Seja onde for, onda do mar
 Mágica tão frágil, ser e nada mais
 DNA, DNA
 Daniela

© Maianga Edições Musicais.



Após a leitura, os alunos respondem, ainda em duplas, às questões propostas a seguir:

1. Qual é a relação de parentesco entre as personagens da canção? Justifique com elementos presentes no texto.

A canção retrata a relação de um pai com sua filha, Daniela. Os versos a seguir reforçam esta ideia: “Quando você nasceu ouvi seu grito”; “Não me sentir capaz de ser seu pai”.

2. As personagens da canção apresentam um elo que não é a convivência. De acordo com a canção, que elo é este?

Este elo é o DNA.

3. Localize, no texto, todas as sequências das letras “D”, “N” e “A” apresentadas nas duas últimas estrofes. Liste as palavras que apresentam estas três letras simultaneamente.

As palavras são: DANça ; oNDA; NADa; DNA; DANiela.

4. Com as palavras listadas na questão anterior, o autor da música, José Miguel Wisnik, cria um efeito similar a uma das características da molécula de DNA, observável na capa da revista. Qual é esta característica?

As letras se alternam da mesma forma que os componentes do DNA se alternam ao longo da molécula.

Etapa 2 – A molécula de DNA

Apresente à turma o modelo da molécula de DNA proposto por Watson e Crick. Não é necessário pormenorizar a composição atômica da molécula, mas evidenciar que se trata de um polímero formado por unidades básicas: os nucleotídeos. Esta repetição de unidades é fundamental para o papel desempenhado pela molécula.

O texto a seguir reúne os principais fatos apresentados pelos autores sobre a estrutura tridimensional da molécula de DNA:

O modelo da molécula da vida

Em 1953, Francis Crick e James Watson publicaram um artigo na revista *Nature* no qual sugeriam um modelo para a molécula do DNA. Segundo esse modelo, a molécula de DNA seria constituída por dois polímeros de nucleotídeos organizados em forma de uma dupla-hélice; como uma escada retorcida. Os corrimãos dessa escada são formados de açúcar e fosfato.

A novidade da estrutura proposta, além do formato em dupla-hélice, estava relacionada principalmente à maneira como os elementos estavam dispostos no DNA. De acordo com o modelo, as duas cadeias eram mantidas juntas por quatro bases nitrogenadas, duas purinas (adenina e guanina) e duas pirimidinas (timina e citocina), arranjadas aos pares e dispostas perpendicularmente ao eixo da molécula.



Estas bases nitrogenadas estariam unidas aos pares por pontes de hidrogênio. Os pares seriam específicos, pois as pontes de hidrogênio só poderiam ocorrer entre uma purina e uma pirimidina. Assim, a adenina (purina) só pode se ligar à timina (pirimidina), e a guanina (purina) só se liga à citosina (pirimidina). Isto significava que, se em uma das cadeias a base era uma adenina, o elemento correspondente na outra cadeia deveria ser uma timina. O mesmo ocorreria para o par guanina e citosina.

Observe a imagem e faça a correspondência entre as características que estão sublinhadas no texto e as estruturas da ilustração.

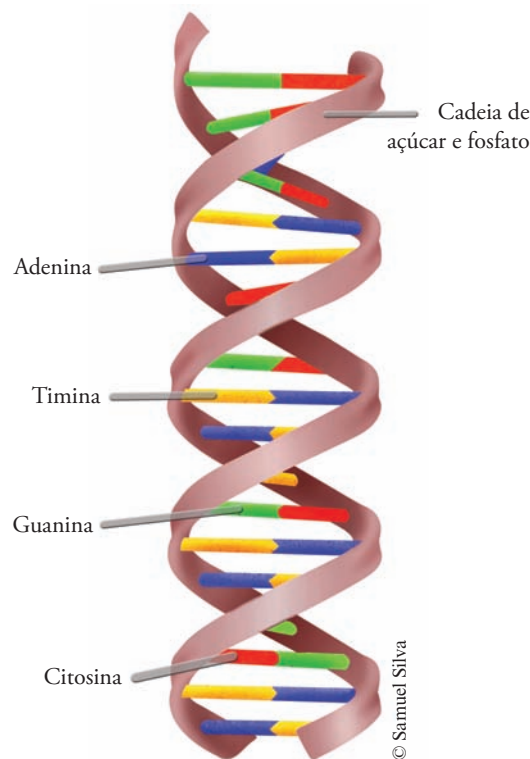


Figura 2 – Ilustração esquemática de uma molécula de DNA.

A descrição da estrutura tridimensional da molécula é mais bem compreendida com o apoio de imagens. Há uma diversidade delas em livros didáticos de Ensino Médio.

Assim, durante sua explicação ou a leitura, os alunos podem localizar esses elementos nas imagens disponíveis.

Etapa 3 – Consolidando os conceitos

Uma vez compreendidas as relações entre os elementos que compõem a molécula de DNA, seria interessante que os alunos produzissem um texto individual descrevendo-a. O mapa de conceitos apresentado a seguir pode ser utilizado pelos alunos para a produção deste texto.

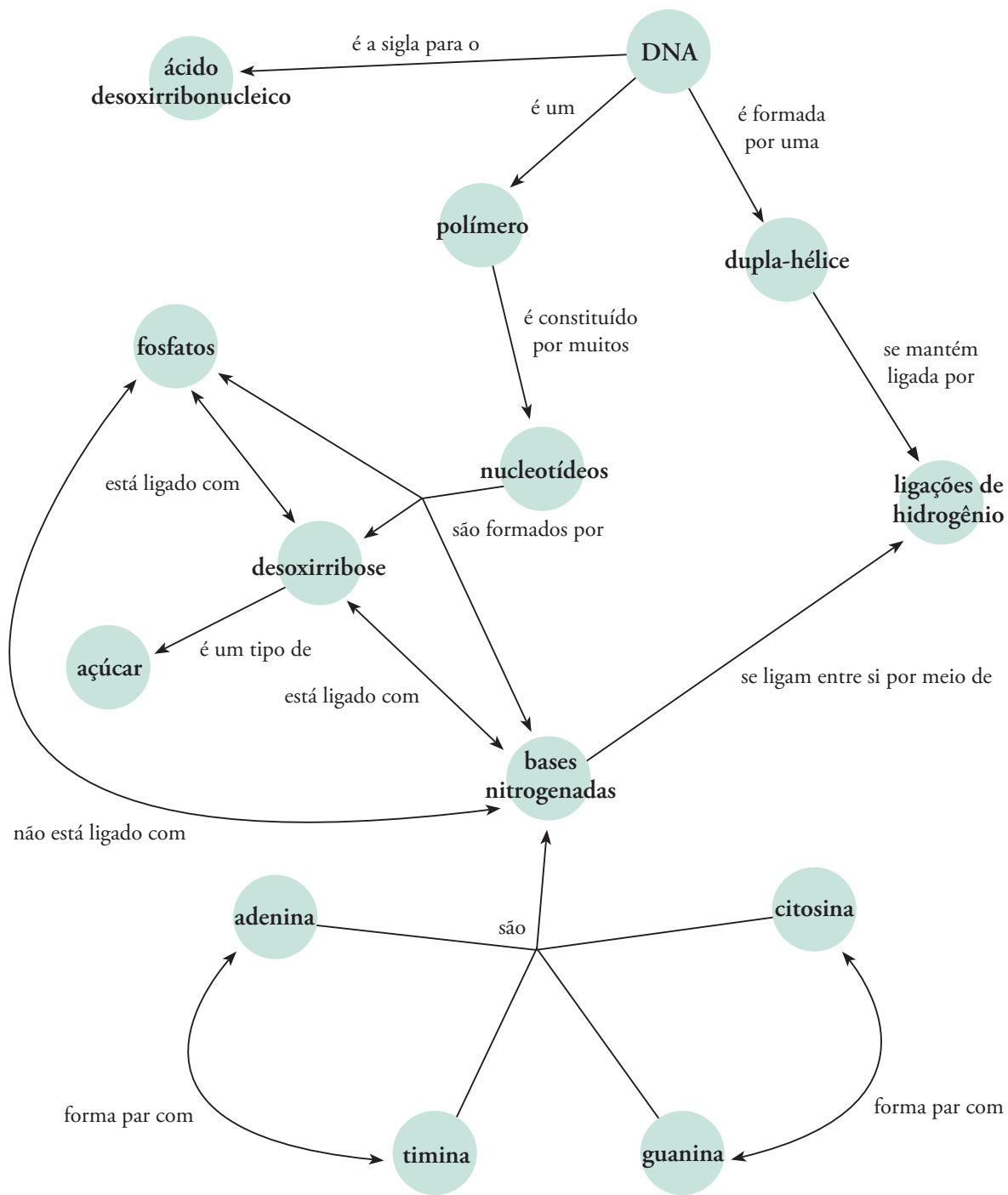


Figura 3 – Mapa de conceitos sobre a estrutura do DNA.



Depois da produção do texto sobre a estrutura da molécula de DNA, os alunos podem retomar as atividades anteriores e localizar as características observadas na imagem da capa da revista e na canção. Oriente-os a discutir, em duplas, a questão a seguir:

1. Na capa da revista *Nature*, as bases nitrogenadas estão representadas por cores diferentes. Qual é o significado disto?

Só são formados pares entre cores específicas, como ocorre entre as bases nitrogenadas.

Proposta de avaliação

1. Em um segmento de 100 nucleotídeos de uma cadeia de DNA, há 25 adeninas e 15 guaninas; no segmento correspondente da cadeia complementar há 30 adeninas. Com

base nestes dados, conclui-se que esta molécula de DNA, considerando as duas cadeias, possui:

- a) 60 timinas.
- b) 50 guaninas.
- c) 30 timinas.
- d) 25 timinas.
- e) 45 citosinas.**

2. (Enem–2004) A identificação da estrutura do DNA foi fundamental para compreender seu papel na continuidade da vida. Na década de 1950, um estudo pioneiro determinou a proporção das bases nitrogenadas que compõem moléculas de DNA de várias espécies.

Exemplos de materiais analisados	Bases nitrogenadas			
	Adenina	Guanina	Citosina	Timina
Espermatozoide humano	30,7%	19,3%	18,8%	31,2%
Fígado humano	30,4%	19,5%	19,9%	30,2%
Medula óssea de rato	28,6%	21,4%	21,5%	28,5%
Espermatozoide de ouriço-do-mar	32,8%	17,7%	18,4%	32,1%
Plântulas de trigo	27,9%	21,8%	22,7%	27,6%
Bactéria <i>Escherichia coli</i>	26,1%	24,8%	23,9%	25,1%



A comparação das proporções permitiu concluir que ocorre emparelhamento entre as bases nitrogenadas e que elas formam:

- a) pares de mesmo tipo em todas as espécies, evidenciando a universalidade da estrutura do DNA.
 - b) pares diferentes de acordo com a espécie considerada, o que garante a diversidade da vida.
 - c) pares diferentes em diferentes células de uma espécie, como resultado da diferenciação celular.
 - d) pares específicos apenas nos gametas, pois essas células são responsáveis pela perpetuação das espécies.
 - e) pares específicos somente nas bactérias, pois esses organismos são formados por uma única célula.
3. A publicação do trabalho de Francis Crick e James Watson que estabeleceu o modelo da estrutura da molécula de ácido desoxirribonucleico (DNA) ocorreu em 1953. Entre as afirmativas abaixo, assinale a CORRETA:
- a) Uma cadeia simples de DNA é constituída de nucleotídeos, compostos por uma desoxirribose ligada a um fosfato e a um aminoácido.
 - b) Os nucleotídeos são ligados entre o fosfato e a base nitrogenada.

- c) Duas cadeias simples de DNA formam uma dupla-hélice, por meio da formação de ligações de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.
- d) As duas cadeias de uma dupla-hélice possuem a mesma sequência de bases nitrogenadas.
- e) As ligações de hidrogênio mantêm o fosfato ligado ao açúcar desoxirribose.

4. (Comvest/Vestibular Unicamp–2005) Em 25 de abril de 1953, um estudo de uma única página na revista inglesa *Nature* intitulado *A estrutura molecular dos ácidos nucleicos*, quase ignorado de início, revolucionou para sempre todas as ciências da vida, sejam elas de homem, rato, planta ou bactéria. James Watson e Francis Crick descobriram a estrutura do DNA.

- a) Watson e Crick demonstraram que a estrutura do DNA se assemelha a uma escada retorcida. Explique a que correspondem os “corrimãos” e os “degraus” dessa escada.

Os “corrimãos” correspondem a uma sucessão alternada de fosfato e desoxirribose (açúcar). Os “degraus” são constituídos por pares de bases nitrogenadas, unidas por ligações de hidrogênio, onde adenina parece com timina, e citosina com guanina.

- b) Que relação existe entre DNA, RNA e síntese proteica?



A molécula de DNA contém genes que codificam as proteínas. Primeiramente, a informação contida nos genes é transcrita para uma molécula de RNA mensageiro que será lido pelos ribossomos no citoplasma. Ao ler os RNAm, os ribossomos sintetizam cadeias de aminoácidos (proteínas), cuja sequência é determinada pela sequência de nucleotídeos do RNAm.

c) Como podemos diferenciar duas proteínas?

Duas proteínas podem ser diferenciadas por suas sequências de aminoácidos. Outra diferença diz respeito às suas estruturas tridimensionais que definirão suas funções. A

estrutura tridimensional de uma proteína depende da sequência de seus aminoácidos.

Com base em informações pesquisadas em livros didáticos, peça que os alunos identifiquem quais são os componentes dos nucleotídeos no esquema proposto no Caderno do Aluno.

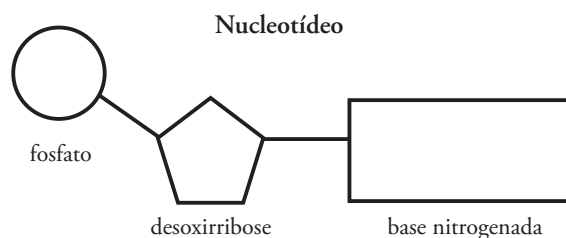


Ilustração esquemática de um nucleotídeo.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2 A DUPLICAÇÃO DO DNA

Nesta Situação de Aprendizagem, que tem como foco a duplicação da molécula de DNA, são apresentadas situações-problema com base no processo em questão.

Os alunos são desafiados a interpretar um gráfico que envolve quantidade de DNA, relacionando a variação desta quantidade ao processo de divisão celular.

Ao término da Situação de Aprendizagem, espera-se que os alunos sejam capazes de: compreender o mecanismo da duplicação do DNA; relacionar a duplicação do DNA com a complementaridade das bases que o compõem; localizar a duplicação do DNA no ciclo celular; relacionar a duplicação do DNA ao processo de divisão celular; compreender o papel da enzima DNA polimerase na duplicação do DNA.



Tempo previsto: 3 aulas.

Conteúdos e temas: a duplicação do DNA.

Competências e habilidades: interpretar gráficos e esquemas relativos à duplicação do DNA; produzir textos sobre o processo de duplicação do DNA; resolver problemas biológicos que envolvam operações matemáticas.

Estratégias: discussão em duplas; análise de esquemas, gráficos e tabelas; teatralização; resolução de exercícios.

Recursos: Caderno do Aluno com imagens e gráficos.

Avaliação: respostas às questões propostas durante a atividade; participação, cooperação e interesse no desenvolvimento das atividades propostas; texto produzido pelos alunos ao final da atividade.

Roteiro para aplicação da Situação de Aprendizagem

Etapa 1 – Revendo conceitos na construção de novos conhecimentos

O gráfico a seguir descreve a variação da quantidade de DNA de uma célula ao longo

de seu ciclo. Em duplas, os alunos podem analisar o gráfico e elaborar um texto que descreva o que observaram. Esta análise possibilita a retomada de conteúdos trabalhados no 1º bimestre sobre divisão celular. Para orientar a execução da tarefa, peça aos alunos que respondam a algumas questões ao longo da elaboração do texto:

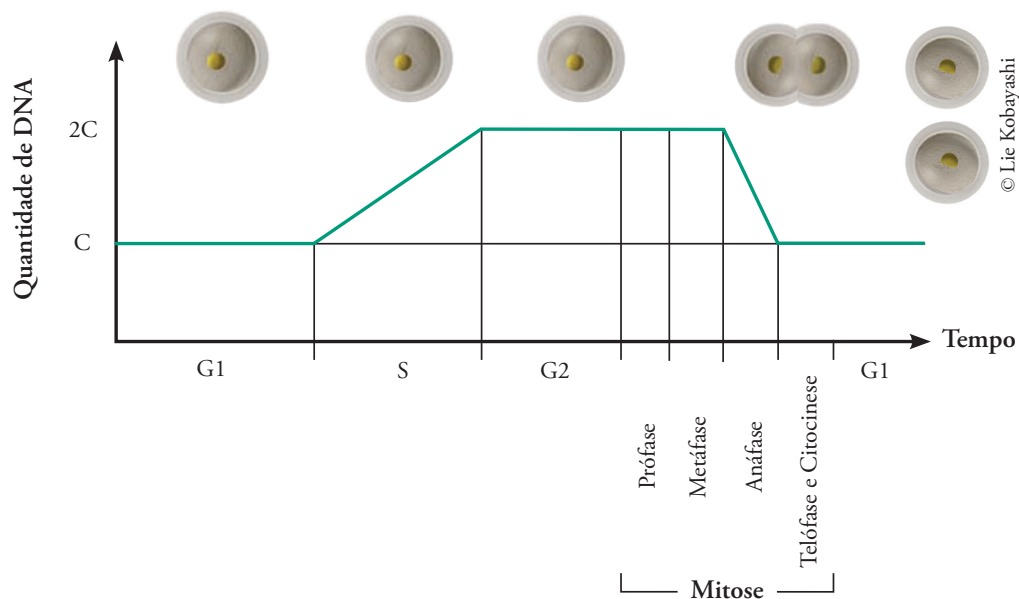


Gráfico 1 – Quantidade de DNA ao longo do ciclo celular.



1. O que está acontecendo durante a mitose?

Durante a mitose, a quantidade de DNA da célula duplicada durante a intérfase está se dividindo para originar as duas células-filhas.

2. No período chamado de intérfase (G1, S e G2), o que aconteceu com a quantidade de DNA?

A quantidade de DNA duplicou, passou de C para 2 C.

3. A quantidade de DNA por célula inicia com que valor? E termina com que valor?

A quantidade de DNA começa com C e acaba com o mesmo valor, C.

Depois de elaborar o texto, as duplas devem trocá-lo com outras duplas. A leitura do texto dos colegas deve acontecer acompanhada da observação do esquema apresentado a seguir:

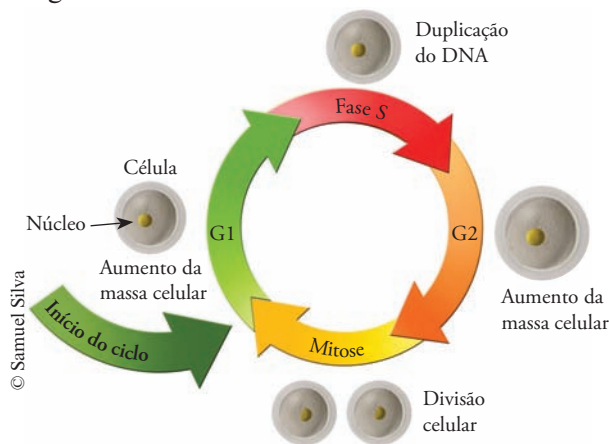


Figura 4 – Etapas do ciclo celular.

Durante a leitura dos textos dos colegas, os alunos devem verificar se a descrição do gráfico é compatível com o esquema apresentado. Sugestões sobre o texto e a correção conceitual devem ser feitas, respeitando-se o estilo dos autores. Ao retomar o próprio texto, os alunos devem corrigi-lo ou complementá-lo. Além disso, seria interessante que ilustrassem o novo texto com o esquema e o gráfico.

Etapa 2 – A duplicação do DNA

Algumas questões para dar início à segunda etapa:

1. Com base no que você e seus colegas já conhecem, responda: como o DNA consegue se duplicar?

Não esperamos que o aluno produza uma resposta elaborada sobre a replicação do DNA. No entanto, seria muito salutar que ele pudesse estabelecer alguma relação entre o pareamento de bases (pares A/T e C/G) e o processo de replicação.

2. As células formadas na divisão celular são iguais ou diferentes?

Neste momento, não são esperadas explicações corretas e detalhadas para a questão, pois os alunos ainda não possuem elementos para construí-las. Entretanto, as respostas dadas serão muito úteis para relacionar os conhecimentos prévios dos alunos e direcionar as suas explicações.



Para dar continuidade à discussão sobre a duplicação do DNA, organize a dramatização a seguir para representar este processo com os alunos. Esta teatralização vai envolver toda a classe.

Inicialmente, é preciso organizar a classe em seis fileiras de carteiras, numeradas de 1 a 6, com o mesmo número de carteiras e devidamente alinhadas. É possível, também, organizar a sala em quatro ou oito fileiras, vai depender do número de alunos, do espaço e do tempo disponíveis. A seguir, peça que os alunos escrevam em uma folha do caderno uma letra representando uma das quatro bases nitrogenadas, esta será a identificação de cada aluno. Neste momento, é importante garantir que o número de citosinas seja igual ao número de guaninas e que o número de adeninas seja igual ao número de timinas. Peça para os alunos ficarem em pé na frente da sala para que a atividade comece. Os alunos em pé representam os nucleotídeos soltos no núcleo da célula.

A ideia é formar sequências de nucleotídeos (uma fita, cadeia ou hélice do DNA) que serão representadas pelas fileiras preenchidas com os alunos sentados. Depois, forma-se uma dupla-hélice da molécula de DNA e, em seguida, a molécula se duplica.

Situação 1

Comece a atividade preenchendo as fileiras 2 e 3. Para preencher a fileira 2, distribua aleatoriamente os alunos (nucleotídeos: A, G, C,

T). Explique aos alunos que eles acabaram de formar uma cadeia de nucleotídeos.

Peça, a seguir, que a fileira 3 seja preenchida, e, neste caso, deve-se respeitar a complementaridade das cadeias (A com T; C com G). Quando as duas cadeias (fileiras 2 e 3) estiverem adequadamente organizadas, explique aos alunos que se trata de uma analogia à dupla-hélice da molécula de DNA, emparelhadas com as sequências complementares. A seguir, explique o processo de replicação do DNA.

Situação 2

Agora os alunos das fileiras 2 e 3 vão representar a duplicação da molécula de DNA. Para isto, você pode dizer: “A dupla-fita se separa”. Solicite que os alunos que estão sentados na fileira 2 sentem-se na fileira 1, mantendo a ordem (sequência de bases) da fileira 2.

Dê um novo comando: “Os nucleotídeos que estão soltos no núcleo (alunos em pé) começam a se ligar a cada uma das cadeias, agora, separadas”. Assim, alguns dos alunos que estavam em pé devem sentar-se nas fileiras 2 e 4. Os alunos que seguem para a fileira 2 devem sentar um por vez de acordo com o pareamento complementar dos nucleotídeos da fileira 1. O procedimento se repete para os alunos que formam a fileira 4, que fazem o pareamento com a fileira 3.

Prossiga com a descrição dos fenômenos: “O processo de adição de novos nucleotídeos



continua até que duas novas moléculas são formadas e a célula pode, então, se dividir”.

Situação 3

Agora, a célula que contém o DNA formado pelas fileiras 3 e 4 vai se duplicar. Dê continuidade à narração: “A dupla-fita se separa”. Os alunos da fileira 4 devem, então passar para a fileira 6. “Os nucleotídeos que estavam soltos no núcleo (alunos que restaram em pé) começam a se ligar a cada uma das fitas livres (cadeiras vazias das fileiras 4 e 5)”. Continue com a narrativa: “Duas novas moléculas são formadas e a célula pode se dividir novamente”. Se o número de alunos de sua classe for reduzido, organize fileiras com poucos alunos. Quatro alunos por fileira são suficientes.

Aproveitando as questões do Caderno do Aluno (**Atividade coletiva: simulando a replicação do DNA**), retome o Gráfico 1 e peça aos alunos para comparar os fenômenos que ocorrem na variação de DNA de uma célula ao longo de seu ciclo de divisão celular (mitose) com as etapas de dramatização que a classe acabou de realizar, apontando os eventos mais importantes.

Para verificar se eles estão fazendo as relações necessárias, peça que identifiquem, no esquema proposto no Caderno do Aluno, o que representa cada cadeia da imagem de DNA em relação às fileiras que formaram na dramatização feita pela classe. O esquema da Figura 5 apresenta esta relação.

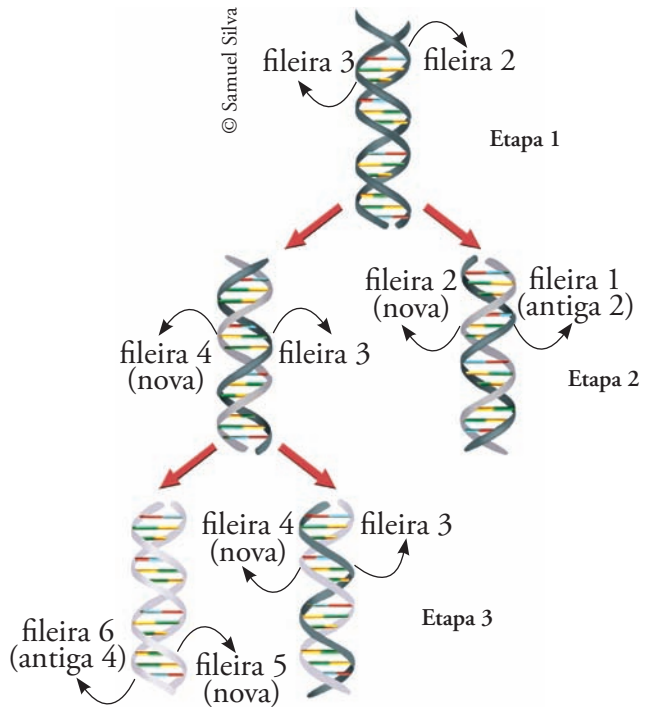


Figura 5 – Duplicação do DNA com relação entre fita de DNA e fileira de carteiras indicadas.

Os alunos podem elaborar um texto no caderno sobre: *Como a complementaridade das bases nitrogenadas permite a duplicação do DNA?* Neste texto, eles deverão apresentar a descrição da estrutura do DNA e a complementaridade das bases nitrogenadas, o processo de duplicação do DNA durante o ciclo celular e, ao final, relacionar estes eventos à produção de duas células idênticas.

Etapa 3 – Quem duplica o DNA?

As ideias apresentadas sobre duplicação do DNA podem ser expandidas ao permitir o desenvolvimento de habilidades mais abstratas e do pensamento lógico-matemático. Além



disso, podemos começar a apresentar o papel das proteínas no controle das atividades do núcleo celular. Para isso, o exercício a seguir pode ser apresentado aos alunos para que, em duplas, tentem resolvê-lo.

Em primeiro lugar, procure apresentar um quadro com a estimativa do número de pares de base (em milhões) do DNA de diferentes espécies.

Espécie	Pares de base do DNA
Jiboia	2 100 000 000
Ser humano	3 100 000 000
Gafanhoto	9 300 000 000
Cebola	18 000 000 000
Salamandra	160 000 000 000
Ameba	670 000 000 000

A seguir, desafie-os com a seguinte questão: *Para duplicar o DNA antes da divisão celular, existe uma proteína, a enzima polimerase do DNA, cuja velocidade de reação é equivalente a cerca de 800 nucleotídeos por segundo. Quantos dias seriam necessários para uma célula de cada uma das espécies listadas duplicar o seu DNA?*

Os alunos devem chegar aos seguintes valores:

Espécie	Número de dias
Jiboia	61
Ser humano	90
Gafanhoto	269
Cebola	521
Salamandra	4630
Ameba	19387

Solicite a cada dupla que calcule o tempo necessário para a duplicação do DNA dos seres humanos e de outro organismo qualquer do quadro. Lembre-os de que o quadro apresenta os valores em milhões de pares de base do DNA, enquanto a velocidade da enzima apresenta-se em nucleotídeos por segundo.

Antes de os alunos iniciarem a resolução do problema, explique o papel da polimerase do DNA na duplicação do DNA retomando a etapa 2 desta Situação de Aprendizagem. Com isso, espera-se que o aluno perceba que o valor apresentado no quadro deveria também ser multiplicado por 2, já que está em pares de base e será necessário, para o cálculo, do número de nucleotídeos.

Por fim, eles devem observar que a resposta deve ser dada em número de dias e não em segundos. Depois das observações apresentadas, os alunos podem resolver o exercício. Para o ser humano, o exercício poderia ser resolvido da seguinte forma:



DNA Humano → 3,1 bilhões de pares de base de DNA

DNA polimerase = 800 nucleotídeos por segundo

3 100 000 000 pares de base por células × 2 (para sabermos o número de nucleotídeos por célula)

= 6 200 000 000 nucleotídeos por célula

$$\frac{6\,200\,000\,000 \text{ nucleotídeos de uma célula}}{800 \text{ nucleotídeos por segundo}} = 7\,750\,000 \text{ segundos para duplicar o DNA de uma célula}$$

$$= \frac{7\,750\,000 \text{ segundos}}{60 \text{ segundos por minuto}} = \frac{129\,166,67 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos por hora}} = \frac{2\,152,78 \text{ horas}}{24 \text{ horas por dia}}$$

= aproximadamente 90 dias para duplicar o DNA de uma célula humana

Assim, para replicar todo o DNA de uma célula humana, a polimerase do DNA consumiria cerca de 90 dias! Sabemos, no entanto, que o tempo médio de duplicação de uma célula eucariota é de 12 horas. Ao assumir que a enzima polimerase do DNA demonstra uma velocidade de reação constante para todas as espécies analisadas, solicite aos alunos que apresentem hipóteses para explicar esta aparente contradição.

Eles podem responder a esta questão propondo explicações ou comentando as respostas dos colegas. Ao final da discussão, espera-se que eles consigam perceber que a velocidade apresentada corresponde à de uma molécula da proteína, mas muitas moléculas de proteínas podem atuar simultaneamente, diminuindo o tempo necessário para duplicar o DNA de uma célula.

Além dessa questão, os dados apresentados no quadro sugerem outra discussão:

- ▶ Há uma correlação direta entre o número de pares de base e a complexidade estrutural e funcional do organismo?

Os alunos, com base na comparação dos dados, podem perceber que esta correlação não existe.

Proposta de avaliação

1. Durante a intérfase da célula, pode-se afirmar que:
 - a) praticamente não há atividade metabólica celular.
 - b) ocorrem alterações no formato da célula.
 - c) ocorre duplicação da célula.
 - d) ocorre duplicação do DNA.**
 - e) a dupla-fita do DNA se separa.



2. A sequência de nucleotídeos CTGACCT-TCG forma um segmento de DNA dupla-hélice ao se ligar à fita complementar:

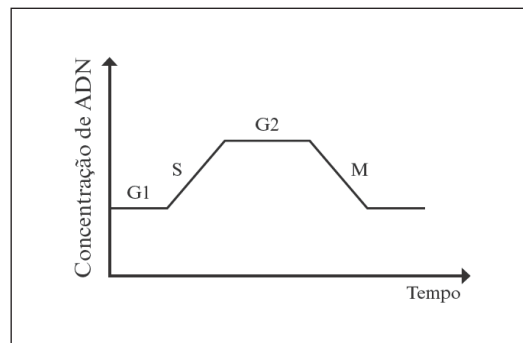
- a) CTGACCTTCG
- b) GCTTCCAGTC
- c) GACTGGAAGC
- d) CTGACCTGCG
- e) AGCTTCCAGT

3. Para duplicar o DNA antes da divisão celular, existe uma proteína, a enzima DNA polimerase, cuja velocidade de reação é equivalente a cerca de 800 nucleotídeos por segundo. Quantos dias seriam necessários para uma célula de mosca-da-fruta duplicar seu DNA, sabendo que cada célula desta espécie apresenta cerca de 180 milhões de pares de base de DNA?

- a) 10
- b) 5
- c) 1
- d) 7 500
- e) 125

4. Algumas células não se multiplicam ao longo de suas vidas. Dentre elas, podemos citar os neurônios. Para este tipo celular

específico, como ficaria o gráfico apresentado a seguir?

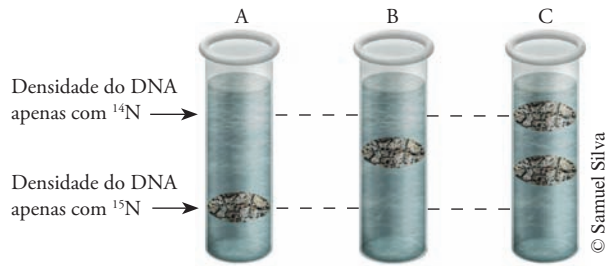


Uma reta sem as fases S, G2 e M, pois, se a célula não se multiplica, ela não duplicará seu DNA.

5. (Fuvest–2004) Bactérias (*Escherichia coli*) foram cultivadas durante várias gerações em um meio de cultura no qual toda a fonte de nitrogênio era o isótopo pesado ^{15}N .

De uma amostra destas bactérias (amostra A), extraiu-se o DNA que foi submetido a uma técnica de centrifugação que permite separar moléculas de DNA de acordo com sua densidade. O restante das bactérias foi transferido para um meio de cultura em que todo o nitrogênio disponível era o isótopo normal ^{14}N . Retirou-se uma segunda amostra (amostra B) quando as bactérias completaram uma divisão celular neste novo meio, e uma terceira amostra (amostra C) quando as bactérias completaram duas divisões celulares. O DNA das bactérias das amostras B e C foi também extraído e centrifugado.





A figura mostra o resultado da centrifugação do DNA das três amostras de bactérias.

- a) Por que, na amostra B, todo o DNA tem uma densidade intermediária entre o que é constituído apenas por ^{14}N e o que contém apenas ^{15}N ?

No tubo B, a densidade é intermediária por causa da presença do isótopo normal e do isótopo pesado, dada a característica da duplicação do DNA ser semiconservativa, ou seja, uma fita antiga servir de molde para a fita nova.

- b) Considerando que, na amostra C, a quantidade de DNA separada na faixa inferior é X, que quantidade de DNA há na faixa superior?

Na faixa superior também há X de DNA, com densidade menor (isótopo normal).

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 DO DNA À PROTEÍNA

Nesta Situação de Aprendizagem, são desenvolvidas atividades que buscam relacionar os ácidos nucleicos com a síntese de proteínas. Assim, ao término dela, espera-se que os alunos sejam capazes de: reconhecer as semelhanças e diferenças entre DNA e RNA; relacionar os diferentes tipos de RNA com o processo de

síntese de proteínas; compreender o processo de síntese de proteínas; elaborar esquemas explicativos do processo de síntese de proteínas; reconhecer a existência de um código genético universal, por meio do qual a sequência de bases do DNA é traduzida em uma sequência de aminoácidos na proteína.



Tempo previsto: 3 aulas.

Conteúdos e temas: RNA: a transcrição da mensagem; código genético e fabricação de proteínas.

Competências e habilidades: interpretar quadros e textos; descrever o processo de síntese de proteínas.

Estratégias: discussão em duplas; construção de quadros comparativos; leitura e interpretação de textos; resolução de exercícios.

Recursos: livros didáticos; Caderno do Aluno.

Avaliação: respostas às questões propostas durante a atividade; participação e interesse no desenvolvimento das atividades propostas.

Roteiro para aplicação da Situação de Aprendizagem

Etapa 1 – Caracterizando os ácidos nucleicos

Nesta etapa do aprendizado do aluno, é importante que eles tenham a compreensão de que as proteínas, polímeros de aminoácidos, executam as mais diversas funções nas células e no organismo. Desempenham funções estruturais, metabólicas (enzimas), de defesa (anticorpos), de transporte de substâncias e de comunicação celular (hormônios), entre outras. Na seção **Pesquisa Individual** do Caderno do Aluno, é solicitado que eles pesquisem essas funções e preencham um quadro.

A compreensão das proteínas na organização e no funcionamento dos organismos vivos deve possibilitar aos alunos uma compreensão mais precisa da importância do DNA como material hereditário e capaz de armazenar informações genéticas.

Depois de se conhecer a estrutura do DNA,

uma pergunta que pode ser feita é:

Como as informações contidas no DNA que passam de uma geração para a outra podem resultar em uma característica?

Para dar início à discussão deste aspecto da Biologia Molecular, os alunos podem ler o texto narrativo sobre a molécula de RNA: *Lembranças de um RNA mensageiro*.

Antes de iniciar a leitura, pergunte aos alunos o que eles esperam encontrar em um texto com este título. É muito provável que eles não conheçam o RNA. Anote os comentários na lousa para discuti-los posteriormente.

Muito semelhante à molécula de DNA, o RNA pode ser estudado por meio de comparações. Para isso, os alunos, em duplas, devem completar a tabela comparativa apresentada a seguir, antes de ler o texto. Eles poderão utilizar diferentes fontes de informação (internet ou livros didáticos) para obter as informações necessárias. Embora esteja no Caderno do Aluno, esta tabela pode ser reproduzida na lousa.



	DNA	RNA
1. Qual é o significado da sigla?	<i>Ácido desoxirribonucleico</i>	<i>Ácido ribonucleico</i>
2. O nucleotídeo deste ácido nucleico é formado por qual tipo de açúcar?	<i>Desoxirribose</i>	<i>Ribose</i>
3. Quais são as bases nitrogenadas que podem formar um nucleotídeo deste ácido nucleico?	<i>Adenina, Timina, Guanina, Citosina</i>	<i>Adenina, Uracila, Guanina, Citosina</i>
4. A molécula deste ácido nucleico é formada por fita simples ou dupla-fita?	<i>Dupla-fita</i>	<i>Fita simples</i>
5. Quais podem ser as funções desempenhadas por moléculas deste ácido nucleico?	<i>“Armazenar” a informação genética</i>	<i>Traduzir a informação genética em proteína</i>
6. Em uma célula humana, onde podemos encontrar as moléculas deste ácido nucleico?	<i>No núcleo (e também na mitocôndria)</i>	<i>No núcleo e no citoplasma (e também na mitocôndria)</i>

A correção do quadro comparativo pode ser feita coletivamente. Vale ressaltar que os alunos, apesar de terem preenchido o quadro, não devem ter compreendido muito bem o papel do RNA ou sua estrutura. Desta forma, o quadro deverá ser retomado e discutido ao final da etapa seguinte.

Etapa 2 – O RNA mensageiro

Agora que os alunos já conhecem a molécula de RNA, eles podem ler o texto individualmente ou podem ouvir a leitura feita pelo professor ou por um colega.

Lembranças de um RNA mensageiro

Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira

Comecei a me formar na costela dela. Na verdade, era uma das cadeias de uma molécula de DNA. Uma proteína grudava minhas partes e eu começava a me formar. Centenas de nucleotídeos complementares a uma das cadeias do DNA formam o que eu sou hoje, um breve RNA mensageiro.

Nascido com esta missão, saí do núcleo da célula e, rapidamente, no citoplasma, fui abordado por um aglomerado de proteínas e RNAs ribossômicos, conhecido como ribossomo. Quando o primeiro ribossomo se fixou em mim, não percebi que era em um local específico. Quando outros fizeram o mesmo, percebi que era abordado sempre por eles em um trecho muito específico, em uma trinca de bases nitrogenadas AUG.

A movimentação na região era intensa: centenas de RNAs transportadores eram atraídos, mas apenas alguns se encaixavam no ribossomo e em mim. Era interessante perceber que apenas algumas bases nitrogenadas de cada RNA transportador se ligavam aos meus nucleotídeos. Eram sempre três bases do RNA transportador que se ligavam a três bases nitrogenadas minhas. E isso ocorreu em sequência, sempre de três em três.



Inicialmente, um RNA transportador UAC se prendeu ao meu corpo e ao ribossomo se encaixando às minhas bases AUG. Como depois de AUG eu apresentava os nucleotídeos AAA, um segundo RNA transportador UUU se ligou em mim e o ribossomo se deslocou pelo meu corpo. Ao se deslocar, o primeiro RNA transportador (UAC) se soltou de nós e saiu livre pelo citoplasma.

Pude perceber que aquele RNA transportador deixou um pequeno aminoácido preso ao ribossomo. Eu achava que ele havia esquecido aquilo ali, mas percebi que todos que de nós se desprendiam deixavam seus aminoácidos por lá.

Como disse, o ribossomo se deslocou e um novo RNA transportador se aproximou. Ele apresentava uma sequência CGC complementar à minha GCG. Ao se ligar a nós, o ribossomo se deslocou novamente e o RNA transportador anterior se soltou, deixando outro aminoácido. Isso aconteceu centenas de vezes até o ribossomo chegar ao meu trecho UAG. Nessa hora, centenas de aminoácidos estavam ligados uns aos outros e nenhum RNA transportador se aproximou. O ribossomo se desprendeu de meu corpo e aquele conjunto de aminoácidos do corpo dele se desprendeu.

Não tardou muito para outros ribossomos se prenderem a mim e repetirem esse deslizamento ao longo de meu corpo. Novos conjuntos de aminoácidos idênticos ao primeiro se formaram. Muitas vezes isso aconteceu. Lembro-me disso enquanto sou destruído em muitos nucleotídeos...

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Após a leitura do texto, os alunos podem responder às questões em duplas.

1. Explique o título do texto.

“Lembranças de um RNA mensageiro” é um texto narrado pelo próprio RNA mensageiro. Nele, o narrador descreve um período de sua vida, a partir do momento de seu nascimento até sua “morte”.

2. Qual seria, a partir das informações presentes no texto, os três tipos de RNA? Quais são suas respectivas funções?

RNA mensageiro, RNA transportador e RNA ribossômico. O RNA mensageiro é um molde do DNA que leva a informação do DNA até o ribossomo. O RNA transportador identifica sequências do RNA mensageiro e libera o aminoácido correspondente no ribossomo. O RNA ribossômico forma o ribosso, estru-

tura responsável pela ligação entre o RNA mensageiro e o RNA transportador, além da reunião dos aminoácidos.

3. Pelo texto, a tradução do RNA mensageiro inicia sempre em uma mesma sequência. Que sequência é esta?

AUG.

4. Em que local da célula ocorre a fabricação de RNA mensageiro?

No núcleo.

5. Em que local da célula ocorre a tradução do RNA mensageiro?

No citoplasma.

6. No quinto parágrafo, o termo “nós” se refere a quem?



Ao RNA mensageiro e ao ribossomo.

7. De acordo com o texto, quando é encerrada a tradução do RNA mensageiro?

Na sequência UAG.

8. Pesquise por qual palavra podemos substituir o termo “conjunto de aminoácidos”.

Podemos substituí-lo por polipeptídeo ou por proteína.

9. Agora, reescreva esta história do ponto de vista do ribossomo utilizando apenas as informações apresentadas no texto.

O texto deve conter todas as etapas descritas que ocorrem no citoplasma, tendo como narrador o ribossomo.

Além de discutir as questões propostas, procure retomar a questão sobre o título do texto: as ideias iniciais dos alunos sobre o que seria encontrado no texto se confirmaram? Além disso, o quadro comparativo do DNA e do RNA merece ser revisto, pois as ideias presentes no texto podem servir para complementá-lo.

Etapa 3 – Decifrando o código genético

Agora, vamos aprofundar a questão sobre como uma informação presente no DNA

pode se transformar em uma característica. Para isto, proponha a discussão sobre o código genético com base na manchete a seguir:

CIENTISTAS MAPEIAM O CÓDIGO GENÉTICO DA PRAGA DA LARANJA

Finalizado o maior projeto de pesquisa biológica do País, o Genoma Xylella, que pretende acabar com o amarelinho.

Para iniciar a discussão, peça aos estudantes que respondam a algumas questões, presentes no Caderno do Aluno, coletivamente:

1. O que é um código?
2. O que significa código genético?
3. Os cientistas mapearam qual código genético?
4. O que é o amarelinho?
5. O que é o “Genoma Xylella”?
6. O que é genoma?

Peça que registrem as respostas no Caderno do Aluno. Não é necessário corrigir, neste momento, os possíveis equívocos presentes em suas respostas. Oriente-os a comparar as respostas dadas com o texto apresentado a seguir:

O código genético dos seres vivos

Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira

Uma notícia publicada no ano 2000 apresentava a seguinte manchete: “Anunciada decifração do código genético da espécie humana”. No entanto, o código genético começou a ser decifrado em 1961, quando Marshall Nirenberg produziu um RNA mensageiro apenas com nucleotídeos Uracila. A proteína formada por Nirenberg era composta apenas por aminoácidos fenilalanina. Antes do término da década de 1960, o código genético estava completamente decifrado. Para cada trinca de bases nitrogenadas, um aminoácido correspondente já havia sido identificado, conforme mostra a tabela.

O código genético dos seres vivos					
1ª letra do códon	2ª letra do códon				3ª letra do códon
	U	C	A	G	
U	fenilalanina	serina	tirosina	cisteína	U
	fenilalanina	serina	tirosina	cisteína	C
	leucina	serina	parada	parada	A
	leucina	serina	parada	triptofano	G
C	leucina	prolina	histidina	arginina	U
	leucina	prolina	histidina	arginina	C
	leucina	prolina	glutamina	arginina	A
	leucina	prolina	glutamina	arginina	G
A	isoleucina	treonina	asparagina	serina	U
	isoleucina	treonina	asparagina	serina	C
	isoleucina	treonina	lisina	arginina	A
	metionina	treonina	lisina	arginina	G
G	valina	alanina	ácido aspártico	glicina	U
	valina	alanina	ácido aspártico	glicina	C
	valina	alanina	ácido glutâmico	glicina	A
	valina	alanina	ácido glutâmico	glicina	G

Elaborado especialmente para o São Paulo faz escola.

Como interpretar a notícia publicada em 2000?

A sequência de bases nitrogenadas do DNA humano, chamada de genoma humano, é confundida com a expressão “código genético” da espécie. Esse sequenciamento do genoma humano foi finalizado por volta do ano

2000. Dessa forma, a manchete apresentada contém um erro conceitual muito comum em alguns noticiários sobre Ciência.

Depois de ler o texto, os alunos devem reformular suas respostas anteriores e podem reescrever a manchete sobre a Xylella. Eles podem ainda explorar o quadro do código

genético começando pela sequência UUU de RNA mensageiro, que corresponde ao aminoácido fenilalanina.

Os alunos podem voltar ao texto *Lembranças de um RNA mensageiro* e verificar quais eram os aminoácidos formados ao longo dele. Com isto, poderão concluir que toda proteína se inicia com uma metionina. Além disso, perceberão que a trinca UAG do texto não corresponde a nenhum aminoácido e está identificada como “parada”. Trata-se de uma das trincas de parada do código genético. Nessas, a tradução é interrompida.

Para verificar se os alunos conseguem utilizar o quadro a seguir, solicite que identifiquem quais trincas de RNA mensageiros correspondem ao aminoácido arginina. A partir desse exemplo, se achar pertinente, discuta a redundância do código genético.

Para explorar melhor a tabela do código genético, os alunos podem tentar traduzir a sequência de DNA apresentada a seguir. Vale lembrá-los de que apenas uma das fitas do DNA será transcrita em RNA mensageiro, e ele será traduzido em aminoácidos.

Do DNA à proteína	
Fita do DNA a ser transcrita	TAC GGA GTA GCT ATA ATT
RNA mensageiro	<i>AUG CCU CAU CGA UAU UAA</i>
Proteína	<i>met – pro – his – arg – tyr</i>

Proposta de avaliação

1. Um professor de Biologia, procurando explicar de maneira mais simplificada para seus alunos o processo de síntese de proteínas, utilizou as seguintes analogias:

- I. Imagine que você queira fazer um bolo. A primeira coisa que você vai precisar é de uma receita. O mesmo ocorre em relação à síntese de proteínas.
- II. Para produzir um bolo, além da receita, você precisará de ingredientes. Da mesma forma, a célula precisa de certos ingredientes para produzir proteínas.

III. Vamos supor que sua mãe guarde todas as receitas no computador, que fica no escritório ou no quarto de estudos. Para ter e utilizar a receita, você terá que imprimi-la.

IV. Para fazer o bolo, você se dirige à cozinha com a receita impressa. Lá estão, além dos ingredientes, o forno e os objetos para fazer o bolo. Em uma célula, também há um local onde ocorre a síntese de proteínas.

Analise as alternativas e assinale aquela que indica uma correspondência verdadeira:



- a) O computador com as receitas seria o RNA das células.
- b) O quarto de estudos é o citoplasma da célula e o computador representa os ribossomos.
- c)** O aluno, ao ler a receita e fazer o bolo na cozinha, representa o processo de tradução.
- d) A receita impressa corresponde ao RNA transportador.
- e) O bolo feito corresponde ao gene.

2. (Fuvest–1999) Existe um número muito grande de substâncias com funções antibióticas. Essas substâncias diferem quanto à maneira pela qual interferem no metabolismo celular. Assim, a TETRACICLINA liga-se aos ribossomos e impede a ligação do RNA transportador; a MITOMICINA inibe a ação da polimerase do DNA e a ESTREPTOMICINA causa erros na leitura dos códons do RNA mensageiro. Estas informações permitem afirmar que:

I – A TETRACICLINA impede a transcrição e leva a célula bacteriana à morte por falta de RNA mensageiro.

II – A MITOMICINA, por inibir a duplicação do DNA, impede a multiplicação da célula bacteriana.

III – A ESTREPTOMICINA interfere na tradução e leva a célula bacteriana a produzir proteínas defeituosas.

Das alternativas acima,

- a) apenas I é correta.
- b) apenas I e II são corretas.
- c)** apenas II e III são corretas.
- d) apenas I e III são corretas.
- e) I, II e III são corretas.

3. Se coletássemos proteínas em um ovo fóssil de certa espécie de dinossauro, seria possível reconstituir o DNA desses animais? Justifique.

Não. De acordo com o código genético, diferentes trincas de nucleotídeos podem especificar o mesmo aminoácido.

4. (Fuvest–2005) A seguir está representada a sequência dos 13 primeiros pares de nucleotídeos da região codificadora de um gene.

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

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

A primeira trinca de pares de bases nitrogenadas à esquerda corresponde ao aminoácido metionina.



A tabela a seguir mostra alguns códons do RNA mensageiro e os aminoácidos codificados por cada um deles.

Códon do RNAm	Aminoácido
ACC	treonina
AGU	serina
AUG	metionina
CCU	prolina
CUG	leucina
GAC	ácido aspártico
GGC	glicina
UCA	serina
UGG	triptofano

a) Escreva a sequência de bases nitrogenadas do RNA mensageiro, transcrito a partir deste segmento de DNA.

AUG AGU UGG CCU G

b) Utilizando a tabela de código genético fornecida, indique a sequência dos três aminoácidos seguintes à metionina, no polipeptídeo codificado por este gene.

Serina – triptofano – prolina

c) Qual seria a sequência dos três primeiros aminoácidos de um polipeptídeo codificado por um alelo mutante desse gene, originado pela perda do sexto par de nucleotídeos (ou seja, a deleção do par de bases T = A)?

Metionina – serina – glicina

Propomos atividades na seção **Pesquisa Individual** do Caderno do Aluno nesta Situação de Aprendizagem nas quais a classe vai verificar como a alteração da sequência de bases do DNA pode causar alterações nas proteínas. Os exercícios consistem em observar uma sequência do DNA, alterá-la com diferentes mutações e verificar seus efeitos. No primeiro caso, não há alteração porque o aminoácido codificado é o mesmo; no segundo caso, há a alteração de um aminoácido; no terceiro, a primeira mutação causará a produção de um códon de parada e, portanto, os aminoácidos subsequentes não serão adicionados na proteína. A segunda mutação é mais drástica, pois acarretará a reorganização de todos os códons a partir da mutação.

SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 DO DNA À CARACTERÍSTICA

A proposta para esta Situação de Aprendizagem é rever alguns conceitos de Genética relacionados às ideias de Mendel sobre a herança

biológica e, a partir deles, estabelecer relações com os conteúdos trabalhados sobre a molécula de DNA¹ e a tradução da informação genética.

¹ Esta Situação de Aprendizagem foi inspirada no artigo *Mendel enrolado na dupla-hélice*, de Cristina Yumi Miyaki, Lyria Mori, Maria Cristina Arias e Rodrigo V. M. da Silveira, publicado na revista *Genética na Escola da Sociedade Brasileira de Genética*. Disponível em: <<http://www.sbg.org.br>>. Acesso em: 8 maio 2009.

Ao término desta Situação de Aprendizagem, espera-se que os alunos sejam capazes de relacionar os conceitos mendelianos com

os conhecimentos sobre a estrutura e função do DNA.

Tempo previsto: 4 aulas.

Conteúdos e temas: integração entre os conceitos da Genética Clássica e da Biologia Molecular.

Competências e habilidades: elaborar texto descritivo sobre o trabalho de Mendel com as ervilhas; construir e interpretar mapas conceituais relacionando conceitos da Genética Clássica e da Biologia Molecular; interpretar gráficos e esquemas relacionados à pesquisa genética.

Estratégias: discussão em duplas; discussão em classe; elaboração de textos e mapas conceituais; resolução de exercícios.

Recursos: Caderno do Aluno com textos e esquemas.

Avaliação: mapas conceituais produzidos; respostas dadas ao problema das ervilhas; textos individuais produzidos; participação e interesse no desenvolvimento das atividades propostas.

Roteiro para aplicação da Situação de Aprendizagem

Etapa 1 – Revendo conceitos

Ao iniciar esta Situação de Aprendizagem, vamos relembrar uma parte do trabalho de Mendel com ervilhas. Para isto, os alunos devem elaborar um texto descrevendo os cruzamentos realizados pelo pesquisador, bem como seus resultados e suas conclusões.

Antes de iniciar a produção do texto, os alunos, em duplas, devem interpretar o esque-

ma e verificar quais conceitos presentes no mapa permitem explicá-lo adequadamente. Neste momento, algumas dúvidas poderão aparecer.

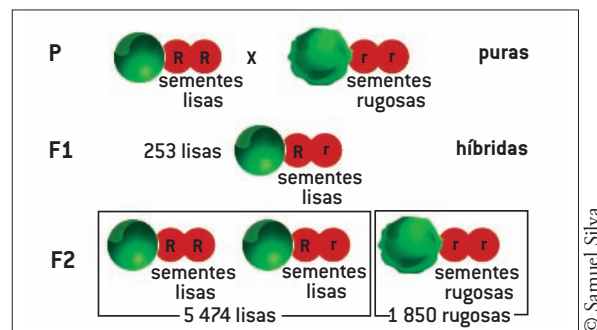


Figura 6 – Esquema do trabalho de Mendel com as ervilhas.

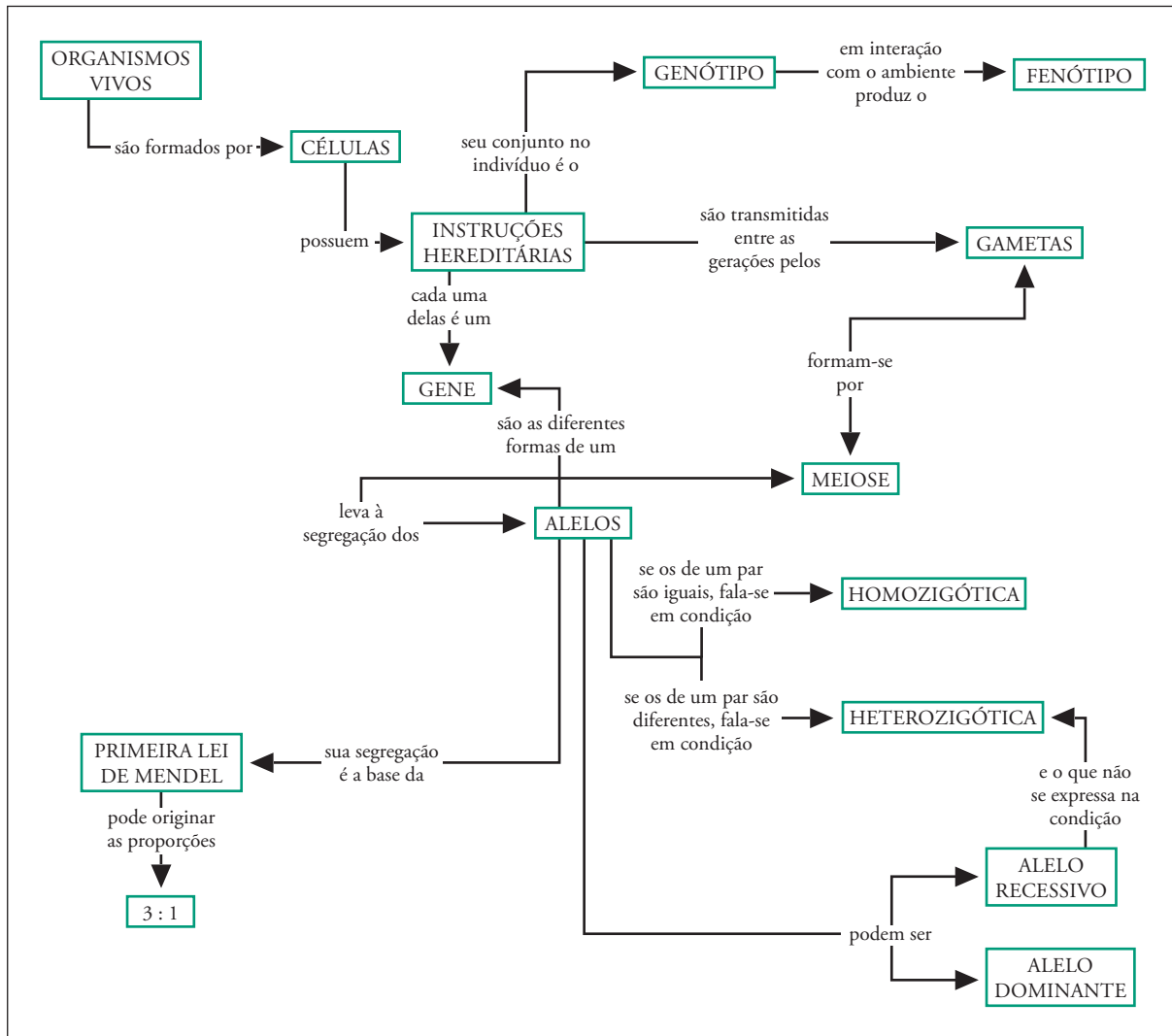


Figura 7 – Mapa de conceitos sobre Genética.

Ao concluir o texto, o aluno deve trocá-lo com o de um colega para análise. Ao receber o texto do colega, deve verificar se os conceitos do mapa foram empregados corretamente para explicar o trabalho de Mendel com as ervilhas. Coletivamente, solicite apreciações sobre os textos analisados. Com isso, é possível verificar quais foram os erros mais frequentes e corrigi-los.

Etapa 2 – Atualizando os conceitos

Para integrar os conceitos de Biologia Molecular aos conceitos de Genética Clássica, propomos a leitura e interpretação do texto a seguir que descreve o trabalho de pesquisadores ingleses que analisaram uma das sete características de ervilha (*Pisum sativum*) estudadas por Mendel: a textura da semente, em que o estado liso é dominante sobre o rugoso.



Do genótipo ao fenótipo

Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira

Ao pesquisar a causa do fenótipo rugoso, eles suspeitaram de que esse fenótipo fosse consequência da grande quantidade de um açúcar simples (amido não ramificado) no cotilédone, o que resultaria no acúmulo de grande quantidade de água. Quando a semente amadurece, ela seca, ou seja, perde água. Como nessa semente há grande acúmulo de água, ela fica muito volumosa e, ao secar, sua película se enrugua. A semente lisa possui açúcares com muitas ramificações, não acumulando água e, como consequência, não tem rugosidade.

Esses pesquisadores descobriram que o alto índice de açúcar simples na semente rugosa se deve a um defeito na síntese de amido, o que ocorre em razão da ausência de uma enzima ramificadora do amido (SBE-1, *starch-branching enzyme* ou enzima ramificadora do amido), e que as células do cotilédone das ervilhas que acumulam amido não ramificado, por pressão osmótica, retêm mais água.

O alelo “R”, que codifica a semente lisa, é um fragmento de DNA com 3,3 mil pares de bases, que codifica a enzima SBE-1. O alelo “r”, que codifica a semente rugosa, é um fragmento de DNA com uma inserção de 800 pares de bases, portanto o gene possui 4,1 mil pares de bases, e a enzima SBE-1 produzida não é funcional. Assim, não há produção de amido ramificado, levando ao maior acúmulo de água; quando a semente seca, torna-se rugosa.

Elaborado especialmente para o São Paulo faz escola.

Para discutir com os alunos as ideias tratadas nessa pesquisa, os alunos devem responder às questões a seguir:

1. O que é uma enzima?

É uma proteína com função metabólica que controla uma determinada reação química. No caso da enzima SBE-1, ela controla a adição de novas moléculas de glicose nas ramificações do amido.

2. Segundo o texto, qual a relação entre a osmose e o fato de uma ervilha ser lisa ou rugosa?

As células dos cotilédones podem armazenar mais ou menos água ao longo de seu

desenvolvimento, dependendo do teor de amido ramificado. Cotilédones com muito amido não ramificado acumulam mais água e, quando secam, ficam com aspecto enrugado. Já os cotilédones com muito amido ramificado acumulam pouca água ao longo do desenvolvimento e, quando secam, perdem pouca água e permanecem com o volume praticamente inalterado, mantendo-se a ervilha lisa.

3. A seguir, você vai encontrar duas simulações hipotéticas de sequências obtidas na análise do DNA de dois tipos diferentes de ervilhas puras (homozigóticas): com sementes lisas e com sementes rugosas. Qual a sequência complementar do DNA em cada caso?



Sementes lisas puras apresentam a seguinte sequência:

tactctatgaacctcgtaaagtactaaact

Sementes rugosas puras apresentam a seguinte sequência:

tactctatgaacctcgtaaagtactaaatagaaaaactt

A primeira tarefa dos alunos seria formar a sequência complementar do DNA de cada ervilha.

Fita complementar de DNA

Semente lisa:

atgagatacttgagcaatttcattgattgtga

Semente rugosa:

atgagatacttgagcaatttcattgattatcttttgaaa

4. A seguir, forme o RNA mensageiro, considerando que a sequência apresentada no texto é a que servirá de molde.

Os alunos devem formar o RNA mensageiro, considerando que a sequência apresentada é a que servirá de molde.

RNA mensageiro

Semente lisa:

augagauacuuggagcaauuucaugauuuuguga

Semente rugosa:

augagauacuuggagcaauuucaugauuuuacuuuuugaaa

5. Para finalizar, faça a tradução da molécula de RNA e verifique qual é a proteína formada em cada caso. Para isso, consulte o quadro com o código genético apresentado na Situação de Aprendizagem anterior.

Agora, identifique no quadro a seguir qual proteína corresponde à ervilha rugosa e qual corresponde à ervilha lisa.

Sequência de aminoácidos	Proteína
met-arg-tyr-leu-glu-gln-phe-his-asp-leu	I
met-arg-tyr-leu-glu-gln-phe-his-asp-his	II
met-arg-tyr-leu-glu-gln-phe-his-asp-leu-his	III
met-arg-tyr-leu-glu-gln-phe-his-asp-leu-ser	IV
met-arg-tyr-leu-glu-gln-phe-his-asp-leu-ser-phe	V

- ▶ semente lisa:

proteína I

- ▶ semente rugosa:

proteína V

6. Considerando o gráfico apresentado a seguir, discuta com seus colegas de classe se a sequência dos aminoácidos de uma proteína pode influenciar no funcionamento dela.

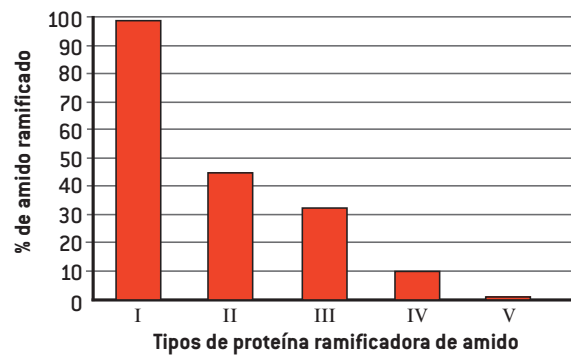


Gráfico 2 – Porcentagem de amido ramificado na presença de diferentes proteínas.

Fonte: Dados fictícios.

Os alunos devem discutir coletivamente se a sequência dos aminoácidos de uma proteína pode influenciar no funcionamento dela. Para isso, a função da proteína SBE-1 pode ser apresentada de maneira simplificada. Além disso, outros exemplos de proteínas podem ser discutidos.

- a) Procure em seu livro didático as diferenças entre as estruturas primária, secundária e terciária de uma proteína.



► Estrutura primária:

É a sequência de aminoácidos que compõe uma proteína.

► Estrutura secundária:

Representa a existência de diferentes domínios, regiões, na estrutura de uma proteína com formatos importantes para a função que a proteína desempenha.

► Estrutura terciária:

É o formato final de uma proteína e este está diretamente associado à função que a proteína executa.

- b) Qual das sequências de DNA corresponde ao alelo “r”, responsável pelo caráter semente rugosa?

tactctatgaacctcggttaaagtactaaatagaaaaacttt

- c) Qual das sequências de DNA corresponde ao alelo “R”, responsável pelo caráter semente lisa?

tactctatgaacctcggttaaagtactaaacact

O esquema utilizado na etapa anterior deve ser retomado. A partir das sequências estudadas nesta etapa, os alunos poderão concluir qual seria o alelo R e o alelo r do ponto de vista molecular. Por meio de perguntas, complete a discussão do esquema.

7. Considere, agora, uma planta de ervilha heterozigota para a característica textura da ervilha, quais tipos de alelos ela possui?

O alelo R (codifica a proteína I) e o alelo r (codifica a proteína V).

8. Uma ervilha heterozigota (Rr) apresenta o mesmo fenótipo de uma ervilha homozigota dominante (RR), ambas são lisas. Estes dois tipos de ervilha são idênticos do ponto de vista molecular?

Não, pois uma possui uma cópia do alelo R e a outra, duas cópias. Além disso, a ervilha heterozigota deve produzir cerca de metade de suas moléculas de amido com ramificações e a outra sem ramificações, enquanto a ervilha homozigota (RR) deve produzir apenas amido com ramificações.

9. Se a ervilha apresenta 50% de proteínas do tipo I, ela tem qual fenótipo?

Liso.

Etapa 3 – Construindo o mapa de conceito

A construção de um mapa vai integrar os conceitos de Biologia Molecular e de Genética Clássica. Para isso, os alunos, em grupos de quatro, devem utilizar duas listas de conceitos e uma com expressões que permitem relacioná-los. Este material se encontra no Caderno do Aluno.



Conceitos I	Conceitos II	Expressões de ligação
RR	DNA sem inserção	não produz
Rr	DNA com inserção	produz
rr	dupla-hélice de DNA	perde muita
R	cromossomo	perde pouca
r	proteína SBE-1 funcional	é
fatores	proteína SBE-1 não funcional	são
dominante	água	codifica
recessivo	alelo	acumula muita
ervilha lisa	gene	acumula pouca
ervilha rugosa	amido ramificado	faz
fenótipo	RNA mensageiro	composto de
genótipo		
heterozigoto		
homozigoto		

Para a construção do mapa, os alunos devem ler o conjunto de informações apresentadas a seguir. Elas tratam dos conceitos listados anteriormente. Em seguida, solicite aos alunos que façam linhas, orientadas por setas, relacionando os vários conceitos por meio das expressões de ligação. Caso seja necessário, os alunos podem criar novas expressões para relacionar os conceitos.

Os alunos devem procurar fazer correlações múltiplas, de modo que o mapa final fique com o aspecto de rede, evitando relações lineares simples. Para isso, o mesmo conceito pode estar conectado a vários outros. Para ajudá-los, outros mapas utilizados ao longo do bimestre podem ser apresentados.

Mendel, em 1866, deduziu que:	Mendel, hoje, saberia que:
As plantas possuem fatores hereditários.	As plantas híbridas (F1) para semente lisa e rugosa possuem os dois alelos ("R" e "r"), que Mendel chamou de fatores.
Os fatores são transmitidos de uma geração à outra.	A meiose explica como os alelos se separam na formação dos gametas.
Os fatores podem ser representados por letras: maiúscula (R) para o dominante e minúscula (r) para o recessivo.	Durante a meiose, os cromossomos homólogos se separam.
As plantas híbridas (F1) possuem os dois fatores (Rr); só assim podem produzir dois tipos de descendentes (F2).	Os cromossomos são constituídos por DNA e proteínas.
Os fatores na planta híbrida não se misturam.	O DNA é formado por uma cadeia dupla de nucleotídeos.
Os fatores na planta híbrida devem se separar na formação dos gametas, para que cada gameta possua apenas um dos fatores.	A partir do DNA, uma molécula de RNA é sintetizada (RNA mensageiro), codificando uma proteína.



Mendel, em 1866, deduziu que:	Mendel, hoje, saberia que:
Obs: é importante ressaltar que nessa época nada se sabia sobre cromossomos e meiose.	O alelo “R”, que codifica a semente lisa, é um fragmento de DNA com 3,3 mil pares de bases, que codifica a enzima SBE-1 (<i>starch-branching enzyme</i> ou enzima ramificadora do amido). O alelo “r”, que codifica a semente rugosa, é um fragmento de DNA com uma inserção de 800 pares de bases, portanto o gene possui 4,1 mil pares de bases e a enzima SBE-1 produzida não é funcional. Assim, não há produção de amido ramificado, levando a um maior acúmulo de água; quando a semente seca torna-se rugosa.

É importante lembrar que, em mapas de conceitos, não existe uma só resposta correta, mas existem ligações erradas, que devem ser corrigidas. Um mapa bem elaborado é aquele que resulta em uma rede de ligações múltiplas, que vai além das ligações lineares.

Depois de construir os mapas de conceitos, os grupos podem avaliar os mapas dos colegas e verificar as relações equivocadas. Uma discussão coletiva pode encerrar a Situação de Aprendizagem sistematizando as relações mais importantes.

Proposta de avaliação

1. (Fuvest–2003) Qual das alternativas se refere a um cromossomo?

a) Um conjunto de moléculas de DNA com todas as informações genéticas da espécie.

b) Uma única molécula de DNA com informação genética para algumas proteínas.

c) Um segmento de molécula de DNA com informação para uma cadeia polipeptídica.

d) Uma única molécula de RNA com informação para uma cadeia polipeptídica.

e) Uma sequência de três bases nitrogenadas do RNA mensageiro correspondente a um aminoácido na cadeia polipeptídica.

2. (Fuvest–2002) Em seu trabalho com ervilhas, publicado em 1866, Mendel representou os fatores hereditários determinantes dos estados amarelo e verde do caráter cor da semente pelas letras **A** e **a**, respectivamente. O conhecimento atual a respeito da natureza do material hereditário permite dizer que a letra **A** usada por Mendel simboliza:

a) um segmento de DNA com informação para uma cadeia polipeptídica.

b) um segmento de DNA com informação para um RNA ribossômico.



- c) um aminoácido em uma proteína.
- d) uma trinca de bases do RNA mensageiro.
- e) uma trinca de bases do RNA transportador.
3. (Fuvest–2001) O anúncio do sequenciamento do genoma humano, em 21 de junho de 2000, significa que os cientistas determinaram:
- a) a sequência de nucleotídeos dos cromossomos humanos.
- b) todos os tipos de proteína codificados pelos genes humanos.
- c) a sequência de aminoácidos do DNA humano.
- d) a sequência de aminoácidos de todas as proteínas humanas.
- e) o número correto de cromossomos da espécie humana.
4. (Comvest/Vestibular Unicamp–1998) O metabolismo celular é controlado por uma série de reações em que estão envolvidas inúmeras proteínas. Uma mutação gênica pode determinar a alteração ou a ausência de algumas dessas proteínas, levando a mudanças no ciclo de vida da célula.
- a) Explique a relação que existe entre gene e proteína.

Gene é um segmento do DNA localizado nos cromossomos. Possui um código químico representado por sequências de bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina e timina). Cada trinca de bases é capaz de codificar um aminoácido de uma proteína. A sequência de trinca vai determinar a sequência dos aminoácidos de um polipeptídeo.

- b) Por que podem ocorrer alterações nas proteínas quando o gene sofre mutação?

Mutações são modificações na sequência ou na composição das bases do DNA (gene), que podem causar a produção de uma proteína alterada, ou mesmo a não produção da proteína.

- c) Em que situação uma mutação não altera a molécula proteica?

A substituição de uma base nitrogenada no DNA pode não causar nenhuma alteração na proteína produzida pela célula porque o código genético é degenerado, ou seja, um mesmo aminoácido pode ser codificado por diferentes trinca de bases.

5. (Fuvest–1996) Uma doença genética de herança dominante é causada por mutações em um gene localizado em um autossomo. Os indivíduos **A**, **B** e **C** têm mutações em um segmento de DNA deste gene, cuja sequência normal está representada a seguir.



Sequência normal

CAA AAC TGA GGA ATG CAT TTC (m)
GTT TTG ACT CCT TAC GTA AAG

Indivíduo B

CAT AAC TGA GGA ATG CAT TTC (m)
GTA TTG ACT CCT TAC GTA AAG

Indivíduo A

CAA AAC TGA GGA ATT CAT TTC (m)
GTT TTG ACT CCT TAA GTA AAG

Indivíduo C

CAA TAC TGA GGA ATG CAT TTC (m)
GTT ATG ACT CCT TAC GTA AAG

Códon	Aminoácido	Códon	Aminoácido
AAA	lisina	CUA	leucina
AAC	asparagina	GAU	ácido glutâmico
AAG	lisina	GCC	alanina
ACU	treonina	GUA	valina
AGU	serina	GUU	valina
AUG	metionina	UAA	de parada
CAA	glutamina	UAC	tirosina
CAU	histidina	UGA	de parada
CCU	prolina	UUG	leucina

Usando a tabela que relaciona alguns có-dons aos respectivos aminoácidos e conside-rando que a fita molde a ser transcrita é aquela assinalada com a letra **m**, responda:

- a) Quais serão os segmentos de proteínas produzidos, respectivamente, pelos indi-víduos **A**, **B** e **C**?

Proteína normal: Val - Leu - Tre - Pro - Tir - Val - Lis

Indivíduo A: Val - Leu - Tre - Pro

Indivíduo B: Val - Leu - Tre - Pro - Tir - Val - Lis

Indivíduo C: Val - Met - Tre - Pro - Tir - Val - Lis

- b) Como será o fenótipo (normal ou afeta-do) dos indivíduos **A**, **B** e **C**? Por quê?

A é afetado porque produz uma proteína me-nor. B é normal, apesar da substituição de uma base nitrogenada no seu DNA, porque o código genético é degenerado. C é afetado porque pos-sui um aminoácido diferente em sua proteína.

Professor, para finalizar esta Situação de Aprendizagem, solicite aos alunos que cons-truam um texto com o título: *Do DNA à ca-racterística*. Neste texto, eles devem relacionar os conceitos desenvolvidos neste bimestre a respeito de como as características biológi-cas estão codificadas no genoma das células e como se manifestam através das proteínas.

PROPOSTA DE SITUAÇÃO DE RECUPERAÇÃO

Proposta 1

Para que os alunos com necessidade de recuperação revejam os principais conceitos tratados ao longo deste bimestre, proponha a elaboração de uma história em quadrinhos sobre a produção de uma característica a partir de um trecho de DNA. Exemplos ou inspirações podem ser encontrados no livro *Introdução ilustrada à Genética*, de Larry Gonick e Mark Wheelis (editora Habra), de onde foi extraída a imagem a seguir:

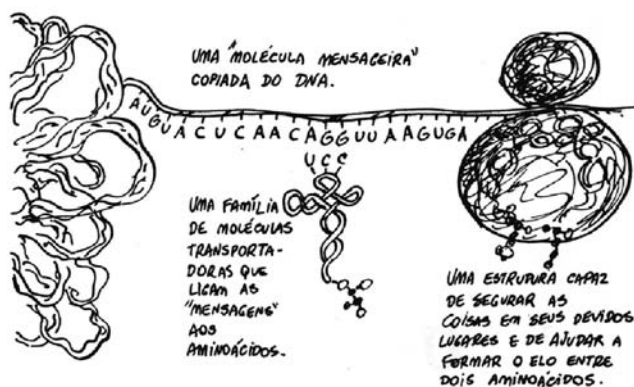


Figura 8 – Representação ilustrada de uma molécula com DNA.

Fonte: GONICK, L.; WHEELIS, M. *Introdução à Genética (com muito humor!)*. São Paulo: HARBRA, 1995. p. 131.

Por se tratar de um conteúdo de simples esquematização, os alunos não precisam ter grandes habilidades com o desenho. Podem consultar diferentes materiais para obter as informações necessárias. Ao longo da produção da história em quadrinhos, muitas dúvidas surgirão e exigirão a real compreensão do tema. Por isso, o trabalho em duplas ou em trios pode ser mais proveitoso.

Para orientá-los, liste os tópicos que devem ser contemplados ao longo do material produzido. Inicialmente, o processo de duplicação do DNA e a síntese de RNA mensageiro; por fim, a tradução da informação em proteínas.

Proposta 2

Outra sugestão para atividades de recuperação está relacionada à proposta do modelo de DNA por Watson e Crick. Em 2003, em um especial sobre os 50 anos dessa proposta, o jornal *Folha de S. Paulo* publicou uma linha do tempo com os acontecimentos mais importantes que resultaram no trabalho sobre a estrutura do DNA.

Em duplas, os alunos deverão organizar os acontecimentos listados a seguir em uma linha do tempo, pois eles foram embaralhados, ou seja, não estão na ordem cronológica correta. Para isso, os alunos devem pesquisar, em livros didáticos, na internet ou em outros materiais, qual é a coerência entre os eventos que se sucedem.

Solicite aos alunos que numerem os eventos a partir do trabalho de Mendel finalizando com a publicação de Watson e Crick. As duplas podem trocar suas ordenações

e comentar o resultado dos colegas. Neste momento, solicite que expliquem os motivos pelos quais não concordam com a ordenação dos colegas. Após a ordenação, forneça

as datas de cada um dos eventos. Na ordem apresentada, as datas dos eventos: 1865, 1949, 1944, 1912, 1909, 1938, 1952, 1869, 1900, 1931, 1953.

<i>p-</i>	O abade Gregor Mendel, de Brno (atual República Tcheca), publica trabalho sobre experimentos com ervilhas em que propõe as leis da hereditariedade (“leis de Mendel”) e supõe que as características hereditárias são transmitidas em unidades.
<i>q-</i>	O austríaco Erwin Chargaff descobre, nos EUA, uma relação quantitativa entre as bases do DNA: a proporção (razão molar) entre adenina e timina é sempre igual, e o mesmo ocorre entre guanina e citosina.
<i>r-</i>	Os canadenses Oswald Avery, Colin MacLeod e Maclyn McCarty, do Instituto Rockefeller (EUA), mostram que é o DNA que armazena a informação genética.
<i>s-</i>	Os alemães Walter Friedrich e Paul Knipping, seguindo uma ideia de seu compatriota Max von Laue, estudam a estrutura de cristais por meio dos raios X, que são espalhados pelos átomos conforme seu arranjo espacial (difração).
<i>t-</i>	O dinamarquês Wilhelm Johannsen introduz o termo “gene” para descrever a unidade mendeliana da hereditariedade. Ele também usa os termos “genótipo” e “fenótipo” para diferenciar as características genéticas de um indivíduo de sua aparência externa.
<i>u-</i>	O britânico William Astbury obtém a primeira figura de difração do DNA com o uso de raios X e sugere que ele tem uma estrutura periódica regular. Nessa época, predomina a ideia de que a informação genética está contida nas proteínas, porque o DNA teria uma estrutura muito simples para isso.
<i>10^o</i>	A britânica Rosalind Franklin obtém imagens de excelente qualidade do DNA, por difração de raios X.
<i>2-</i>	O suíço Friedrich Miescher isola, a partir do pus humano e do esperma do salmão, uma substância com alto teor de fósforo que chama de “nucleína”, posteriormente denominada “ácido desoxirribonucleico” (DNA).
<i>3-</i>	O holandês Hugo de Vries, o alemão Carl Correns e o austríaco Erich Tschermak von Seysenegg chegam de forma independente aos resultados de Mendel sobre as leis da hereditariedade.
<i>6-</i>	O russo Phoebus Aaron Levene, trabalhando nos EUA, estuda a estrutura química dos ácidos nucleicos e identifica seus componentes básicos. Os termos “ácido desoxirribonucleico” (DNA) e “ácido ribonucleico” (RNA) se tornam de uso comum.
<i>11^o</i>	O norte-americano James Watson e o britânico Francis Crick decifram, em 7 de março, a estrutura de dupla-hélice do DNA e a publicam na revista <i>Nature</i> de 25 de abril, na qual saem também outros dois artigos sobre o DNA, um de Maurice Eilkins, Alexandre Stokes e Herbert Wilson, e outro de Rosalind Franklin e Raymond Gosling, ambos descrevendo resultados experimentais de difração do DNA com raios X e que eram compatíveis com a estrutura proposta por Watson e Crick.

Folha Online. Disponível em: <<http://www.uol.com.br/folha/especial/2003/dna/fe0703200312.shtml>>. Acesso em: 15 maio 2009.

RECURSOS PARA AMPLIAR A PERSPECTIVA DO PROFESSOR E DO ALUNO PARA A COMPREENSÃO DO TEMA

Livros

PEREIRA, Lygia da Veiga. *Sequenciaram o genoma humano... e agora?* São Paulo: Moderna, 2001.

A autora explica as bases do sequenciamento de DNA e discute os impactos desse conhecimento.

SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO/PEC/USP. *Construindo sempre: Biologia*. 2004, vol. 1.

O material, distribuído pela SEESP em 2004, apresenta atividades complementares sobre o tema. Entre elas, uma sugestão de teatralização da síntese de proteínas.

STRATHERN, Paul. *Crick, Watson e o DNA em 90 minutos*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

O livro conta a história do trabalho de Watson e Crick e explica a estrutura do DNA.

Sites

Agência Fiocruz de Notícias. Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/ccs/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=582&sid=4>>.

Neste *link*, está publicado o artigo de Eloi S. Garcia sobre as contribuições e a participação da mulher na Ciência desde a Babilônia. O texto menciona também a importante contribuição de Rosalind Franklin na descoberta do modelo estrutural do DNA.

Genética na Escola. Disponível em: <<http://www.sbg.org.br>>. Acesso em: 8 maio 2009.

O *site* apresenta atividades relacionadas aos conteúdos de Genética e Biologia Molecular.

Projeto Genoma Humano. Disponível em: <http://www.odnavaiaescola.com/download/Filme_Projeto_Genoma_Humano.wmv>. Acesso em: 8 maio 2009.

Neste *link*, está disponível um vídeo, em português, que introduz conteúdos de Biologia Molecular.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Você acabou de conhecer uma série de atividades que priorizam o trabalho das capacidades leitoras associadas ao estudo de conteúdos específicos de Biologia. Elas valorizam o trabalho prático, bem como a resolução de problemas. A intenção é tornar o cotidiano das aulas de Biologia mais interessante, estimulando a criatividade dos alunos, como também a iniciativa deles à superação de desafios, aproximando o trabalho feito por eles daquele realizado pelos cientistas.

Este material possibilita que você ofereça um repertório diversificado de atividades aos

seus alunos, exigindo que eles desempenhem um papel tão ativo quanto o seu no processo de construção dos conhecimentos. Os conceitos trabalhados neste Caderno constituem pré-requisitos fundamentais para os conteúdos que serão trabalhados no próximo bimestre. Os recursos didáticos e metodológicos aqui sugeridos poderão ajudá-lo a promover uma educação com mais diálogo e aumentar consideravelmente as possibilidades de aprendizagem dos alunos, não só para um bom desempenho escolar, mas também para a vida em sociedade.

Bom trabalho!

