



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - CCB
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA - ProfBio

Rafael Amaro da Silveira Dornelles

**DESVENDANDO A INFORMAÇÃO GENÉTICA: UMA PROPOSTA DE
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO**

Florianópolis

2020

Rafael Amaro da Silveira Dornelles

**DESVENDANDO A INFORMAÇÃO GENÉTICA: UMA PROPOSTA DE
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO**

Dissertação submetida ao Programa de Mestrado
Profissional em Ensino de Biologia - ProfBio da
Universidade Federal de Santa Catarina para a
obtenção do Grau de Mestre em Biologia
Orientador: Prof.^a Dr.^a Maria Risoleta Freire Marques

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Dornelles, Rafael

Desvendando a Informação Genética : Uma Proposta de
Sequência Didática para o Ensino Médio / Rafael Dornelles,
Maria Risoleta Marques ; orientadora, Maria Risoleta
Marques, 2020.

97 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade
Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas,
Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Ensino
de Biologia, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Mestrado Profissional em Ensino de Biologia. 2.
Ensino Médio. 3. Biologia Molecular. 4. Sequência
Didática. 5. Informação Genética. I. Marques, Maria
Risoleta. II. Marques, Maria Risoleta. III. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Mestrado Profissional em Ensino de Biologia. IV. Título.

Rafael Amaro da Silveira Dornelles

Desvendando a informação genética: uma proposta de Sequência Didática para o Ensino Médio

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.^a Dr.^a Maria Risoleta Freire Marques
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Dr.^a Norma Machado da Silva
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Dr.^a Nilda Maria Diniz Rojas
Universidade de Brasília

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Biologia.

Prof. Dr. Carlos José de Carvalho Pinto
Coordenador do Curso

Prof.^a Dr.^a Maria Risoleta Freire Marques
Orientadora

Florianópolis
2020

SUMÁRIO

RESUMO	9
1. INTRODUÇÃO	11
1.1 A Biologia Molecular no Ensino Médio.....	11
1.2 Ensino por Investigação.....	14
1.3 Contextualização e Fundamentação Teórica da Sequência Didática (SD)	17
1.4 Modelos Didáticos para o Ensino de Biologia Molecular.....	18
2. OBJETIVOS.....	21
2.1 Objetivo Geral.....	21
2.2 Objetivos Específicos.....	21
3. METODOLOGIA.....	22
3.1 Construção da Sequência Didática (SD).....	22
3.2 Material pedagógico sobre o fluxo da informação genética.....	23
3.2.1 Confeção das peças do material pedagógico.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1. Sequência Didática (SD) para o Ensino de Biologia Molecular.....	32
4.1.1 A Sequência Didática (SD).....	37
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
6. REFERÊNCIAS.....	53
7. ANEXOS.....	59
7.1 Guia: Uso da Sequência Didática (SD)	59
7.2 Guia: Uso do Material Pedagógico.....	76

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



DEDICATÓRIA

Dedico este TCM a todos os professores de Biologia.

AGRADECIMENTOS

Sou grato à minha família, que me apoiou em todos os momentos, me deu forças para vencer mais essa etapa da minha vida, e soube compreender minha ausência aos sábados por praticamente dois anos.

Ao meu pai, em especial, por ser meu carpinteiro sempre à disposição e fazer possível a construção do material pedagógico.

Agradeço aos meus colegas de curso, que durante estes dois anos foram muito parceiros e sempre nos incentivamos uns aos outros. Nossos cafés da manhã e da tarde, nossos almoços no RU, nossas trocas de experiência extremamente enriquecedoras, são coisas que ficarão na lembrança para sempre. Obrigado de coração!

Agradeço a todos os professores do ProfBio, que compreenderam todas as nossas dificuldades do dia a dia, que compartilharam seus conhecimentos em sala de aula, suas experiências e que também sacrificaram alguns sábados de suas vidas para que chegássemos até aqui. Sou grato especialmente à professora Maria Risoleta Freire Marques, que me orientou com extrema paciência, me auxiliou nas pesquisas e, deu sugestões extremamente relevantes para o TCM.

Agradeço a Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC e ao PROFBIO – Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional, que me deu a oportunidade de cursar um programa de pós-graduação, me conduzindo ao título de Mestre em Ensino de Biologia.

Agradeço à CAPES pelo financiamento do curso e por ter proporcionado a realização de nos tornarmos Mestres.

Obrigado!

Relato do Mestrando

Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina

Mestrando: Rafael Amaro da Silveira Dornelles

Título do TCM: Desvendando a Informação Genética: Uma Proposta de Sequência Didática para o Ensino Médio

Data da defesa: 30 de outubro de 2020

Este relato diz respeito à experiência de ter cursado o ProfBio na Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC entre ago/2018 a out/2020. É um orgulho muito grande, pois me formei nesta Universidade em 2002, e poder voltar como aluno mais uma vez, reencontrar alguns colegas de graduação agora como professores do ProfBio foi uma experiência muito interessante. Sou professor de Ensino Médio desde 2003 na Escola Pública de SC e desde então trabalho na mesma escola.

Todo este período no ProfBio foi um tempo muito enriquecedor, de muito aprendizado, mas também foi um tempo de muito sacrifício. Mesmo trabalhando 60h durante a semana, dediquei os sábados ao estudo em troca do tempo com a família para buscar o aperfeiçoamento e a qualificação profissional. Aprendi muito sobre Biologia com nossos professores durante as aulas, relembrei muitas outras coisas que havia esquecido, mas também aprendi muito sobre ser professor. Com nossos colegas e professores, durante nossos “cafés terapia”, nas muitas conversas que tivemos trocamos experiências que vamos levar para o resto de nossas vidas.

O receio da reprovação nas provas de Qualificação dos temas foi sempre um fantasma que atormentou até a divulgação das notas finais do Tema 3. A partir deste momento parece que saiu um peso das costas e consegui me dedicar ao TCM e aos produtos educacionais com mais empenho e tranquilidade.

No final das contas, com certeza nos tornamos professores melhores. Só tenho a agradecer ao ProfBio por dar esta oportunidade. Quem sabe vem pela frente o Doutorado Profissional em Ensino de Biologia...

RESUMO

Grande parte da população mundial encontra dificuldades em assimilar conteúdos científicos e conceitos referentes à Biologia Molecular, mesmo que a quantidade de informações sobre o tema tenha se ampliado consideravelmente nos últimos tempos através de revistas especializadas e de divulgação científica, como também dos meios de comunicação de massa. Uma possível explicação para esse fato pode estar na aparente natureza abstrata dos conceitos, como é o caso, por exemplo, do conceito de gene, o processo de biossíntese de proteínas, dentre outros. A compreensão dos conceitos básicos, essencial para a alfabetização científica e a compreensão das novas tecnologias e dos seus impactos na nossa vida e cotidiano, pode ser facilitada pela inserção de diferentes estratégias didáticas no processo de ensino-aprendizagem. O uso de Sequências Didáticas (SD) investigativas pode contribuir para que o professor desperte um maior interesse dos estudantes pelo conteúdo a ser focado, possibilitando a construção ativa do seu conhecimento, visando um aprendizado significativo, aliado à motivação dos estudantes. Buscamos contribuir para o processo de ensino-aprendizagem sobre o tema, elaborando uma SD investigativa, intitulada “Desvendando a informação genética”, a qual propõe uma abordagem investigativa do tema, associada com o uso de um material pedagógico complementar que simula o processo de síntese proteica. Ao longo do seu planejamento, a SD procura facilitar a construção do conhecimento sobre o tema, contextualizando e estimulando um olhar investigativo permitindo uma melhor compreensão dos conceitos em foco e, ampliando o seu significado biológico aos olhos dos estudantes, aproximando-o, ainda, ao seu cotidiano. Na organização da SD foram propostos três blocos distintos, mas que permeiam o conteúdo de forma interligada. Dessa forma, o estudante consegue perceber a conexão existente entre todas as etapas do processo biológico como um todo, até o produto final, no caso a porção da proteína que vai ser “montada” por ele. O primeiro bloco aborda as proteínas, sua estrutura e função biológica, dando ênfase maior no seu papel como enzimas, e foi denominado *Bloco 1 (amarelo): “Intolerância à Lactose.”* O segundo bloco trabalha a estrutura dos ácidos nucleicos e seu papel biológico nos organismos, e foi denominado *Bloco 2 (verde): “Código Genético? O que é isso afinal?”* O terceiro e último bloco, diz respeito à síntese de proteínas propriamente dita, e foi denominado *Bloco 3 (azul): “Qual o propósito da Informação Genética?”* Dessa forma, acreditamos que a proposta desenvolvida possa mediar positivamente a apropriação dos conceitos sobre o tema em foco de forma mais instigante e, ao mesmo tempo, estimulante.

Palavras-chave: Ensino médio; Biologia Molecular; Sequência Didática; Informação genética.

ABSTRACT

Most people find it difficult to assimilate scientific content and concepts related to Molecular Biology, even though the amount of information has expanded considerably in the recent years through specialized magazines and scientific dissemination, as well as through the media of mass communication. One possible explanation to this observation may rely on the apparent abstract nature of the subject, as for example, the concept of gene, the process of protein biosynthesis, among others. The understanding of the basic scientific concepts, essential for scientific literacy and the understanding of new technologies, as well as their impacts on everyday life, can be facilitated by the insertion of different didactic strategies in the teaching-learning process. The use of investigative Didactic Sequences (SD) can contribute to promote students' greater interest on the content under focus, enabling the active construction of their knowledge, as well as aiming at a meaningful learning, combined with their motivation throughout the learning process. We aimed to contribute to the teaching-learning process by elaborating an investigative SD, entitled "Unraveling genetic information", which proposes an investigative approach to the theme, associated with the use of complementary pedagogical material that simulates the protein synthesis process. Throughout its planning, the SD seeks to facilitate the construction of knowledge on the theme, contextualizing and stimulating an investigative look, allowing a better understanding of the concepts on the subject under focus and, broadening its biological meaning to the students. The SD is organized in three distinct blocks but in a way that the content is interconnected among them. In this way, the students can perceive the connection between all the stages of the genetic flow of information, as a whole, up to the final step, i.e. the final product, which, in this case, is the portion of a protein that will be "assembled" by them. The first block deals with proteins as macromolecules, their structure and biological function, giving greater emphasis to their role as enzymes, and was named *Block 1 (yellow): "Lactose intolerance."* The second block deals with the structure of nucleic acids and their biological role in living organisms, and was named *Block 2 (green): "Genetic Code? What is it anyway"?* The third and last block, concerns protein synthesis itself, and was named *Block 3 (blue): "What is the purpose of Genetic Information"?* Thus, we believe that the proposed SD can positively mediate the appropriation of concepts on the theme in a more thought-provoking and, at the same time, defying way.

Keywords: Molecular Biology; didactic sequence; high school teaching; genetic information.

1. INTRODUÇÃO

1.1 A Biologia Molecular no Ensino Médio

A escola deve ser entendida como um ambiente fundamental para a partilha e produção de conhecimentos, bem como para a formação de um cidadão crítico que seja capaz de transformar o mundo em que vive.

Um conceito muito presente entre os educadores é o da “alfabetização biológica”, que diz respeito a um processo contínuo de construção de conhecimentos básicos e necessários a todos os indivíduos que convivem nas sociedades contemporâneas (KRASILCHIK, 2008).

Ainda segundo KRASILCHIK (2008), dependendo do que for ensinado e de como esse processo for realizado, a Biologia pode ser uma das disciplinas mais relevantes, e, portanto, merecedora da atenção por parte dos alunos, ou, pelo contrário, uma das disciplinas mais insignificantes e, portanto, pouco atraente.

De acordo com PEDRANCINI *et al*, (2007) a Biologia vem ocupando uma posição de notoriedade sem precedentes na história da Ciência. O volume de informações que provêm das recentes descobertas científicas, principalmente nas áreas da Bioquímica e Biologia Molecular, e Genética, tem se difundido progressivamente do meio acadêmico ao público em geral, particularmente através dos meios de comunicação de massa.

Os temas que permeiam a Biologia Molecular vêm se destacando, pois apresentam um grande apelo social, e interferem diretamente na vida das pessoas, pois estão relacionados à alimentação, prevenção e tratamento de determinadas doenças, entre outros aspectos (XAVIER *et al*, 2005).

Inúmeras razões tornam o ensino dessa disciplina indispensável na formação de qualquer indivíduo. A todo o momento tomamos decisões e fazemos escolhas que afetam a nossa saúde e nosso bem-estar, e o fato de termos bem sedimentados os conhecimentos biológicos nos possibilita formar um arcabouço referencial que nos ajuda a tomar as decisões mais adequadas no sentido de preservar a nossa vida, e fazer as melhores escolhas cotidianas (CASAGRANDE, 2006). Assim, a questão da familiarização e compreensão dos conceitos biológicos em particular das áreas citadas anteriormente envolve, de forma mais ampla, a alfabetização científica e suas consequências positivas sobre o bem estar, a saúde, e mesmo a cidadania participativa (ESCODINO e GÓES, 2013; JAROCHYNSKI, 2016)

Porém, apesar das inúmeras inovações científicas e tecnológicas fazerem parte dos currículos escolares das escolas brasileiras, acompanhando o desenvolvimento e a produção do conhecimento científico, muitos estudantes não os contextualizam e não conseguem

estabelecer a relação entre o que se ensina sobre Biologia em sala de aula e o seu cotidiano, particularmente em relação aos conteúdos relacionados à Biologia Molecular e à Genética, uma vez que são tidos muitas vezes como sendo demasiadamente complexos e abstratos.

A Genética e a Biologia Molecular, mais precisamente, permeiam de forma indispensável quase todas as pesquisas no campo de Biologia e da Medicina moderna. Esta posição de destaque foi obtida pela incorporação das abordagens moleculares aos enfoques considerados como clássicos (DOMAN, 2000; GRIFFITHS *et al*, 1998; KELLENBERGER, 2004).

Apesar deste notório avanço registrado na divulgação do conhecimento científico ao grande público, a maior parte da população mundial ainda não compreende de forma satisfatória, ou correta, muitos dos conceitos moleculares, e talvez essa dificuldade seja decorrente da natureza aparentemente abstrata dos mesmos, como, por exemplo, o conceito de gene, a biossíntese de proteínas, dentre outros (JANN & LEITE, 2010).

É claro, portanto, que temas relacionados à Biologia Molecular e à Genética estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas; ultrapassando as fronteiras da academia, e impactando a sociedade como um todo.

Fica claro também que as novas descobertas no ramo da Biologia Molecular devem ser de conhecimento e entendimento de todos, para que os cidadãos possam tomar posicionamento frente às consequências que esses novos conhecimentos podem trazer à sociedade como um todo (CASAGRANDE, 2006).

XAVIER *et al* (2006), salientam que os conhecimentos recentes associados à Biologia invadiram e estão de fato permeando a sociedade e o seu cotidiano, porém necessitam ainda de uma discussão mais profunda, sugerindo, dessa forma, a necessidade de um urgente compromisso da escola nesse sentido, pois é através dela que o professor poderá “traduzir” o “cientifiquês” para o Português.

Conteúdos abstratos como os abordados em Biologia Molecular muitas vezes são de difícil compreensão e, ainda hoje sofrem a influência da abordagem tradicional no processo educativo, na qual prevalecem a simples transmissão-recepção de informações, associada à dissociação entre o conteúdo e a realidade dos estudantes, levando a uma simples memorização (CAMPOS, 2003).

Em consequência, o modo como o ensino é organizado e desenvolvido, frequentemente, pouco contribui para que o aluno desenvolva uma compreensão correta dos conceitos, e faça relações com o que ocorre em situações não escolares (PEDRANCINI *et al*, 2007), ou seja, com o seu cotidiano.

A proposição relativamente recente de um novo conceito, ou seja, a Nova Biologia, a qual envolve mais precisamente a integração entre as tecnologias de manipulação do DNA e as novas aplicações em Genética, incluindo a Biotecnologia e a Biologia Molecular (LORETO & SEPEL, 2003), apesar de presente como tema muito recorrente na mídia desde o final dos anos 1960, não necessariamente se encontra representado de forma satisfatória nos livros didáticos.

Ainda neste sentido, CAMPOS (2003) observou que a Genética e a Biologia Molecular estão cada vez mais inseridas no cotidiano social, seja em revistas, jornais, noticiários, e até mesmo em novelas e programas populares. Mas mesmo assim, o assunto é visto com frequência em sala de aula de uma forma teórica e tradicional, descontextualizado da realidade dos alunos.

Segundo MOURA *et al* (2013), os conteúdos de Genética na educação básica, muitas vezes são considerados difíceis e desinteressantes e a Genética, como disciplina, não é bem aceita pela maioria dos discentes do ensino médio em função de sua complexidade. E, a não compreensão desses princípios básicos de Genética conseqüentemente afeta o entendimento e o alcance das técnicas atuais de Biologia Molecular e a importância que elas têm no nosso dia a dia.

Com isso, conclui-se que a escola tem um papel primordial no que diz respeito à construção desse conhecimento de forma adequada e contextualizada, pois este é indispensável para que o estudante possa compreender o mundo, e se posicionar efetivamente nele.

Esses conhecimentos devem contribuir, também, para que o cidadão seja capaz de usar o que aprendeu ao tomar decisões de interesse individual e coletivo, no contexto de um quadro ético de responsabilidade sócio-política, e respeito, que leve em conta o papel do homem na biosfera (KRASILCHIK, 2008).

Quando a Escola apresenta aos estudantes um conhecimento descontextualizado, está impedindo que eles se apropriem efetivamente desse conhecimento, de modo a utilizá-lo quando necessário, intervir, e, potencialmente, contribuir para mudanças na realidade na qual se encontram inseridos. Dessa forma, a Escola não está exercendo o seu papel de formar um indivíduo atuante, crítico, conhecedor de sua realidade e capaz de se posicionar frente a questões que de alguma forma causem implicações na sua vida pessoal, ou, ainda, da sua comunidade (CASAGRANDE, 2006).

Portanto, nem sempre o ensino promovido no ambiente escolar tem permitido que o estudante seja capaz de se apropriar dos conhecimentos científicos de modo a compreendê-los

efetivamente, questioná-los, e utilizá-los como instrumento do pensamento crítico que extrapolam situações de ensino e aprendizagem eminentemente escolares (PEDRANCINI, 2007).

No cenário atual, podemos considerar que ainda é grande o “abismo” entre o ensino de Biologia, com ênfase na Genética e a Biologia Molecular, com os acontecimentos diários da realidade dos estudantes em meio à sociedade na qual eles estão inseridos (MOURA *et al*, 2013). Por outro lado, segundo SANTOS (2018), as hipóteses elaboradas pelos estudantes quando ancoradas em propostas investigativas reais, problemas motivadores e encaminhamentos metodológicos condizentes, possuem um potencial ímpar na construção e reconstrução do pensamento e na elaboração mental de respostas, justificativas e conceitos que se aproximam das teorias formuladas cientificamente.

Ainda nesta perspectiva, ESCODINO & GÓES (2013), constataram que a maior parte dos estudantes não havia experimentado uma aprendizagem significativa e que o uso de materiais didáticos e a elaboração de aulas que considerem a estrutura cognitiva dos alunos teve um efeito relevante sobre a apropriação de vários conceitos.

1.2 Ensino por Investigação

Compreendendo a necessidade de transformações nas estratégias metodológicas do ensino de Ciências e reconhecendo que, para tanto, não basta apenas inserir atividades dinamizadas e instrumentos manipuláveis, o olhar deve estar voltado para propostas nas quais o aluno possa assumir um caráter mais ativo e dinâmico no processo (SANTOS & GALEMBECK, 2018). Os autores argumentam ainda que uma educação em Ciências deve almejar uma ação mais próxima do aluno e do seu fazer cotidiano, atribuindo significado à sua aprendizagem e distanciando-se de um ensino instrucional, meramente informativo e centrado na figura do professor. A ação deve evidenciar o papel das perguntas nas aulas de Ciências, pois o ato de perguntar torna-se um instrumento que adquire contornos próprios para o ensino por investigação e sua perspectiva problematizadora.

Para CASTELLAR & MACHADO (2016), entre tantos aspectos envolvidos, problematizar compreende trazer o conhecimento para o contexto do estudante, buscar indagações que imprimam sentido ao conhecer. Dessa forma, podem-se construir relações entre o conhecimento científico e a realidade (cultural, social e mesmo histórica) desse estudante. A problematização é o agente de interlocução entre os conhecimentos científicos e de outras culturas provenientes das realidades sociais nas quais a comunidade escolar se encontra inserida.

Segundo FAGUNDES (2016), o professor deve ter como prática recorrente em seu trabalho docente a pesquisa, buscando formas de ação coletivas, que objetivam a resolução de algum problema ou a transformação de uma dada realidade, criando assim soluções inéditas e a construção de novas estratégias de ação para resolvê-las.

Por outro lado, para NETTO & AZEVEDO (2018), a problematização deve partir primeiro do professor, que se assume como sujeito problematizador, o qual levanta problemas por meio do diálogo com seus interlocutores, em uma postura crítica e política, que valoriza também, a criticidade dos estudantes.

OLIVEIRA & NASCIMENTO (2013), alegam que é necessário demonstrar aos alunos que o tipo de raciocínio empregado na atividade científica não é algo fora da sua realidade, mas sim uma habilidade passível de desenvolvimento, que contribui para o progresso intelectual da sociedade. O ensino por investigação é uma ferramenta que busca capacitar os alunos para a resolução de diversos problemas concretos, estimulando a postura crítica e a capacidade de participar de decisões, propondo uma mudança na forma como o conhecimento científico é abordado, modificando a forma como professor e alunos agem em sala de aula.

Portanto, é preciso adotar uma perspectiva problematizadora para o ensino e para a aprendizagem, de tal forma que se construa um autêntico diálogo em sala de aula, onde o professor é o agente que instaura o diálogo entre os conceitos científicos e seus alunos, e em consequência pode promover a participação ativa dos mesmos no processo de apropriação dos conhecimentos mediados por interações socioculturais (GUIMARÃES & GIORDAN, 2013).

Assim sendo, ao se propor a investigação-ação no processo de organização e integração dos componentes científico e tecnológico nas aulas se produzirá uma ação orientada por uma interação dialógico-problematizadora em sala de aula. O que o professor precisa fazer é propor inicialmente, situações concretas como problemas, que por sua vez, desafiem os estudantes, exigindo assim respostas não somente no âmbito intelectual, mas também no âmbito da ação, pois uma prática de ensino-investigativa possibilita ainda ao professor trabalhar com as concepções trazidas pelos estudantes, desestabilizando conhecimentos prévios, criando situações em que se estabeleçam os conflitos necessários para o ensino-aprendizagem, na perspectiva de elaboração e resolução de problemas (ABEGG & BASTOS, 2005).

Para tanto, é de suma importância a adoção de estratégias que prezem por propostas mais práticas e próximas aos alunos, buscando a integração com metodologias mais ativas, valorizando a problematização, o fomento à argumentação, o levantamento de hipóteses e as

estratégias de ensino, de modo que os alunos se sintam pertencentes à ação investigada, e não apenas cumprindo tarefas (SANTOS & GALEMBECK, 2018). Com isso o professor necessita aprender a distinguir quais questões são viáveis e possíveis de problematizar, em termos do processo de ensino/aprendizagem e significância para os estudantes, ou seja, precisa aprender a distinguir entre as situações que de fato mobilizam para o diálogo e para o ensino/ aprendizagem, e uma situação problema com potencial gerador, daquelas que não mobilizam (ABEGG & BASTOS, 2005).

Para desencadear um processo de ensino-investigativo, faz-se necessário, portanto que o estudante tome para si sua aprendizagem, de maneira que esta se torne seu problema, para então estimulá-lo à elaboração de hipóteses e ao desenvolvimento de estratégias na procura de respostas adequadas ao problema, contribuindo para a formação de um cidadão mais participativo e inserido na esfera da conscientização (ABEGG & BASTOS, 2005).

É determinante a construção de ações pedagógicas que sejam capazes de promover a reflexão e efetiva percepção dos problemas científicos em consonância aos problemas sociais que permeiam a vida dos alunos e professores (STRIEDER & WATANABE, 2018).

Os alunos não devem ser tratados como cientistas em um sentido estrito, mas sim como sujeitos críticos das informações recebidas e não simples receptores passivos do conhecimento científico, como é praxe no ensino das ciências (SANTOS & CALOR, 2007).

Ainda, segundo SANTOS & GALEMBECK (2018), as hipóteses elaboradas pelos alunos, quando ancoradas em propostas investigativas reais, problemas motivadores e encaminhamentos metodológicos condizentes, possuem um potencial ímpar na construção e reconstrução do pensamento e na elaboração mental de respostas, justificativas e conceitos que se aproximam das teorias formuladas cientificamente. Diante de tantos ganhos evidentes, é válido afirmar que o investimento em um ensino de ciências que fomente e promova a alfabetização científica, como o ensino com enfoque investigativo, é muito mais do que uma simples escolha de estratégias ou abordagem metodológicas, e sim a possibilidade de realmente contribuir para a formação de cidadãos ativos e críticos em seu tempo, que param para compreender o entorno, as relações do homem com a natureza, que identificam as necessidades e buscam atuar de forma construtiva em soluções reais.

Um ensino por investigação requer práticas argumentativas, onde a educação científica deve analisar situações cotidianas, compreender desafios, baseando-se em conhecimentos técnico-científicos, valorizando atividades práticas, experimentais e investigativas, aproximando os estudantes da cultura científica e suas formas de produzir conhecimento, criando dessa forma abordagens de ensino que ampliem as relações com a

natureza da ciência e se aproximem da cultura científica, ou seja, suas práticas, valores, linguagens, objetos, produtos, etc. (TRIVELATO & TONIDANDEL, 2015). Estes autores argumentam ainda que as atividades investigativas devem preocupar-se com o processo de aprendizagem, com o foco deslocado da aquisição de conteúdos científicos para o desenvolvimento de habilidades próximas do “fazer científico”. Com motivação e estímulo para a reflexão, a discussão a explicação e o relato, permitindo aos alunos o acesso a dados e a resolução de problemas com o uso de teorias, sempre com a devida orientação do professor.

Para estes autores, a escolha de modelos e situações problemáticas deve ocorrer de modo que representem um desafio que possa ser enfrentado pelos alunos, de tal forma que, mediante a interação com os colegas e a ajuda eventual do professor, o aluno possa participar do processo de construção, modificação e enriquecimento da aprendizagem de conceitos e procedimentos da ciência. A aprendizagem baseada na investigação pode estimular a construção de argumentos pelo uso de evidências e explicações para justificar a conclusão. Esse tipo de atividade raramente é utilizada em aulas de ciências. Geralmente o que se faz é usar uma retórica de conclusões sem levar em consideração a prática e os procedimentos associados ao método científico.

1.3 Contextualização e Fundamentação Teórica da Sequência Didática (SD)

O que se observa nas aulas, em geral, é que elas permanecem praticamente iguais às do passado, baseadas nas mesmas estratégias didáticas de então, sem levar em conta as mudanças no desenvolvimento cultural dos alunos (CASTELLAR & MACHADO, 2016).

Estes autores ainda argumentam que, por meio de uma Sequência Didática (SD), é possível incorporar às aulas estratégias mais desafiadoras e que proporcionem aos alunos benefícios mais significativos no processo de aprendizagem, estimulando-os a se tornar críticos e interessados em compreender, investigar, criar, com autonomia intelectual, questionando o que está sendo ensinado.

A SD constitui um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas, dispostas sequencialmente para atender aos objetivos educacionais a que se destina, e que tem um princípio e um fim conhecido tanto pelos professores como pelos alunos (ZABALA, 1998).

De acordo com CASTELLAR & MACHADO (2016), uma SD deve estabelecer objetivos bem definidos e problemas que estimulem os alunos a trazer seus conhecimentos prévios e, ao mesmo tempo, perceber a necessidade de se apropriarem de novos saberes. Essa organização do ensino está contextualizada em situações didáticas que colocam em ação a

relação entre teoria e prática. A SD tenta minimizar a ocorrência de improvisações nas aulas, e está relacionada ao planejamento de ensino, implicando em objetivos e metas definidos a partir dos conteúdos a serem trabalhados.

SANTOS & GALEMBECK (2018), salientam as contribuições de estratégias práticas e experimentais, pautadas no ensino por investigação, como possibilidade para a formulação de hipóteses de qualidade e perguntas bem estruturadas pelos alunos no desenvolvimento de uma SD. Destacam também a necessidade de transformações nas estratégias metodológicas do ensino, não bastando apenas inserir atividades dinamizadas e instrumentos manipuláveis, mas que o aluno possa assumir um caráter mais ativo e dinâmico no processo.

Segundo CARVALHO (2013), uma SD investigativa deve iniciar por um problema que introduza os alunos ao conteúdo e que permita a criação de hipóteses para tentar resolvê-lo. Após a resolução do problema, é necessária uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos alunos. Essa sistematização é feita preferivelmente através da leitura de um texto escrito quando os alunos podem novamente discutir, comparando o que fizeram e o que pensaram ao resolver o problema, com o relatado no texto. Uma terceira atividade importante é a que promove a contextualização do conhecimento no dia a dia dos alunos, pois nesse momento eles podem sentir a importância da aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social. Esta atividade também pode ser organizada para o aprofundamento do conhecimento.

CASTELLAR & MACHADO (2016) também destacam a importância de um problema como gênese na construção do conhecimento, onde todo conhecimento é a resposta a uma questão. É importante também a tomada de consciência dos seus próprios atos para a construção do conhecimento, cabendo ao professor levar os alunos a essa tomada de consciência para resolver os problemas propostos.

Como destaca FELDMAN (2001) o maior desafio da didática, e o debate em torno da SD, não é resolver o problema de como ensinar, e sim como ajudar muitos outros a ensinar.

A SD pode ser considerada então como a unidade organizadora das ações do professor em sala de aula, ou seja, o componente sobre o qual se pode apoiar o trabalho docente e discente (CASTELLAR & MACHADO, 2016).

1.4 Modelos Didáticos para o Ensino de Biologia Molecular

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002), a capacidade dos estudantes de pesquisar, de buscar informações, bem como de interpretá-las e selecioná-las, além da capacidade de aprender, criar, formular, ao invés de um simples exercício de

memorização, deve incluir ainda a capacidade de formular questões, diagnosticar e propor soluções para problemas reais.

Com relação ao livro didático, pesquisas têm demonstrado que ele tem papel determinante na organização curricular e na prática pedagógica dos professores (XAVIER *et al*, 2006). Ainda segundo estes autores, os resultados sugerem que os atuais livros didáticos não estão atualizados no que diz respeito ao estudo dos temas considerados essenciais para o perfeito entendimento e aquisição de informações associadas ao rápido avanço do conhecimento na área da Biologia Molecular. No entanto, continuam sendo a espinha dorsal do currículo na maioria das escolas, mas é bem pouco provável que o conteúdo relativo a essa área da Biologia esteja sendo trabalhado de maneira relevante para os alunos. No final o resultado é previsível: há uma apropriação de conteúdos aquém do desejável.

Assim, podemos considerar que a abordagem de tópicos de Biologia Celular e Molecular requer a elaboração de material didático de apoio ao conteúdo presente nos livros texto, uma vez que envolve conceitos bastante abstratos, e trabalha com aspectos microscópicos, muitas vezes inimagináveis para a maioria dos estudantes (ORLANDO *et al*, 2009).

Por outro lado, MELO & CARMO (2009) argumentam que a utilização de ferramentas para tornar o processo de aprendizagem desses conceitos mais efetiva e dinâmica é importante, pois a dinamização dos meios de ensino-aprendizagem pode contribuir para o melhor aprendizado dos estudantes.

Nesse sentido, a compreensão dos conceitos básicos, essencial para a alfabetização científica e o entendimento de novas tecnologias, pode ser facilitada pela inserção de recursos didáticos no processo ensino- aprendizagem, de modo a despertar o interesse dos estudantes de forma lúdica, porém eficiente, de modo a constituir uma possível alternativa à construção do conhecimento pela prática, em um contexto no qual haja, de fato, a interação concreta dos estudantes com esses modelos, através da visualização e do seu manuseio (HERMANN & ARAÚJO, 2013; JANN & LEITE, 2010; MELO & CARMO, 2009; MOURA *et al*, 2013).

Alguns trabalhos mostram que os materiais didáticos são ferramentas fundamentais para os processos de ensino-aprendizagem, tornando-se uma importante e viável alternativa por favorecer a construção do conhecimento pelo estudante, e auxiliar o processo de ensino-aprendizagem (CAMPOS *et al*, 2003; ALCÂNTARA & FILHO, 2015), particularmente no ensino de Biologia, uma vez que, segundo PAIVA e MARTINS (2005), há uma forte visão funcionalista por parte dos alunos a respeito da constituição genética das células.

Segundo JANN & LEITE (2010), em um trabalho, no qual um jogo retrata a estrutura da molécula de DNA, RNA, e a síntese de proteínas, melhorou a compreensão da estrutura da molécula de DNA pelos alunos, corroborando a eficácia do aspecto lúdico, associado ao cognitivo, como importante estratégia de ensino, além de aproximar-lhes de conceitos científicos que previamente eram um tanto nebulosos para os alunos.

Em um experimento utilizando métodos alternativos de aprendizagem, ALCÂNTARA & FILHO (2015) afirmam que a utilização de um aplicativo para o ensino de Bioquímica foi eficiente como ferramenta de ensino, destacando o interesse dos estudantes pela ferramenta e pela nova forma de abordagem dos conteúdos de Bioquímica, o que proporcionou de fato a apropriação dos conceitos pelos estudantes.

A utilização de modelos para explicar processos biológicos que ocorrem em nível molecular, tais como, a organização do código genético, a duplicação do DNA, a transcrição do RNA, e a síntese de proteínas, bem como as tecnologias de manipulação do DNA, integram estratégias a serem pensadas no processo de estruturação destes conceitos, através da elaboração de produtos ou modelos didáticos alternativos que facilitem o processo de sedimentação do conhecimento de forma mais natural (OVIGLI, 2009).

Assim sendo, frente ao exposto, e mediante as dificuldades para se abordar os conteúdos de Biologia Molecular no ensino médio, buscamos propor uma forma mais instigante de contribuir para o processo de ensino-aprendizagem de alguns de seus conceitos. A proposta foi delineada na forma de uma SD que incorpora um modelo interativo/investigativo do fluxo da informação genética, visando facilitar a compreensão do conteúdo abordado de forma mais clara e objetiva, e que permita ao aluno a construção do seu próprio conhecimento.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Elaborar uma SD, incluindo um modelo interativo/investigativo do Fluxo da Informação Genética (Dogma Central da Biologia), voltada para o estudante do ensino médio, de modo que o seu conhecimento seja construído de forma investigativa.

2.2 Objetivos Específicos

Mediar a compreensão dos processos moleculares relacionados ao fluxo da informação genética de maneira participativa e dinâmica.

Promover o aprendizado significativo, que por sua vez, seja traduzido na apropriação efetiva do conhecimento sobre o tema abordado.

Estimular a alfabetização científica, através de uma proposta investigativa.

Propor a utilização de um produto educacional interativo/investigativo dentro de uma SD sobre o fluxo da informação genética.

3. METODOLOGIA

3.1 Construção da Sequência Didática (SD)

A elaboração da SD, bem como do plano das aulas, buscou incluir alguns elementos que, no seu conjunto, contemplassem o contexto do público-alvo, a mediação por parte do professor, assim como as atividades a serem realizadas tanto pelo docente quanto pelos estudantes. Tais elementos constam na proposta de delineamento de ZABALA (1998), como: Tema/Título; Público-alvo; Objetivos; Problematizações; Estratégias de Ensino; Descrição/Atividades das aulas.

A Tabela 1 mostra, a seguir, de forma resumida, o delineamento geral e o que se pretendeu abordar na SD elaborada.

Título:	O Fluxo da Informação Genética.
Público-alvo:	Estudantes do ensino médio.
Problematização:	Análise investigativa dos processos moleculares que englobam o fluxo da informação genética, associados à síntese de proteínas.
Objetivo Geral:	Permitir a mediação de um aprendizado significativo sobre esses processos, que por sua vez, seja traduzido na apropriação efetiva do conhecimento sobre o tema abordado, promovendo a alfabetização científica, através de uma proposta investigativa.
Estratégias de ensino:	Levantamento prévio do conhecimento dos estudantes; trabalho em grupo; aula expositiva e dialogada; problemática e investigação; representação gráfica e/ou construção de mapa mental; uso de material pedagógico e discussão final.

Tabela 1: Planejamento da Sequência Didática

Ainda de acordo com ZABALA (1998), levaram-se em consideração alguns pontos adicionais para a construção de uma SD, como: a sequência das atividades a serem realizadas; o papel do professor e dos alunos; a organização social da aula; a utilização dos espaços e do tempo; a organização dos conteúdos; os materiais curriculares; os recursos didáticos; o papel da avaliação.

Na elaboração das aulas dialogadas, procurou-se atender os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Com relação às atividades, procurou-se diversificar e focar na

participação ativa dos alunos, levando em consideração os conhecimentos prévios dos mesmos, de acordo com as referências citadas anteriormente. Buscou-se também apresentar os conteúdos de forma significativa e funcional, estabelecendo relações entre os novos conceitos e os conhecimentos prévios, desenvolvendo a autonomia dos estudantes. As estratégias de ensino foram baseadas nas metodologias ativas mencionadas anteriormente.

Ao longo da SD foram integradas estratégias, tais como: trabalho em grupo, buscando promover a interação entre os sujeitos e auxiliar na aprendizagem significativa; propostas de pesquisa e investigação; aulas expositivas e dialogadas; elaboração de representação gráfica/painéis/mapa mental; discussão final.

A SD foi dividida em três blocos para facilitar o trabalho em sala de aula. Estes blocos podem ser trabalhados de forma flexível, ou seja, de forma independente ou sequencial, dependendo do enfoque e da necessidade do professor. O primeiro bloco aborda a estrutura e a importância das proteínas, com destaque para o seu papel enzimático. O segundo bloco trabalha os ácidos nucleicos e seu papel biológico nos organismos vivos. O terceiro bloco trata do fluxo da informação genética, e nesse bloco é incorporado o uso do material pedagógico que foi confeccionado para simular as etapas do processo de síntese proteica.

Ainda como parte da SD e deste trabalho de conclusão de Mestrado, foi elaborado um guia (Guia da SD), o qual contém orientações com a finalidade de disponibilizar a SD e facilitar a sua utilização e aplicação pelos professores.

3.2 Material pedagógico sobre o fluxo da informação genética

O material pedagógico desenvolvido como parte da SD e aqui apresentado constitui uma estratégia didática para a abordagem do tema “Fluxo da Informação Genética (Dogma Central da Biologia Molecular)”, como uma proposta que permita a construção do conhecimento sobre esse processo biológico fundamental para os seres vivos. Ele foi elaborado de forma simplificada e objetiva, em 3D, utilizando-se como base o esquema geral que representa o fluxo da informação genética, visando seu uso como uma atividade de caráter interativo/investigativo, integrante da SD. Sua inclusão na SD visou promover ações coletivas entre os estudantes para a resolução de problemas (FAGUNDES, 2016), permitindo simular passo a passo os processos moleculares integrantes do fluxo de informação genética na célula.

Essa proposta buscou ainda criar uma dinâmica que permitisse aos estudantes manusear algum tipo de material, palpável e concreto, de modo a facilitar a compreensão dos conceitos associados ao tema e seu significado biológico.

Assim, ao permitir a simulação da síntese de proteínas, e permitir a discussão sobre a redundância do código genético e/ou as consequências de alterações na informação genética, a utilização do material aqui apresentado contribui de forma efetiva para uma abordagem investigativa sobre o tema.

As peças constituintes do material pedagógico foram confeccionadas em MDF e representam as bases nitrogenadas (Adenina, Timina, Citosina, Guanina, Uracila) presentes nos nucleotídeos que constituem os ácidos nucléicos (DNA e RNA), bem como os 20 alfa-aminoácidos primários. Foram confeccionadas peças que demonstram a ligação entre elas (A – T, A – U, C – G) sendo 05 peças representativas dos tipos de bases nitrogenadas, contendo cada uma delas a estrutura geral do seu respectivo anel heterocíclico para referência - anel de purina, ou anel de pirimidina - (Figura 1); 16 peças de cada tipo de base nitrogenada, totalizando 80 peças (Figura 2A); e 02 cópias de cada um dos 20 alfa-aminoácidos primários, totalizando, assim, 40 peças (Figura 2B).

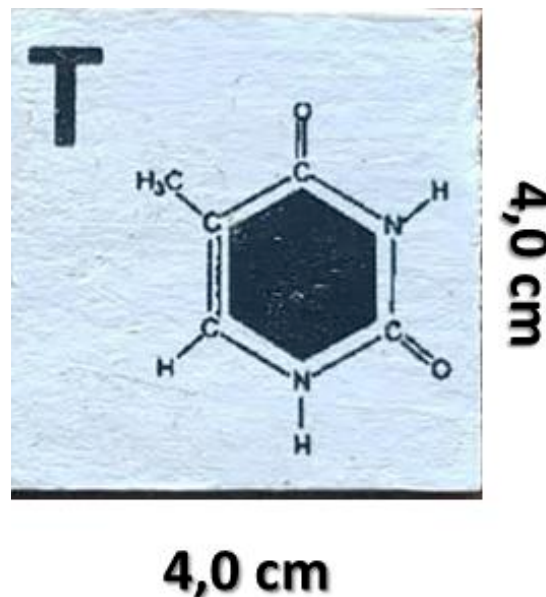


Figura 1: Peça representativa dos tipos de bases nitrogenadas, contendo a estrutura geral do seu respectivo anel heterocíclico para referência.

Componentes do produto pedagógico:

- 80 peças representando as bases nitrogenadas, constituintes dos nucleotídeos:
 - Adenina (A) = 16 unidades
 - Guanina (G) = 16 unidades
 - Citosina (C) = 16 unidades
 - Timina (T) = 16 unidades
 - Uracila (U) = 16 unidades
- 40 peças representando os 20 aminoácidos primários: (02 unidades de cada um deles).
- Uma caixa armazenadora/organizadora do material contendo:
 - Uma tabela do código genético
 - Uma lista com os nomes, e as respectivas abreviaturas (nomenclatura baseada em três letras), de cada aminoácido.
- 05 peças de 4,0cm x 4,0cm representando as bases nitrogenadas, constituintes dos nucleotídeos, incluindo suas respectivas estruturas cíclicas de forma esquemática (simplificada).

Cada peça representativa da uma base nitrogenada tem 2,0cm X 2,0cm e cada peça representativa de um aminoácido tem 2,0cm X 6,0cm.

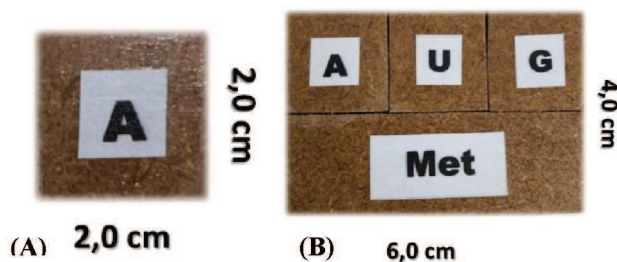


Figura 2: Representação das peças confeccionadas.

Em (A): Peça representativa de uma base nitrogenada com suas respectivas dimensões. Em (B) Trinca de bases nitrogenadas correspondente a um códon (no RNAm), e da peça representativa do aminoácido correspondente, com suas respectivas dimensões.

As peças que representam as bases nitrogenadas podem ser alinhadas entre si, de modo que uma peça se alinha a outra que representa uma base nitrogenada presente na outra fita da dupla fita de DNA, representando dessa forma a interação molecular que se estabelece entre elas (Adeninas – Timinas; Citosinas – Guaninas) nas fitas da molécula de DNA, evidenciando o conceito de complementaridade entre as bases. De forma análoga, é possível representar a complementaridade entre uma das fitas da molécula de DNA (fita molde) e o RNAm nascente (Adeninas – Uracilas; Citosinas – Guaninas), cuja sequência corresponde àquela do gene que está sendo transcrito (Figura 3).

As demais peças representam os aminoácidos que em sequência formarão a proteína ao final do processo. O encaixe dos aminoácidos nas trincas de

bases segue as determinações do código genético.

Todo o processo que representa a síntese proteica é baseado no código genético, o "dicionário" com 64 palavras, de acordo com a denominação em GRIFFITHS *et al*, 1998.



Figura 3: Visão geral do resultado final (trecho de uma cadeia polipeptídica) obtido a partir do material pedagógico proposto.

3.2.1 Confeção das peças do material pedagógico, cuja utilização pode se dar no âmbito da Sequencia Didática sobre o fluxo da informação genética (Figura 4 a Figura 8).



Figura 4: Processo de construção das peças do material pedagógico proposto.

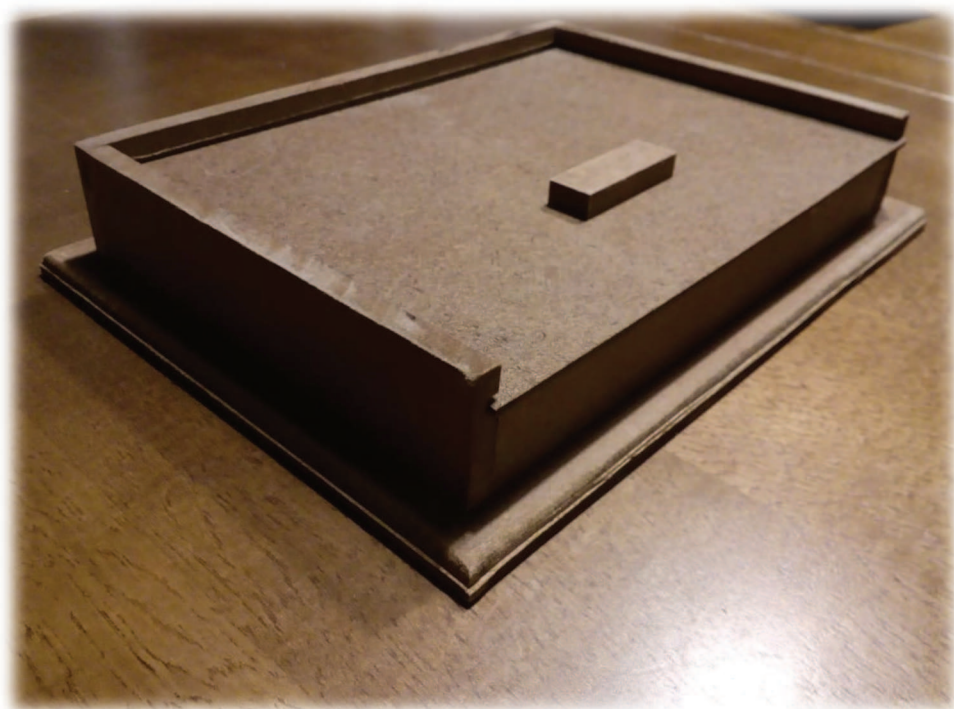


Figura 7: Caixa para armazenar o conjunto de peças do material pedagógico.



Figura 8: Visão geral do material contendo a tabela correspondente ao Código Genético na parte interna da tampa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico com relação ao Ensino de Biologia Molecular no Ensino Médio, um tema bastante genérico, mas que visava obter um painel bem amplo do estado da arte sobre o tema.

Diversas bases de dados foram utilizadas para a pesquisa, tais como Google Scholar, *SciELO*, Portal Periódicos Capes, entre outras. Os descritores mais utilizados foram Ensino de Biologia Molecular, Ensino de Ciências por Investigação, Jogos Didáticos, Sequências Didáticas. Para efeitos de uma melhor contextualização, basicamente foram selecionadas para nessa busca publicações brasileiras aplicadas, principalmente, ao Ensino Médio. Desta maneira, foram averiguadas quais propostas pedagógicas já tinham sido aplicadas e quais contribuíram de forma significativa para a aprendizagem dos estudantes em relação aos temas abordados.

Segundo JANN & LEITE (2010), um jogo que retrata a estrutura da molécula de DNA, RNA, e a síntese de proteínas, correlacionando aspectos lúdicos e cognitivos, a fim de facilitar a construção do conhecimento em torno do tema código genético, serviu para uma melhor compreensão da estrutura da molécula de DNA, corroborando a eficácia do aspecto lúdico, associado ao cognitivo, como importante estratégia de ensino. Estes autores relatam que com o passar do tempo, os estudantes mudaram de postura diante do jogo, passando a participar ativamente da atividade. A análise dos dados ao final da atividade evidenciou que os alunos já apresentavam algum conhecimento sobre o assunto, porém incompleto e, por vezes, errôneo.

Segundo a avaliação dos pesquisadores após a atividade, o jogo serviu para uma melhor compreensão dos estudantes em relação a estrutura da molécula de DNA, o que pode ser observado na seguinte declaração:

“Durante a atividade, os alunos mostraram-se muito motivados, excitados e ávidos por realizar alguma etapa do jogo. Isso decorre do fato de que o simples manuseio das peças durante a atividade constitui uma forma de interação do aluno com o objeto de conhecimento, o que se torna uma ação prazerosa para o estudante. A execução de jogos ou qualquer atividade em aulas práticas, repassa para o aluno a responsabilidade na construção do resultado, e para que seja uma atividade bem sucedida requer algumas atitudes e comportamentos que, embora não ideal, podem ser dispensados em uma aula expositiva.”

Em outro estudo, a partir de uma análise realizada sobre o tema "Genética" com alunos de ensino médio, verificou-se que, embora muitos deles já tivessem um bom conhecimento dos conceitos relacionados, alguns ainda apresentavam várias concepções errôneas sob o ponto de vista científico, confundindo, ou mesmo não compreendendo, determinados conceitos. Com isso, entre os grandes desafios que se coloca ao professor, um é o de ajudar o aluno a tornar-se consciente do processo de aprendizagem que usa para construir (reconstruir) conceitos, outro é o de propiciar situações de ensino que contemplem esse caminho (PAIVA & MARTINS, 2005).

Estes autores, ao concluir que existe uma forte visão funcionalista por parte dos alunos a respeito da constituição genética das células, consideram que isso pode ser um obstáculo epistemológico importante a ser considerado ao se trabalhar com esse tema. Além disso, nas questões envolvendo a capacidade de relacionar os conhecimentos científicos com questões do cotidiano, e também aos avanços na Biologia Molecular, verificou-se certa dificuldade dos alunos em lidar com assuntos relacionados à Genética veiculados pelos meios de comunicação. Diante disso, o professor investigador deve considerar eventuais entraves em sua estratégia de ensino justamente como o que vai gerar um futuro processo efetivo de aprendizagem:

“O professor deve agir com cautela, pois as ideias dos estudantes podem se constituir tanto um obstáculo quanto um ponto de partida para o entendimento do assunto. Assim, a sondagem sobre os conhecimentos prévios dos estudantes, antes de se iniciar um determinado conteúdo, facilita bastante o trabalho do professor, pois ele tem a possibilidade de adaptar o tema de forma a atender melhor as necessidades dos alunos”.

Em relação aos conteúdos trabalhados sobre o Dogma Central da Biologia Molecular, a prática docente mostra que estes são considerados de difícil compreensão por parte dos alunos, devido à complexidade dos processos biológicos envolvidos e o modo de apresentação destes conteúdos dentro das escolas.

Muitas publicações propõem a construção e a utilização de ferramentas didáticas para simplesmente facilitar o aprendizado. Neste caso, elas ensinam o processo natural de síntese proteica, iniciado na transcrição e terminando na tradução, obtendo-se a proteína ao final do processo. O grande problema destas propostas é a sua descontextualização. Os alunos entendem o passo a passo do processo, mas não relacionam estes processos com o que ocorre nos seres vivos, nem tampouco seu significado e suas consequências para os mesmos (MARTINEZ, 2000).

Nesse contexto, elaboramos uma proposta de SD para o Ensino Médio que contempla todos os passos para que a síntese proteica possa ser simulada, com possíveis "erros" que possam ocorrer ao longo do processo, visando possibilitar que o aprendizado se dê de forma investigativa, com a participação ativa dos alunos, tornando-os sujeitos produtores do seu próprio conhecimento. A proposta procura tornar o conteúdo mais palpável e permeável ao longo de toda a SD, de modo que o aluno consiga perceber a interligação entre todos os processos biológicos envolvidos, suas consequências, e que a importância do produto final gerado, resultado do bom funcionamento de cada uma das etapas, e a interdependência das mesmas.

É importante ressaltar aqui que a SD é extensa, portanto ela foi organizada em três blocos. Assim sendo, sugerimos duas possibilidades para a utilização da SD: 1- ela pode ser utilizada na sua totalidade, ou seja, utilizando todos os seus três blocos, de forma interconectada e sequencial; 2- ela pode ser utilizada com base na seleção de um, ou mais blocos, abordando-os de forma independente, de acordo com a necessidade, e a realidade de cada professor.

O primeiro bloco aborda a relevância das biomoléculas proteínas, o produto final de todo o processo, com uma ênfase maior no papel enzimático destas moléculas, e foi denominado *Bloco 1 (amarelo): Intolerância à Lactose*. O segundo bloco foca na estrutura dos ácidos nucleicos e seu papel biológico nos organismos vivos, e foi denominado *Bloco 2 (verde): Código Genético? O que é isso afinal?* O terceiro e último bloco diz respeito à síntese de proteínas (tradução), propriamente dita, a partir da transcrição, e foi denominado *Bloco 3 (azul): Qual o propósito da informação genética?*

4.1 Sequência Didática (SD) para o Ensino de Biologia Molecular

A importância de propostas pedagógicas com foco em SD já está consolidada, cabendo ressaltar a relevância dessa estratégia no processo de construção do conhecimento. Ademais, essa estratégia está em consonância com a necessidade de se vislumbrar perspectivas que possibilitem uma maior interação ensino-aprendizagem, pois isso significa assumir, de fato, a necessidade de alterações nos aportes metodológicos (CASTELLAR & MACHADO, 2016).

Com relação à SD aqui proposta, o referencial teórico baseado em ZABALA (1998) foi utilizado para fundamentar e nortear a sua construção. Assim sendo, procuramos utilizar estratégias associadas às metodologias ativas de ensino, com o desenvolvimento das competências dos alunos, bem como a construção do conhecimento científico, delineadas nas

correntes teóricas que respaldem tal metodologia (Tabela 2). Segundo PEUKERT *et al*, (2019), as metodologias ativas envolvem uma abordagem pedagógica que tem como foco o protagonismo do aprendiz, onde todo processo de ensino-aprendizagem se dá vislumbrando o interesse, o envolvimento, a reflexão e a descoberta por parte do mesmo. Essas metodologias se diferem do ensino tradicional, no qual o professor tem papel hegemônico, como aquele que detém o conhecimento.

De acordo com DIESEL *et al*, (2019), o método Paulo Freire relacionado às metodologias ativas se dá quando se procuram novas formas de ensino, propiciando a aprendizagem centrada nos estudantes, possibilitando aos mesmos assumirem um papel de sujeitos de sua própria aprendizagem, sendo ativos, autônomos e protagonistas na construção de novos saberes, mediados pela ação do professor.

Como orientações de ensino-aprendizagem, foram propostas atividades didáticas em sala de aula que modifiquem o modo de pensar o sentido das estratégias para a construção do conhecimento, utilizando princípios educativos flexíveis e adaptáveis, considerando a realidade em que estamos inseridos.

Segundo CASTELLAR & MACHADO (2016), busca-se então através de SD propor aos professores instrumentos que contribuam com sua prática didática, lhes possibilitando analisar, no contexto das metodologias ativas, a organização e o significado do uso da SD no processo de aprendizagem.

Ainda de acordo com estes autores, uma forma de planejamento de aulas deve favorecer o processo de aprendizagem por meio de atividades planejadas e desenvolvidas como situações didáticas encadeadas, formando um percurso de aprendizagem para que o estudante construa conhecimentos ao realizá-las. Assim, as atividades que constituem uma SD não são escolhidas aleatoriamente. O professor encadeia essas atividades a partir de sua hipótese (ou avaliação) sobre as necessidades de aprendizagem, de modo que uma atividade potencialize a outra, permitindo que os estudantes reelaborem conhecimentos, coloquem em uso e/ou ampliem o que já aprenderam. O professor cria nesses encadeamentos desafios perante os conteúdos apresentados, como um conjunto de atividades articuladas e organizadas de forma sistemática em torno de uma problematização central.

Para TRIVELATO & TONIDANDEL (2015), uma SD na área de Biologia baseada em investigação deve estar baseada em alguns aspectos relevantes, incentivando e propondo aos alunos:

- a) Uma questão-problema que orientará a investigação e que possibilite o engajamento dos alunos em sua resolução, bem como o desenvolvimento de estratégias com relativa

autonomia. O papel do professor está em recuperar conhecimentos já estabelecidos, dirigindo o foco de atenção dos alunos, produzindo estímulos.

b) A elaboração de hipóteses, como tentativa da explicação de determinado fato ou fenômeno, geralmente produzidas na fase de construção de possíveis soluções para um problema. Dessa forma os alunos podem explicitar seus conhecimentos e modelos explicativos sobre o assunto em questão. Também colabora com o professor que pode entender quais são as concepções que o estudante tem sobre determinado tema, fornecendo-lhe elementos para planejar suas intervenções. Esta tentativa de solução à questão-problema dará direção à investigação.

c) A seleção, construção, registro, análise e a discussão de dados obtidos por meio de atividades práticas, de observação, de experimentação, obtidos de outras fontes consultadas, ou fornecidos pela SD devem ser vivenciados no contexto escolar;

d) A elaboração de afirmações (conclusões) a partir da construção de argumentos científicos, apresentando evidências articuladas com o apoio baseado nas ciências biológicas. O professor nesse caso precisa providenciar a explicação e o modelo teórico que dão legitimidade aos dados, tornando-os evidências das conclusões, distinguindo dessa forma o conhecimento científico do senso comum.

Com relação à metodologia de investigação, o professor deve ser um orientador dessa investigação, incentivando a formulação de hipóteses, promovendo condições para a busca de dados, auxiliando as discussões e orientando as atividades.

Com relação ao papel do professor, este deve atuar como mediador das atividades em sala de aula, enquanto os alunos devem atuar como protagonistas, com uma participação ativa no transcorrer da SD.

Com relação à organização da aula, as etapas incluíram atividades individuais e atividades em grupos, favorecendo também o trabalho coletivo, e o compartilhamento de informações.

Em relação aos conteúdos, a escolha foi feita de acordo com a análise do público alvo, ou seja, estudantes de Ensino Médio, na disciplina de Biologia. O conteúdo conceitual selecionado foi o Fluxo da Informação Genética, o Dogma Central da Biologia, mais precisamente, a Transcrição e a Tradução do Código Genético. Os conteúdos procedimentais incluídos na SD relacionados aos estudantes foram o saber ler, escrever, interpretar dados, reflexão ao longo das atividades propostas, discussão de aspectos de um dado tema, capacidade de utilizar uma ferramenta pedagógica, entre outros. Com relação aos conteúdos atitudinais, estão relacionados os valores, normas e atitudes dos estudantes; o comprometimento dos estudantes durante a realização das etapas previstas da SD, o respeito à

opinião dos colegas, e a participação efetiva na construção conjunta dos objetivos e das atividades de cada etapa.

Na SD, fazendo parte do conteúdo programático da disciplina, previamente são trabalhados com os estudantes os processos biológicos que compõem o Dogma Central da Biologia, tais como a Replicação: perpetuação da informação gênica; a Transcrição: conversão da informação contida no DNA em uma fita de RNA; a Tradução: produção de uma cadeia polipeptídica (proteína), a partir da informação transcrita no RNA.

Estes processos estão obviamente permeados pelo conceito do Código Genético, de forma que, naturalmente, a SD permite a introdução, retomada e/ou discussão sobre a sua redundância, por exemplo, e, ainda, sobre o efeito e as consequências de mutações.

Com relação à utilização dos espaços e do tempo, a proposta da SD procurou possibilitar a aprendizagem em diferentes espaços, seja em sala de aula, seja em casa, por exemplo. O tempo previsto para as atividades nos diferentes blocos é determinado na SD, entretanto esse tempo pode ser adaptado às diferentes realidades das turmas e das aulas.

O problema proposto (pelo professor, ou pelos alunos) deve ser articulado aos objetivos e aos conteúdos em vista. Deve-se articular a investigação do problema proposto de forma que os novos conhecimentos possam ser adquiridos a partir dos conhecimentos prévios dos estudantes. A escolha dos conteúdos deve constituir e refletir parte da realidade cotidiana dos estudantes, e se mostrar adequada ao nível dos conhecimentos prévios e do desenvolvimento dos mesmos, evitando assim a desmotivação, ou desinteresse, e estimulando uma participação efetiva e prazerosa na busca do conhecimento.

O objetivo é promover uma atitude favorável ao aprendizado, utilizando estratégias e ferramentas didáticas variadas na SD, com uso de pesquisa investigativa, discussões em grupo, elaboração de esquemas, representações gráficas, elaboração de mapa mental, bem como o uso de um material didático e interativo sobre o Fluxo da Informação Genética ao final da SD.

A avaliação deve ser de forma contínua, ao longo de toda a SD, avaliando os estudantes de forma mais ampla e de forma transversal entre as atividades, permitindo conferir se os objetivos de aprendizagem estão sendo atingidos ao longo da aplicação da SD. Essa avaliação prevê produções textuais, participação nas discussões em grupo, compartilhamento de informações, respeito aos colegas, comprometimento na entrega das atividades, criatividade, qualidade e coerência nas representações gráficas e esquemas e, ainda, no manuseio e no resultado obtido com o modelo didático de modo investigativo.

Tema - Biologia Molecular/Bioquímica/Genética
Público alvo - alunos de ensino médio
Número de aulas - 9
Conteúdo científico abordado - Fluxo da Informação Genética

Objetivo Geral - Compreender os processos biológicos de maneira dinâmica, permitindo a mediação de um aprendizado significativo, que por sua vez, seja traduzido na apropriação efetiva do conhecimento sobre o tema abordado, promovendo a alfabetização científica, através de uma proposta investigativa.

Etapas	Conteúdo	Descrição das atividades nas aulas	Estratégias de ensino	Objetivos específicos	Avaliação
1. (2 aulas)	Proteínas	Leitura e discussão (baseado numa ideia inicial do que sabemos sobre as proteínas) de um artigo de divulgação científica sobre o papel das proteínas nos seres vivos publicado pela revista Superinteressante: Todos os seres vivos usam os mesmos 20 aminoácidos. Pano de fundo para a elaboração dos mapas mentais e posterior discussão com a turma sobre a estrutura e função das proteínas.	Discussão livre do artigo, de acordo com as ideias que surgirem na sala. Importante levar em consideração sempre os questionamentos dos alunos e perceber quais são suas dúvidas e quais são as questões de interesse da turma. Elaboração de mapas mentais em grupos tendo como tema o que os alunos compreenderam a respeito da estrutura e da função das proteínas. Fechamento da discussão salientando o papel enzimático.	Dar uma ideia geral do que são as proteínas e qual seu papel biológico nos organismos. Ênfase no papel enzimático e sua importância para o metabolismo.	Participação.
2.	Enzimas	Conhecendo uma enzima: Demonstrar o funcionamento da enzima Lactase e especificar a reação que ela realiza. Pergunta: o que acontece quando uma reação não acontece? Levantamento de hipóteses por parte dos alunos para responder a pergunta. Propor aos alunos pesquisarem em casa sobre Intolerância à Lactose.	Livro didático. Em grupo - retomada dos mapas mentais , demonstração das suas hipóteses e discutir com a turma. Pesquisa para casa: Intolerância à Lactose.	Utilização de uma pergunta problematizadora para gerar um viés investigativo ao processo e dessa forma tornar o aluno protagonista do processo.	Mapas mentais: Participação na criação e entrega dos mapas mentais. Coerência na elaboração das hipóteses.
3.	Intolerância à Lactose	Retorno à pergunta problematizadora e discussão das pesquisas em sala.	Informações/materiais trazidas pelos alunos para enriquecer a discussão acerca do tema.	Levar os alunos a aprender os passos da produção do conhecimento; Entender as consequências do mau funcionamento e/ou da ausência de uma enzima em um processo biológico.	Participação nas discussões. Comprometimento em fazer a pesquisa e trazer materiais. Avaliação: texto argumentativo para verificar as concepções dos alunos acerca da SD.
4.	Ácidos nucleicos	Explicação do conteúdo. Propor aos alunos pesquisarem sobre: a universalidade da molécula de DNA.	Slides elaborados pelo professor. Aula expositiva e dialogada. Pesquisa em casa.	Dar uma ideia geral do que são os ácidos nucleicos e qual seu papel biológico nos organismos. Demonstrar a universalidade da molécula de DNA, bem como as exceções.	Participação.
5.	Ácidos nucleicos	Utilização das pesquisas trazidas pelos alunos para gerar perguntas e a busca por hipóteses.	Perguntas. Criação de Hipóteses. Discussão.	Discutir a importância do Genoma como informação, seja qual for o organismo em questão.	Participação nas discussões. Avaliação: texto argumentativo para verificar as concepções dos alunos acerca da SD.
6.	Fluxo da Informação Genética	Transcrição.	Livro didático. Slides elaborados pelo professor.	Compreender a interdependência entre as moléculas de DNA/RNA/Proteínas – Dogma Central da Biologia.	Participação.
7.	Fluxo da Informação Genética	Tradução. Utilizar o exemplo da Lactase para tornar o processo dinâmico e conectado. Abordar o conceito de mutação que pode ocorrer durante o processo.	Pesquisa orientada: O Fluxo da Informação Genética. - Demonstrar o tamanho da enzima (quantidade de AA). - Apontar que existem diversos tipos de mutações que podem levar à intolerância à Lactose.		
8.	Fluxo da Informação Genética (Dogma Central da Biologia)	Uso do Modelo didático	Alunos manuseiam o material com orientação do professor seguindo o manual de forma investigativa. Apresentação da Caixa de Curiosidades. Usar somente parte da enzima Lactase onde ocorre a mutação, para tornar o processo mais prático.	Compreender a interdependência entre as moléculas de DNA/RNA/Proteínas. Relacionar as características dos seres vivos com um correto funcionamento do processo. Perceber as consequências das mutações no processo. Relacionar as mutações com alterações nas características dos seres vivos.	Avaliação: Texto argumentativo sobre o entendimento dos assuntos abordados durante o desenvolvimento da SD.

Tabela 2: SD Completa (contendo 03 Blocos) Proposta para o ensino de Biologia Molecular no Ensino Médio.

4.1.1 A Sequência Didática

Foi escolhido o título “Desvendando a Informação Genética” para a SD com o objetivo de suscitar a ideia de uma investigação, e, dessa forma, procurar motivar o aluno a encarar o desafio da construção de seu aprendizado desde o início.

Bloco 1: Intolerância à Lactose

Etapa 1 - Proteínas

As proteínas são moléculas macromoléculas. O esqueleto covalente (cadeia polipeptídica) de uma proteína é formado pela união covalente (ligação peptídica) de centenas a milhares de resíduos de aminoácidos. Os resíduos de aminoácidos presentes em uma dada proteína, por outro lado, lhe são característicos. Como é possível a livre rotação dos carbonos alfa desses resíduos que formam seu esqueleto covalente, uma dada proteína, conseqüentemente, assume uma conformação particular. Como conseqüência dessas características, uma dada proteína apresenta uma estrutura espacial característica, a qual, no caso das proteínas globulares, em particular, é fundamental para a sua função biológica. Conseqüentemente, mudanças na estrutura espacial podem afetar a função das proteínas (LEHNINGER *et al*, 2014).

No princípio desta etapa, na primeira aula, é realizado um levantamento individual das concepções prévias dos estudantes a respeito do tema proteínas, de modo que os mesmos devem argumentar em um pequeno texto o que conhecem sobre elas. Em seguida, estas ideias são socializadas com a turma como um todo. Após esta breve discussão, faz-se a leitura de um artigo de divulgação científica sobre o papel das proteínas nos seres vivos publicado em agosto de 2019 na revista Superinteressante: *Todos os seres vivos usam os mesmos 20 aminoácidos. Este é o porquê.* (<https://super.abril.com.br/ciencia/todos-os-seres-vivos-usam-os-mesmos-20-aminoacidos-este-e-o-porque/>) (Figura 9).



Figura 9: Site do artigo da revista Superinteressante utilizado na SD

A leitura do artigo serve como pano de fundo para a elaboração de mapas mentais em grupos, posterior apresentação destes mapas, seguida de discussão com a turma sobre seu entendimento quanto à estrutura e função das proteínas. O professor deve direcionar e orientar

a discussão para que ao final, os alunos percebam principalmente a importância do papel enzimático das proteínas. Deve ainda aproveitar essa discussão para avaliar conceitos que eventualmente necessitem ser trabalhados.

O objetivo desta atividade foi de fazer com que os alunos compreendessem a diversidade biológica das proteínas e sua importância biológica nos seres vivos.

De acordo com GUIMARÃES & GIORDAN (2013), é necessário construir um diálogo em sala de aula, onde o professor aproxima seus alunos dos conceitos científicos, adotando uma perspectiva problematizadora para o ensino e para a aprendizagem.

Etapa 2 – Lactase

Após discussão sobre a estrutura e o papel biológico das proteínas com ênfase maior no papel enzimático delas no metabolismo, o professor apresenta a enzima lactase, a reação por ela catalisada e, conseqüentemente seu papel no metabolismo (Figura 10).

Segundo WANES *et al* (2019), os carboidratos são absorvidos no intestino apenas sob a forma de monossacarídeos; portanto, todos os carboidratos resultantes da combinação de dois ou mais monossacarídeos (dissacarídeos, polissacarídeos) precisam ser hidrolisados aos açúcares simples (seus monossacarídeos constituintes) antes da absorção. Os tipos mais conhecidos das enzimas intestinais relacionadas com a digestão de carboidratos são a sacarase-isomaltase (SI), a maltase-glucoamilase (MGA) e a lactase-clorizina-hidrolase (LPH). A LPH é a única β -galactosidase do intestino que hidrolisa o açúcar principal presente no leite de mamífero, a lactose. Esta enzima tem um papel crucial durante período infantil em que o leite é a fonte exclusiva de nutrição. Na maioria dos mamíferos, a atividade da lactase é máxima do nascimento e durante toda a lactação, justamente quando o leite é o nutriente exclusivo. Depois disso, entre o desmame e antes da idade adulta, a atividade da lactase diminui drasticamente para 5-10% (MATAR e MAZO, 2010).

Após a apresentação da lactase e o papel biológico por ela desempenhado nos mamíferos, o professor propõe uma pergunta problematizadora para que os alunos pensem a respeito e procurem formas de respondê-la:

Pergunta: O que acontece quando uma reação não acontece?

Para NETTO & AZEVEDO (2018), o professor deve ser o sujeito problematizador do processo, levantando problemas de forma crítica valorizando a criticidade dos estudantes.

ABEGG & BASTOS (2005), sustentam a ideia de que para haver um processo de ensino-investigativo de fato, é importante que a aprendizagem do aluno seja seu problema, estimulando o mesmo à elaboração de hipóteses e ao desenvolvimento de estratégias na procura de respostas adequadas ao problema.

SANTOS & GALEMBECK (2018) salientam o papel das perguntas nas aulas de Ciências, pois elas adquirem contornos próprios para o ensino por investigação e sua perspectiva problematizadora.

A pergunta problematizadora será o ponto de partida para que os alunos proponham hipóteses para tentar solucionar o problema, que a partir deste ponto, passa a ser o “seu problema”.

Retomando os mapas mentais produzidos em grupos na aula anterior e as hipóteses elaboradas individualmente pelos alunos, o professor orientará a discussão sobre o problema proposto e as hipóteses elencadas para solucioná-lo.

Por fim, o professor deixa uma questão que tem ligação com o conteúdo da aula e é de conhecimento do público em geral, fazendo parte até mesmo de muitas famílias dos estudantes, para que os alunos pesquisem fora de sala e tragam o material pesquisado por eles na aula seguinte. Esta pesquisa será orientada e mediada pelo professor para que os alunos usem como referência os seguintes links:

°<https://drauziovarella.uol.com.br/doencas-e-sintomas/intolerancia-a-lactose/>

°[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-42302010000200025\(MATTAR & MAZO, 2010\)](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-42302010000200025(MATTAR & MAZO, 2010))

°<https://saude.abril.com.br/alimentacao/o-que-e-intolerancia-a-lactose-sintomas-diagnostico-e-tratamento/>

É possível também que o professor oriente aos alunos que comparem as embalagens de leite integral com as de leite zero lactose.

FAGUNDES (2016) sustenta que o professor deve incentivar a pesquisa em suas aulas, buscando a resolução de problemas concretos, criando assim soluções e construindo novas estratégias de ação para resolvê-las.

No caso da SD aqui elaborada, a pesquisa diz respeito à intolerância à lactose.

Etapa 3 – Intolerância à lactose

Com a pergunta problematizadora como pano de fundo, e utilizando as pesquisas que os alunos fizeram e trouxeram para a sala de aula, o professor aprofunda a ideia da reação bioquímica da lactase e da intolerância à lactose, através da orientação de uma discussão coletiva com toda a sala.

Para RANGEL (2016), a intolerância à lactose pode ser primária, congênita e secundária, sendo a primária mais comum. A deficiência de lactase pode ser diagnosticada

Causas da intolerância à lactose

• A hipolactasia **primária**, ou hipolactasia tipo adulto, é a redução irreversível e geneticamente programada da atividade da enzima lactase e ocorre na maioria da população mundial após o desmame, podendo chegar a um nível de função fisiológica abaixo de 10% durante o envelhecimento e ocorre em indivíduos que são homocigotos para o alelo recessivo.

• A hipolactasia **secundária** e reversível é ocasionada por doenças que causam dano à mucosa intestinal como: giardíase, esquistossomose, doenças inflamatórias intestinais, doença de Crohn, retocolite e enterites infecciosas.

• A intolerância à lactose **congenita** tem um padrão de herança autossômico recessivo. Esta condição é relativamente rara na população e potencialmente letal se não tratada corretamente. A criança que nasce com a falta desta enzima sofre com episódios de diarreias consecutivas que acabam gerando desidratação, uma condição que acarreta um risco grave para um recém-nascido.

⇒ A diferença da hipolactasia primária e a congênita está em nível molecular; na hipolactasia primária tipo-adulto a enzima apresenta sua estrutura normal e apenas sofre declínio de sua atividade durante o envelhecimento; na intolerância à lactose congênita, a enzima é ausente ou apresenta mudanças em sua estrutura que impossibilitam que a hidrólise aconteça. Em relação às causas da intolerância à lactose, a hipolactasia primária é a mais frequente (PALACIOS & HERKENHOFF, 2014).

com base em sintomas como cólicas e diarreias associados e dependendo da quantidade de lactose ingerida.

De acordo com WANES *et al* (2019), existem dois tipos principais de intolerância à lactose, a deficiência primária de lactase, também chamada hipolactasia do tipo adulto e deficiência congênita de lactase (CLD).

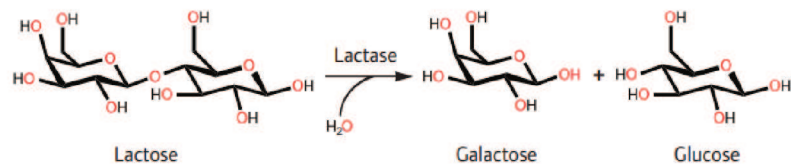


Figura 10: Reação química onde ocorre a quebra da lactose envolvendo a enzima lactase (Genética na Escola, 2014).

Segundo PALACIOS & HERKENHOFF (2014), a intolerância à lactose acomete em torno de 75% da população mundial e é caracterizada pela ineficiência ou redução na atividade enzimática da lactase, denominada hipolactasia, ou lactase não persistente, durante a quebra e digestão da lactose. A hipolactasia pode ser ocasionada por fatores primários, secundários e congênitos. O fator primário, mais frequente, é de natureza hereditária. A lactase é responsável por hidrolisar, ou seja, quebrar, a lactose, açúcar não absorvível como tal, encontrado no leite, em suas unidades constituintes, ou seja, glicose e galactose, para que sejam absorvidas pela mucosa intestinal, e liberadas na corrente sanguínea.

Estes autores ainda argumentam que o declínio na capacidade de quebrar lactose em moléculas menores faz com que esta molécula passe rapidamente para o cólon, onde ocorrerá a sua fermentação pelos microrganismos intestinais. As bactérias da flora intestinal utilizam a lactose como uma boa fonte de energia e acabam gerando gás metano (CH₄), gás hidrogênio (H₂), e ácido láctico, causando desconforto por distensão abdominal, flatulência e diarreia. O surgimento dessa sintomatologia gerada pela má absorção intestinal da lactose caracteriza a intolerância a esta molécula.

A deficiência congênita de lactase (CLD) é um distúrbio genético autossômico recessivo raro e grave que afeta a capacidade funcional da proteína intestinal lactase-clorizina hidrolase (LPH). Esse distúrbio já é diagnosticado nos primeiros dias de vida do recém-nascido devido à incapacidade de digerir lactose, o principal carboidrato do leite de mamíferos. O padrão de herança de CLD pode ser homozigoto e heterozigoto composto. Entretanto, diferentes mutações na região codificadora da LPH foram caracterizadas. Cerca de 80% dos pacientes mostraram-se homozigotos para um códon de parada na tirosina. Essa mutação resulta em uma proteína truncada. Outras mutações resultaram em um deslocamento de um códon de parada prematuro, ou uma substituição de aminoácidos. Também foram detectadas mutações de deleção que levaram ao término da tradução (WANES *et al*, 2019).

Persistência à lactose

A hipolactasia primária acomete em torno de 75% da população mundial. Alguns autores discutem que, há milhares de anos, todas as pessoas tinham essa hipolactasia primária. Há mais ou menos 10.000 anos ocorreu a domesticação de animais que produziam leite, como bovinos, caprinos e ovinos. Portanto, naquele período da história o consumo de leite proveniente dessas espécies de animais fora iniciado, e os indivíduos que passavam da infância, continuavam a consumi-los. Dessa forma, mutações que ocorressem no gene da lactase, permitindo que o organismo continuasse a produzir esta enzima, tornar-se-iam vantajosas para os indivíduos que a possuísem, em relação aos indivíduos que não a apresentassem, pois tal mutação permite que o indivíduo possa usufruir do leite como um alimento rico em nutrientes. Assim sendo, quando surgiu o alelo com a mutação no gene da lactase, os indivíduos que possuíam uma cópia deste alelo e puderam usufruir do leite como alimento por mais tempo, conseqüentemente foram favorecidos pela seleção natural. Tal mutação foi vantajosa para a sobrevivência desses indivíduos nas regiões mais frias, como o norte da Europa, onde a agricultura não era favorável e a inclusão do leite na dieta tornou-se uma estratégia de sobrevivência. As pessoas com a persistência desta enzima eram mais saudáveis e tinham mais filhos; dessa maneira, isso favoreceu o aumento da frequência deste alelo (PALACIOS & HERKENHOFF, 2014).

Nesta etapa da SD, após as discussões prévias com relação às hipóteses para responder à pergunta problema, bem como a pesquisa que os alunos trouxeram para a sala de aula para enriquecer a base científica da discussão, é possível que os alunos percebam as consequências do mau funcionamento e/ou da ausência de uma enzima em um processo biológico. É sugerido aqui, portanto uma avaliação. Um texto argumentativo para verificar as concepções dos alunos acerca deste bloco da SD.

Esta etapa da SD também é importante, pois os alunos aprendem os passos da ciência para a produção do conhecimento, tais como a percepção de um problema, a elaboração de hipóteses para propor soluções e a discussão sobre ideias distintas baseada em dados experimentais. Esta etapa estimula dessa forma os educandos a assumir o protagonismo na construção do próprio conhecimento.

OLIVEIRA & NASCIMENTO (2013), ressaltam a importância de se demonstrar aos alunos que o raciocínio utilizado na produção de conhecimento científico é algo que pode fazer parte da realidade deles.

Bloco 2: Código Genético? O que é isso afinal?

Etapa 4 – Os ácidos nucléicos (DNA e RNA)

Nesta etapa da SD o professor explica aos alunos com auxílio de material pedagógico como slides, infográficos e vídeos o que são os ácidos nucléicos (DNA e RNA), bem como sua importância biológica nos seres vivos.

Estudos mostraram que o DNA é composto de apenas quatro tipos de unidades fundamentais, ou seja, moléculas básicas denominadas nucleotídeos, os quais são semelhantes entre si, exceto pelo fato de que cada uma delas contém uma base nitrogenada diferente. Cada nucleotídeo contém um monossacarídeo (uma ose) de cinco carbonos (do tipo desoxirribose), um fosfato, e uma das quatro bases nitrogenadas seguintes: adenina, guanina, citosina ou timina. Entretanto, é mais conveniente chamar cada nucleotídeo pela abreviação de sua base (A, G, C e T, respectivamente). Duas das bases, adenina e guanina, são similares em estrutura e são do tipo purinas. As outras duas bases, citosina e timina, também são similares entre si e são do tipo pirimidinas. Já no RNA cada nucleotídeo tem na sua estrutura contém também um monossacarídeo de cinco carbonos (uma ose) (do tipo ribose), um fosfato, e uma das quatro bases nitrogenadas seguintes: adenina, guanina, citosina ou uracila. Entretanto, é mais conveniente chamar cada nucleotídeo pela abreviação de sua base (A, G, C e U, respectivamente) (GRIFFITHS *et al*, 1998).

Cada célula em um organismo contém DNA, o qual se encontra organizado estruturalmente nos cromossomos. Os genes são as regiões funcionais desse DNA, ou seja, segmentos ativos distribuídos ao longo dos cromossomos. O genoma de um organismo em si representa o DNA presente nos cromossomos (GRIFFITHS *et al*, 1998).

Em seu livro, PEREIRA (2001) traz a ideia de que o que chamamos de genoma, seja encarado como uma grande receita, como se fosse um imenso manual de instruções. E que, assim como uma receita é composta de diversas instruções, o genoma também é composto de milhares de comandos, que conhecemos como genes. Portanto, o genoma é esse conjunto de genes. E cada ser vivo tem sua própria receita, seu próprio genoma.

A ideia aqui é que os alunos compreendam que o material genético pode ser informação. E como toda informação, pode ter um significado, a qual pode vir a ser decodificada.

É importante nesta etapa que o professor aborde os conceitos acima mencionados, bem como o conceito de mutação, e que os alunos ao menos tenham uma noção básica deste fenômeno biológico. O professor que decidir aplicar todos os blocos da SD sequencialmente pode retomar a discussão da etapa anterior e abordar o significado e um exemplo de mutação, como elas podem acontecer e relacioná-lo com a intolerância à lactose. De forma alternativa, esse conceito pode ser discutido mais ao final, quando da realização da atividade envolvendo o material pedagógico elaborado e incluído na SD.

Pequenas variações em cada um dos genes dão origem à grande diversidade de organismos de uma espécie, associada à suas características fenotípicas. Erros em certos genes podem impactar alguma característica, ou causar o mau funcionamento de algum aspecto do organismo. Esses erros na mensagem de um gene são chamados mutações (PEREIRA, 2001).

Por outro lado, GRIFFITHS *et al*, (1998) salientam que os organismos têm uma tendência inerente para sofrer mudança, podendo essa alteração (se ocorrer nas células germinativas) ter caráter hereditário. Assim, nessas alterações, ou mutações, podem ser reconhecidos dois níveis distintos. Na mutação gênica, um alelo de um gene muda, tornando-se um alelo diferente. Em outro nível de alteração hereditária, a mutação cromossômica, segmentos de cromossomos inteiros, ou mesmo grupos inteiros de cromossomos sofrem alterações. As consequências fenotípicas da mutação podem por vezes ser tão sutis que requeiram técnicas refinadas de Bioquímica para serem detectadas. Alternativamente, a mutação pode ser tão grave que produza grandes defeitos morfofisiológicos ou até mesmo a morte.

Mais uma vez entra aqui a pesquisa, o problema. Ao final da aula, o professor pede aos alunos que, fora de sala, pesquisem e tragam para a sala na aula seguinte seus resultados. O tema da pesquisa é que os alunos busquem argumentos que justifiquem a expressão:

A Universalidade da Molécula de DNA: O DNA está presente em todos os organismos?

Esta pesquisa será orientada e mediada pelo professor para que os alunos usem como referência as seguintes referências:

◦PEREIRA, L. V.; *Sequenciaram o Genoma Humano...E Agora?* São Paulo. Ed. Moderna, 2001.

◦https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/2876110/mod_resource/content/1/PDF_Genetica_Molecular-livro.pdf (Apresentação e capítulo 1). RIBEIRO, 2009.

◦<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/codigo-genetico.htm>

◦https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/431618/2/Livro_Biologia%20Molecular.pdf (capítulo 1 e 2). CECCATO, 2015.

◦<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/biologia/virus-estrutura-e-ciclos-virais.htm>

Etapa 5 – Os ácidos nucleicos: a molécula de DNA é universal?

Partindo da pesquisa realizada pelos alunos sobre o tema, trazendo seus argumentos para uma discussão, em conjunto (a turma) elabora-se uma explicação para a questão. A importância aqui é que independente do organismo, o aluno compreenda que o genoma é composto basicamente pelas mesmas estruturas, associadas ao DNA. As características da maioria dos organismos são determinadas por esta molécula, com algumas exceções que, posteriormente, serão discutidas pelo professor, como, por exemplo, os vírus de RNA, além de abordar que as diferenças com relação à sequência de nucleotídeos entre um indivíduo, e outro da mesma espécie são mínimas.

A universalidade do DNA como material genético, bem como os processos de manutenção e expressão das características com base na informação (ou código) contida na sua sequência, bem como a hereditariedade, são compartilhados entre os mais diferentes organismos vivos. Todas as características hereditárias dos organismos vivos (com raras exceções, como os vírus de RNA) estão codificadas no DNA, na forma de sequências de seus nucleotídeos. É como se fosse uma planta de engenharia para a construção de um organismo vivo completo. Nucleotídeos são as unidades básicas dos ácidos nucleicos, ligados de modo semelhante a elos de uma corrente, formando longas moléculas. Na maioria dos organismos eucariotos o DNA é formado por duas fitas complementares destas ligações entre

*A informação genética contida no DNA pode ser copiada em mais DNA durante a replicação, ou ser traduzida em proteínas. Estes são processos importantes de transferência de informação genética, associados às funções do DNA. A sua capacidade de cópia (replicação) é fundamental para a manutenção das características genéticas entre gerações. Por outro lado, muitos genes (sequências com informações) ao longo do DNA são reescritos em sequências correspondentes de RNA (a partir da sequência molde de DNA), em um processo chamado **transcrição**. O RNA é sintetizado usando como referência a informação de um dos filamentos de um DNA de fita dupla (dupla hélice). A síntese de uma cadeia polipeptídica, mediada por ribossomos a partir de uma molécula de RNA mensageiro (RNAm) é chamada **tradução**. O RNA transportador (RNAt) compreende um grupo de moléculas de RNA bem pequenas, cada uma com especificidade para um determinado aminoácido. Eles levam os aminoácidos para o ribossomo, para que possam ser ligados a um polipeptídeo crescente. Os ribossomos contêm regiões específicas que possibilitam que eles se associem ao RNAm, aos RNAt, além da interação com fatores protéicos específicos, necessários para a síntese protéica. A molécula de RNAm, que é produzida a partir do molde de DNA, contém a informação que é traduzida em proteínas. A sequência de bases no RNAm determina a sequência de aminoácidos (adaptado de GRIFFITHS et al, 1998).*

nucleotídeos em forma de uma longa espiral, a chamada dupla hélice (PAZZA & KAVALCO, 2015).

É sugerido aqui, portanto uma avaliação. Um texto argumentativo para verificar as concepções dos alunos sobre qual seu entendimento acerca do tema problematizado, discutido e pesquisado por eles: A universalidade da molécula de DNA. Dependendo da opção feita pelo professor, e do material trazido pelos estudantes, a discussão sobre o RNA como material genético no caso de alguns vírus, pode fazer parte, ou não, desse momento avaliativo e da verificação de conceitos e suas inter-relações. Lembrando que essa abordagem pode também ser realizada no momento da *Caixa de Curiosidades*, conforme sugerido alternativamente no Guia da SD (em anexo).

Bloco 3: O Fluxo da Informação Genética

Etapa 6 e 7 – Transcrição e Tradução

Nesta etapa é necessário que o professor já tenha trabalhado com seus alunos conteúdos básicos para o entendimento e a compreensão deste bloco, tais como as proteínas e os ácidos nucléicos. Caso o professor deseje aplicar todos os blocos da SD em de forma sequencial, para torná-la bastante fluida e fazer as varias conexões possíveis entre as etapas, ele pode utilizar o exemplo do Bloco 1, sobre a enzima Lactase. Caso o professor deseje aplicar somente o Bloco 3, ele pode utilizar este exemplo proposto aqui, ou qualquer outra enzima

para explicar aos seus alunos o passo a passo do fluxo da informação genética.

O início da atividade se inicia a partir de uma pequena sequência de DNA que é utilizado na transcrição, e a consequente produção do RNA transcrito (RNAm). Em seguida, a tradução deste RNA, leva à obtenção da sequência de aminoácidos baseada na sua sequência.

O Gene Responsável pela Lactase. Vamos saber mais?

O gene responsável pela produção de lactase, denominado LCT, está localizado no cromossomo 2 nos seres humanos. Normalmente esta enzima sofre um declínio na sua capacidade fisiológica, tendo a sua produção inibida após o desmame e resultando na diminuição da expressão de lactase no intestino delgado. Este gene possui quase 49,34 kb (1.000 pares de bases), tem 17 éxons e seu transcrito (RNAm) possui 6.241 bases. O RNA mensageiro é traduzido em uma proteína que apresenta 1.927 aminoácidos em sua composição. Estudos relacionaram a ocorrência dessa persistência da produção da lactase na vida adulta a duas mutações na extremidade 5' (antecede o ponto de início de transcrição do gene e contém sua região promotora) do gene da LCT, e estas mutações surgiram de forma independente em populações distintas. A extremidade 5' é responsável pela regulação deste gene, ou seja, por sua inibição na fase adulta. Ambas as mutações, uma sendo uma troca de uma citosina (C) por uma timina (T) no nucleotídeo número 13.910 e outra uma troca de uma guanina (G) por uma adenina (A) no nucleotídeo número 22.018, foram associadas à persistência da lactase (PALACIOS & HERKENHOFF, 2014).

Aqui se apresentaria o tamanho real do gene responsável pela codificação da proteína, do número de aminoácidos da enzima, o tamanho proporcional em relação à célula e, seria em seguida focada somente a montagem de uma parte da proteína (sequência parcial, de uma região da mesma), ou seja, a região na qual aparece a mutação de STOP códon. É importante que os alunos tenham a noção de que estão trabalhando somente com uma parte da sequência da proteína, e que também retomem a ideia de mutação discutida em um momento anterior, agora com um exemplo prático, e com uma consequência possivelmente já relatada, ou presente no seu cotidiano.

Foi selecionada a ideia de truncamento, pois didaticamente ela seria mais fácil de ser visualizada. A mutação selecionada é bastante rara, mas isso pode ser dito aos alunos durante a aula para que tenham apenas uma breve noção do que está sendo abordado. Ela está relacionada a uma alteração congênita. Não envolve a questão da intolerância na fase adulta, mas é possível ter algum material complementar sobre isso como sugestão para ampliar a discussão. Pode-se sugerir ainda material complementar, a título de informação, sobre o fato

de que ultimo caso envolve variações na região regulatória do gene. Esse conteúdo extrapola um pouco o conteúdo para o Ensino Médio, mas pode ser sugerido como uma parte complementar optativa para o professor se preparar, pois podem surgir dúvidas nesse sentido.

Etapa 8 – Material pedagógico interativo/investigativo e Avaliação Final

Esta etapa particularmente pode ser trabalhada em separado pelo professor, desde que alguns conceitos e conteúdos que foram abordados nas etapas anteriores da SD já tenham sido trabalhados, tais como gene, cromossomo, DNA, RNA, transcrição, tradução, etc.

Apresenta-se então uma estratégia didática complementar à SD referente ao Dogma Central da Biologia que pode ser utilizada ainda independentemente da mesma, como uma proposta de motivar e facilitar a construção do conhecimento deste processo biológico crucial para qualquer ser vivo. Essa estratégia permite uma dinâmica na qual os alunos podem simular as principais etapas do processo de síntese proteica, com a finalidade de melhorar a compreensão do significado biológico da redundância do código genético, bem como a possibilidade de compreender a eventual consequência de determinadas mutações.

Esta atividade simula as etapas para que uma proteína possa ser sintetizada intracelularmente, ou seja, a partir de um gene que serve de molde para a transcrição do RNA é possível determinar a sequência de aminoácidos por ele codificado, sempre retomando os conhecimentos adquiridos nas aulas anteriores.

Para uma pesquisa orientada para uma melhor compreensão do tema e aprofundar futuras discussões, seguem sugestões de materiais de apoio:

◦ https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/2876110/mod_resource/content/1/PDF_Genetica_Molecular-livro.pdf
(Capítulo 3). RIBEIRO, 2009.

◦ https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/431618/2/Livro_Biologia%20Molecular.pdf (capítulo 5).
CECCATO, 2015.

É interessante nesta etapa o professor disponibilizar na sala de aula durante a atividade a *Caixa de Curiosidades*, como um anexo do material pedagógico (vide o guia do referido material), visando abordar e/ou ampliar os questionamentos acerca de outros conceitos relacionados que porventura possam surgir durante a aplicação da SD, e que podem gerar discussões bem interessantes, tais como:

- ⇒ É possível encontrar material genético em múmias?
- ⇒ Por que o indivíduo adulto desenvolve intolerância à lactose?
- ⇒ Todos os seres vivos são constituídos de DNA?
- ⇒ É possível extrair material genético de outros seres vivos, tais como plantas, bactérias, insetos, etc?
Esse material genético é similar ao nosso?

⇒ É possível fazer clones de espécies extintas?

HERMANN & ARAÚJO (2013) propõem o uso de modelos didáticos e atividades lúdicas para despertar o interesse dos alunos pelo conteúdo, desde que haja uma efetiva interação dos estudantes com esses modelos.

CAMPOS *et al* (2003), mostram que os materiais didáticos são ferramentas fundamentais para os processos de ensino-aprendizagem, viabilizando e facilitando a construção do conhecimento pelo estudante.

Segundo JANN & LEITE (2010), em um jogo que aborda o fluxo da informação genética, utilizado como estratégia de ensino, facilitou a compreensão do processo por parte dos estudantes, fazendo com que estes compreendessem melhor os conceitos científicos envolvidos.

A princípio o professor pode pedir aos alunos, como um desafio, que eles interajam com o material de forma exploratória. Após este período inicial de aproximação com o material, o professor propõe a atividade que fecha a proposta da SD.

Esta atividade pode ser realizada individualmente, em duplas, em trios, ficando a critério de cada professor, à medida que se verifica a realidade de cada turma.

Haveria duas formas básicas de recomendação de uso deste material em sala. A primeira trata do processo natural de síntese proteica, onde colocar-se-ia uma sequência de DNA codificante, para que os estudantes determinassem a sequência de aminoácidos resultante do processo baseada na tabela do Código Genético.

É fornecida aos alunos a informação de um pequeno trecho da sequência de bases nitrogenadas do DNA responsável pela síntese da enzima lactase. Com esta informação em mãos os alunos devem, a partir dela, construir a sequência de bases nitrogenadas do RNAm, em seguida determinar a sequência de bases correspondente do RNAt (anticódon) e por fim a sequência de aminoácidos da enzima. Para que isso aconteça, com orientação do professor, eles irão recorrer à tabela do Código Genético, incluída na caixa armazenadora do material para determinar a sequência dos aminoácidos. Com isso, espera-se que os alunos consigam perceber claramente todos os passos envolvidos na síntese proteica.

O passo a passo da atividade se encontra em anexo no Guia de Uso do Material Pedagógico.

Ao final do processo é importante que os alunos percebam a interdependência entre as moléculas e as etapas envolvidas. É importante também retomar mais uma vez aqui e

que eventualmente surjam, a ideia de código genético degenerado/redundante pode ser discutida, levando-se os estudantes a compreenderem sua importância para minimizar, eventualmente, o efeito de mutações, diminuindo a possibilidade de gerar proteínas não funcionais.

É importante, ainda, que ao final da atividade fique bem claro para os alunos a relevância de cada etapa dos processos biológicos intracelulares, como por exemplo, que independente de o trecho da proteína “montada” na atividade ser formada por poucos aminoácidos, o processo é trabalhoso. Sugerir a eles que busquem visualizar a construção de proteínas maiores, às vezes com dezenas de milhares de aminoácidos. E que independente do tamanho, as células são capazes de realizar todas as etapas de forma precisa.

Dependendo do nível de aprofundamento nas discussões e de compreensão por parte dos alunos, o professor avalia se há a possibilidade de haver outras sugestões de pesquisa e investigação ao término da atividade, que dizem respeito ao processamento das proteínas ao final da tradução, as modificações pós traducionais, que produzem formas ativas de proteínas para desempenharem suas funções biológicas. Outro tema de investigação complementar pode abordar o processamento (“splicing”) do RNAm primário (ou heterogêneo) em eucariotos, no qual as regiões não codificantes (íntrons) são retiradas, e o RNAm maduro, decorrente desse processamento, contém somente as regiões codificantes (exons).

Aqui também é possível fazer os alunos perceberem que as proteínas são as verdadeiras formas da expressão gênica, ou seja, das características físicas. E percebam também que não são elas que são transmitidas de pais para filhos, e sim o material genético, em cuja sequência se encontra o código a ser utilizado para a produção das mesmas. Assim, os alunos sedimentarão a ideia de que é preciso haver um processo baseado no material genético (DNA) para a produção de proteínas, e que o RNAm é o intermediário natural, reforçando, ainda, que na transcrição apenas uma das fitas é transcrita, a outra não.

O propósito é que os alunos consigam estabelecer relações entre o DNA, o Código Genético, as etapas da síntese proteica, e a determinação das características dos organismos.

Ao final deste bloco da SD, o professor propõe aos estudantes, como forma de avaliação final, que, individualmente, produzam um texto argumentativo sobre a compreensão de todo o processo de síntese proteica, relatando e discutindo o que aprenderam. Seria interessante solicitar como o que lhe foi mais marcante, ou o que julgou mais interessante em relação às atividades realizadas que visaram a produção do seu conhecimento. Desta forma, o professor poderá verificar se as concepções dos alunos foram modificadas, ou não acerca do tema.

Para TRIVELATO & TONIDANDEL (2015), sequências de ensino por investigação que contemplem a escrita do aluno tendem a promover que o estudante estruture seu pensamento, registre e comunique sua produção do conhecimento, bem como amplie as relações sociais que estabelece para além dos muros da escola, caminhando na mesma direção da alfabetização científica.

Se os jovens têm oportunidade de construir um argumento por eles mesmos, relacionando dados, fatos, afirmações e justificativas, fazendo escolhas que possam convencer ou persuadir seus colegas estudantes, expressando suas dúvidas e relatando vias alternativas, esse tipo de argumento retórico tem valor para o ensino de ciências.

Construir um argumento significa considerar posições alternativas. Então, um estudante que entenda o processo de construir um processo investigativo, aliado ao processo de reunir elementos que lhe permita construir seus argumentos ao fazer afirmações, ou declarações sobre fenômenos da natureza, está aprendendo e entendendo mais os caminhos da construção do conhecimento e da Ciência.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acreditamos que a aplicação da SD aqui proposta, seja de forma sequencial, ou em blocos, possa colaborar para uma aprendizagem ativa e significativa de estudantes do Ensino Médio sobre um tema tão complexo e abstrato como a Biologia Molecular, ao permitir, ainda, que o professor possa mediar a compreensão dos processos moleculares relacionados ao Fluxo da Informação Genética de maneira participativa e dinâmica.

A SD, como ferramenta didático-pedagógica, tem como finalidade propiciar a reflexão e o aprofundamento dos conhecimentos necessários para que os estudantes possam assumir uma postura crítica em relação à construção do conhecimento científico e a importância dos avanços científicos sobre o nosso cotidiano e, desta forma, promover um aprendizado significativo e favorecer a apropriação efetiva do conhecimento através de um formato investigativo, que permita, ainda, a promoção da alfabetização científica.

No processo de elaboração da SD, propusemos atividades que pudessem ter alguma relação com conhecimentos prévios dos estudantes. Como este trabalho apresenta uma proposta que não foi aplicada, nem tampouco direcionada a uma turma, ou escola específica, é possível que outros professores que decidam desenvolver a SD talvez precisem realizar adaptações em uma ou mais aulas, de acordo com o contexto de seu trabalho docente.

Destacamos a necessidade de considerar as diferentes etapas da construção do conhecimento em cada atividade, tanto em nível de raciocínio científico, quanto de gerenciamento da classe, evitando que a proposta se torne mais uma exposição de conteúdos sem significado para os alunos, e favorecendo momentos de argumentação e discussão com relação aos conteúdos trabalhados e as pesquisas e leituras realizadas, permitindo aos estudantes a oportunidade de enxergar além do que é estabelecido nos livros didáticos.

Enfim, dinâmicas e experiências advindas da utilização e aplicação da SD aqui proposta e do material pedagógico complementar incluso poderão vir a aprofundar a proposta de investigação aqui apresentada por meio de estudos de casos, propondo análises e reformulações mediante os resultados obtidos.

6. REFERÊNCIAS

ABEGG, I. ; BASTOS, F. P. **Fundamentos para uma prática de ensino-investigativa em Ciências Naturais e suas tecnologias: Exemplar de uma experiência em séries iniciais.** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. v. 4, n. 3, 2005.

ALCÂNTARA, N. R.; FILHO, A. V. M. **Elaboração e utilização de um aplicativo como ferramenta no ensino de Bioquímica: carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos.** Revista de Ensino de Bioquímica. v.13, n. 3. 2015.

AUSTIN, C. P. **Translation.** National Human Genome Research Institute. Disponível em:< <https://www.genome.gov/genetics-glossary/Translation?id=200/> Acesso em: 16 de out de 2020.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN:** ensino médio. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

BRUNA, M. H. V. Grupo UOL, 2014. **Intolerância à Lactose.** Disponível em: <<https://drauziovarella.uol.com.br/doencas-e-sintomas/intolerancia-a-lactose/> Acesso em: 03 de ago de 2020.

CAMPOS, L. M. L. ; BORTOLOTO, T. M. ; FELÍCIO, A. K. C. **A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem.** Caderno dos Núcleos de Ensino. Rede Nacional de Ciência para Educação (Rede CpE), p. 35-48, 2003.

CARVALHO, A. M. P.; **O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas.** Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 1–21, 2013.

CASAGRANDE, G. L. **A genética humana no livro didático de biologia.** 103 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

CASTELLAR, S. M. V.; MACHADO, J. C. **Metodologias ativas: Sequências Didáticas**. 1 ed. São Paulo, 2016.

CECCATO, V. M. **Biologia molecular**. 2. ed. Fortaleza, EdUECE, 2015.

DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. **Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica**. Revista Thema, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

DOMAN, J. S. **Molecular epidemiology: the impact of molecular biology in epidemiology research**. Revista Médica de Chile, v. 128:1261-1268, 2000.

ESCODINO, D. A, GÓES, A. C. S. **Alfabetização científica e aprendizagem significativa: situação de alunos de escolas estaduais do Rio de Janeiro com relação a conceitos de biologia molecular**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 18: 563-579, 2013.

FAGUNDES, T. B. **Os conceitos de professor pesquisador e professor reflexivo: perspectivas do trabalho docente**. Revista Brasileira de Educação, v. 21, n. 65, 2016.

FELDMAN, D. **Ajudar a ensinar: relações entre didática e ensino**. Porto Alegre: Artmed, 2001.

FERNANDES, A. C.; PESSOLATO, A. G. T.; SOUZA, L. E. B.; SILVA, R. B.; FERREIRA, P. C. G.; DARE, G. L. R. **Utilização do jogo “salada de aminoácidos” para o entendimento do código genético degenerado**. Genética na Escola. 06.02, 60-67, 2011.

GRIFFITHS et al. **Introdução à Genética**. Cap. 7. Ed. Guanabara Koogan S. A. Rio de Janeiro, 1998.

GUIMARÃES, Y. A. F.; GIORDAN, M. **Elementos para Validação de Sequências Didáticas**. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC, Águas de Lindóia, SP, 2013.

HERMANN, F. B.; ARAÚJO, M. C. P. **Os jogos didáticos no ensino de genética como estratégias compartilhadas nos artigos da revista genética na escola.** VI Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL); XVI Semana Acadêmica de Ciências Biológicas. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – campus de Santo Ângelo (URI), 2013.

JANN, P. N. ; LEITE, M. F. **Jogo do DNA: um instrumento pedagógico para o ensino de ciências e biologia.** Ciências & Cognição; v. 15, p. 282-293, 2010.

JAROCHYNSKI, N. F. C. **A experimentação nas aulas de Biologia como promotora da alfabetização científica.** Dissertação (Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. 145 f.

KELLENBERGER, E. **The evolution of molecular biology.** EMBO Reports, 5(6): 546-549, 2004.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia.** 4 ed, São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

LEHNINGER, T. M.; NELSON; D. L. & COX, M. M. **Princípios de Bioquímica.** 6ª ed, Ed Artmed, 2014.

LOPES, M. G. C. Vírus - Estrutura e ciclos virais. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/biologia/virus-estrutura-e-ciclos-virais.htm/>> Acesso em: 21 de out de 2020.

LORETO, E. L. S.; SEPEL, L. M. N. **A escola na era do DNA e da Genética.** Ciência e Ambiente, v. 26, p.149-156, 2003.

MARTINEZ, E. R. M.; FUJIHARA, R. T.; MARTINS, C. **Show da Genética: Um jogo interativo para o ensino de genética.** Genética na Escola. v. 3, p. 27-28, 2008.

MATTAR, R.; MAZO, D. F. C. **Intolerância à lactose: mudança de paradigmas com a biologia molecular.** Revista da Associação Médica Brasileira, v. 56, n. 2, São Paulo, 2010.

MELO, J. R. ; CARMO, E. M. **Investigações sobre o ensino de genética e biologia molecular no ensino médio brasileiro: reflexões sobre as publicações científicas.** Ciência & Educação, v. 15, n. 3, p. 593-611, 2009.

MOURA, J.; DEUS, M. S. M.; GONÇALVES, N. M. N.; PERON, A. P. **O ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas no Brasil – breve relato e reflexão.** Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, Londrina, v. 34, n. 2, p. 167-174, 2013.

NETTO, R. S.; AZEVEDO, M. A. R. **Concepções e modelos de formação de professores: reflexões e potencialidades.** Boletim Técnico do Senac, Rio de Janeiro, v. 44, n. 2, 2018.

OLIVEIRA, M. S. L.; NASCIMENTO, V. B. **Ensino de ciências por investigação: uma sequência didática para o ensino de eletromagnetismo.** Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC Águas de Lindóia, SP, 2013.

ORLANDO, T. C. **Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de biologia celular e molecular no ensino médio por graduandos de ciências biológicas.** Revista brasileira de bioquímica e biologia molecular. n. 1, 2009.

OVIGLI, D. F. B.; BOSSOLAN, N. R. S.; BELTRAMINI, L. M. **Biologia molecular na educação básica: explorando possibilidades de aprendizagem em um espaço não formal.** Revista brasileira de bioquímica e biologia molecular. n.1, 2009.

PAIVA, A. L. B.; MARTINS, C. M. C. **Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética.** Revista Ensaio, Belo Horizonte, v.7, n.3, p.182-201, 2005.

PALACIOS, R.; HERKENHOFF, M. E. **O gene da intolerância à lactose.** Genética na Escola, v. 9, n. 2, 2014.

PAZZA, R.; KAVALCO, K. F. **Uma pequena introdução à genética de felinos domésticos**. Araucária comunicação e editora. 2015.

PEDRANCINI, V. D. ; CORAZZA-NUNES, M. J. ; GALUCH, M. T. B. ; MOREIRA, A. N. O. R. ; RIBEIRO, A. C. **Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico**. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007.

PEREIRA, L. V.; **Sequenciaram o Genoma Humano...E Agora?** São Paulo. Ed. Moderna, 2001.

PEUKERT, L. W. C.; GOMES, M. G. S.; TOLAZZI, T. B.; SILVESTRI, W. F. **O Percurso de Ensino e Aprendizagem e a Apropriação de Metodologias Ativas na Resolução de Problemas**. XXIV Seminário Institucional de Ensino, Pesquisa e Extensão – Unicruz, 2019.

RANGEL, A. H. N.; SALES, D. C.; URBANO, S. A.; GALVÃO JÚNIOR, J. G. B.; NETO, J. C. A.; MACÊDO, C. S. **Lactose intolerance and cow's milk protein allergy**. Food Science and Technology, Campinas, v. 36, n. 2, p. 179-187, 2016.

RIBEIRO, M. C. M. **Genética Molecular**. Florianópolis, BIOLOGIA/EAD/UFSC, 2009.

SANTOS, V. S. Brasil Escola. **Código Genético**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/codigo-genetico.htm>>. Acesso em 18 de agosto de 2020.

SANTOS, C. M. D.; CALOR, A. R. **Ensino de Biologia Evolutiva Utilizando a Estrutura Conceitual da Sistemática Filogenética – II**. Ciência & Ensino, v. 2, n. 1, 2007.

SANTOS, V. G.; GALEMBECK, E. **Sequência Didática com Enfoque Investigativo: Alterações Significativas na Elaboração de Hipóteses e Estruturação de Perguntas Realizadas por Alunos do Ensino Fundamental I**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. v. 18, n. 3, 879–904, 2018.

STRIEDER, R. B.; WATANABE, G. **Atividades Investigativas na Educação Científica: Dimensões e Perspectivas em Diálogos com o ENCI.** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. v.18, n. 3, p. 819–849, 2018.

TENORIO, G; PINHEIRO, C. **O que é intolerância à lactose: sintomas, diagnóstico e tratamento.** Disponível em: <<https://saude.abril.com.br/alimentacao/o-que-e-intolerancia-a-lactose-sintomas-diagnostico-e-tratamento/>>. Acesso em: 03 de ago de 2020.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. **Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia.** Revista Ensaio. Belo Horizonte, v.17, p. 97-114, 2015.

VALANO, B. Grupo Abril, 2019. **Todos os seres vivos usam os mesmos 20 aminoácidos. Este é o porquê.** Disponível em: <<https://super.abril.com.br/ciencia/todos-os-seres-vivos-usam-os-mesmos-20-aminoacidos-este-e-o-porque/> <https://super.abril.com.br/ciencia/todos-os-seres-vivos-usam-os-mesmos-20-aminoacidos-este-e-o-porque/>>. Acesso em: 30 de mar. de 2020.

WANES, D.; HUSEIN, D. M.; NAIM, H. Y. **Congenital Lactase Deficiency: Mutations, Functional and Biochemical Implications, and Future Perspectives.** Nutrients, v. 461, n. 11, 2019.

XAVIER, M.C.; FREIRE A. S.; MORAES, M.O. **A introdução dos conceitos de Biologia Molecular e Biotecnologia no Ensino de Genética no Nível Médio: há espaço para a nova Biologia?** In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru, Atas. Bauru: Abrapec, 2005.

XAVIER, M. C. F. ; FREIRE, A. S. ; MORAES, M. O. **A nova (moderna) biologia e a genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio.** Ciência & Educação, v. 12, n. 3, p. 275-289, 2006.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar.** Porto Alegre: Ed. Artmed. 1998.

7. ANEXOS

7.1 Guia: Uso da SD

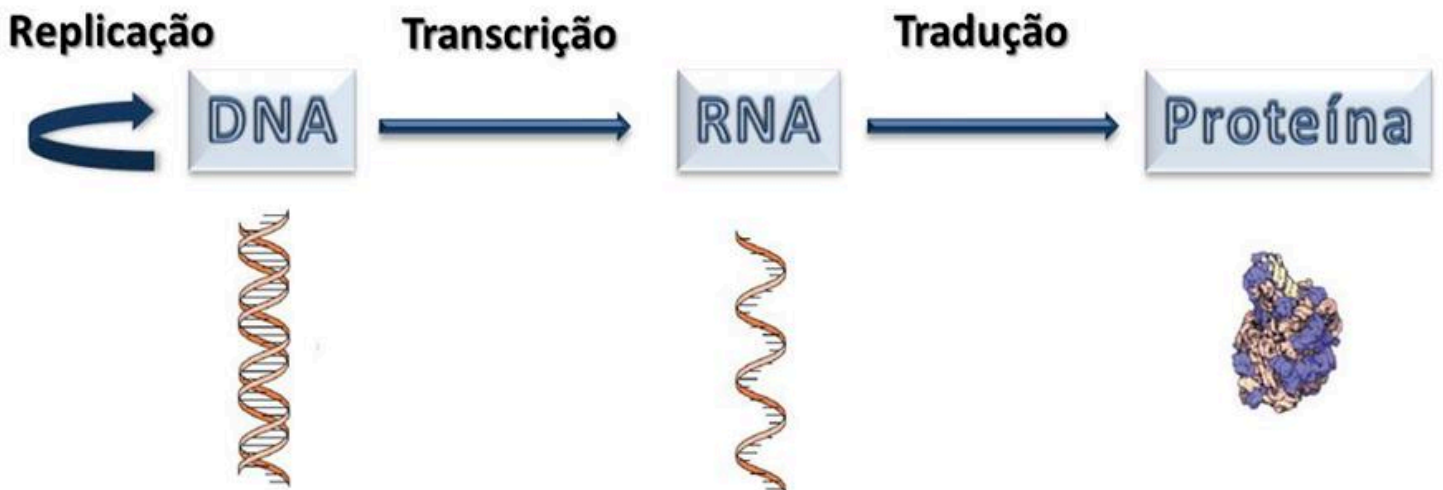
Foi elaborado um Guia para auxiliar os professores na aplicação da SD que se encontra em anexo. É importante ressaltar que a SD está dividida em três grandes blocos. Eles podem ser trabalhados separadamente ou em sequência, ficando a critério de cada professor a forma de aplicação em sala de aula.





Desvendando a Informação Genética

Proposta de Sequência Didática para Ensino Médio



Guia do Professor



Sumário

4 Agradecimento

5 Apresentação

6 O Fluxo da Informação Genética

8 A Sequência Didática

11 A Sequência Didática – Blocos

12 1) Intolerância à lactose

14 2) Código Genético? O que é isso afinal?

16 3) Qual o propósito da Informação Genética?

18 Sugestões



Agradecimento

Agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) por acolher o Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (ProfBio).

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



Apresentação

Este Guia foi desenvolvido no Mestrado Profissional em Ensino de Biologia - ProfBio e é referente a uma Sequência Didática (SD) que é o produto do Trabalho de Conclusão de Mestrado (TCM) em Ensino de Biologia, “Desvendando a informação genética”, o qual propõe uma abordagem investigativa do tema, associada com o uso de um material pedagógico complementar que simula o processo de síntese proteica.

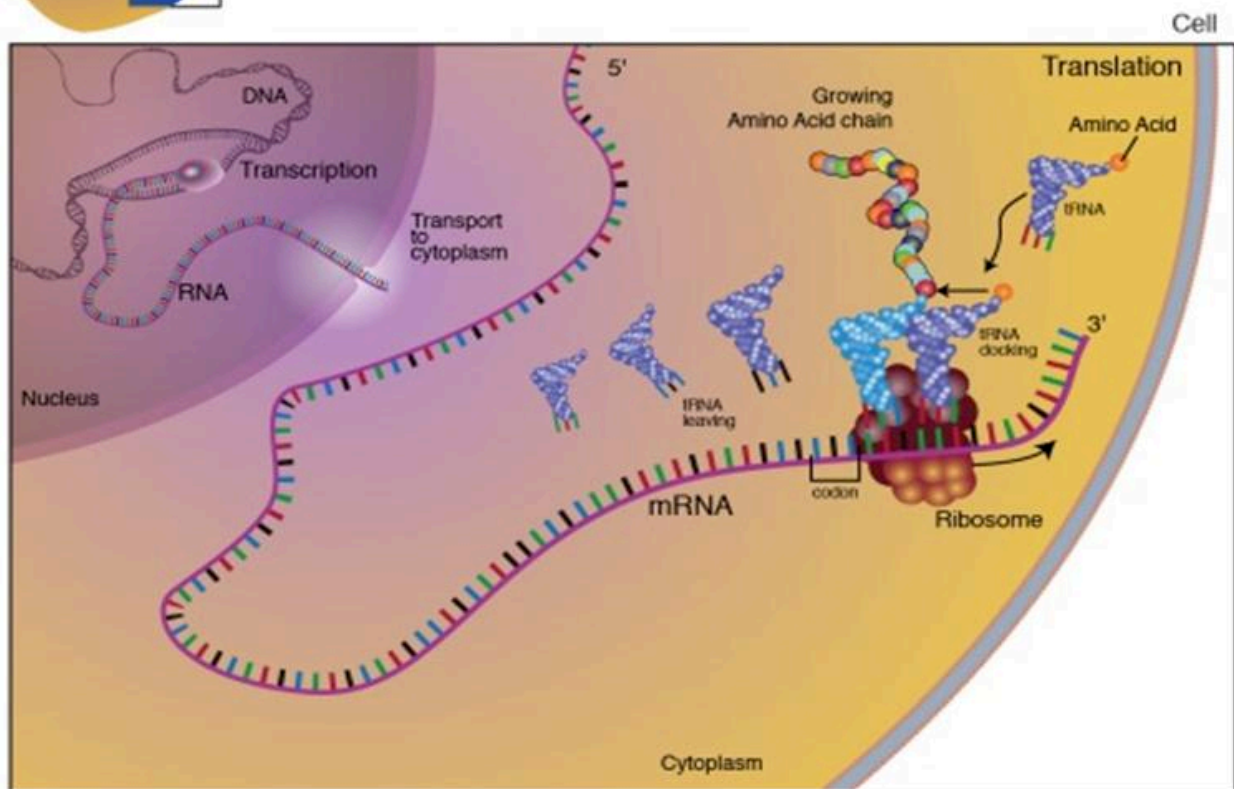
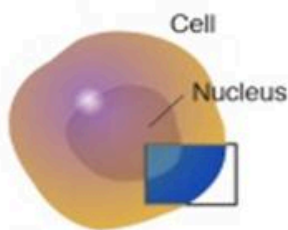
Os conteúdos associados ao Dogma Central da Biologia Molecular são considerados de difícil compreensão por parte dos estudantes do Ensino Médio, devido à complexidade dos processos moleculares envolvidos, e a forma tradicional, usualmente empregada na discussão destes conteúdos em sala de aula.

Dado esse contexto, a SD aqui proposta se apresenta, então, como uma estratégia didática que visa abordar o tema de forma contextualizada e investigativa. Ao longo do seu planejamento, a SD procura facilitar a construção do conhecimento sobre o tema, o qual envolve um processo biológico crucial para qualquer ser vivo. Ademais, ao contextualizar, e estimular um olhar investigativo frente a uma “situação concreta”, ou seja, a intolerância à lactose, a SD permite a melhor compreensão dos conceitos sobre o tema em foco e, amplia seu significado biológico aos olhos dos estudantes. Ademais, na SD, e no uso do material pedagógico a ela associado, estão previstos momentos para que os estudantes possam fazer e/ou trazer seus questionamentos, de forma a possibilitar, ainda, a discussão sobre algumas das propriedades do código genético, sobre mutações, e sobre evolução.



O Fluxo da Informação Genética

Este é um tema muito complexo e abstrato!



Representação esquemática de uma célula e da Transcrição e Tradução

<https://www.genome.gov/genetics-glossary/Translation?id=200>



O Fluxo da Informação Genética

*Complexo...?
Ah, então temos
muito para
investigar!*



*Abstrato...? Pode
parecer talvez
porque não
possamos “ver” esse
processo a olho nu...
Esse processo ocorre
de fato no interior
das células.*

*Lembrando...
Diâmetro de uma célula
animal está entre 10 a 30
 μm ($1 \mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$, ou seja,
 $0,000001\text{m}$)
Isso representa
aproximadamente 1/5 da
menor partícula visível a
olho nu!*



A Sequência Didática

A Sequência Didática - SD foi proposta para orientar a prática docente no Ensino Médio, ao abordar os conceitos relativos ao tema fluxo da informação genética. A SD contempla as etapas integrantes desse processo molecular, de forma contextualizada, tendo como plano de fundo inicial uma questão concreta, e de forma interativa, na simulação da síntese proteica.

Ademais, a SD buscou proporcionar atividades para que o aprendizado se dê de forma investigativa, com uma participação ativa dos estudantes, tornando-os sujeitos produtores do seu próprio conhecimento.

Tema: Biologia Molecular/Bioquímica/Genética

Público alvo: Alunos de Ensino Médio

Número de aulas totais: 9

Conteúdo científico abordado: Fluxo da Informação Genética

Objetivo: Compreender os processos biológicos de maneira prática e dinâmica, permitindo a mediação de um aprendizado significativo, que por sua vez, seja traduzido na apropriação efetiva do conhecimento sobre o tema abordado, promovendo a alfabetização científica, através de uma proposta investigativa.



A Sequência Didática

Na organização da SD foram propostos três blocos distintos, mas que permeiam o conteúdo de forma interligada. Dessa forma, o estudante consegue perceber a conexão existente entre todas as etapas do processo biológico, como um todo, até o produto final, no caso a porção da proteína que vai ser “montada” por ele.

Professor, a SD pode ser utilizada de forma completa, ou seja, no seu conteúdo e nas atividades, como um todo.

Ou ela pode ser trabalhada por blocos, de forma independente, ou seja, não necessariamente a SD inteira.



A escolha dos blocos pode ser feita de modo a focar somente em um assunto específico dentro do tema, ou, ainda, complementar, ou ampliar o(s) conceito(s) que você já trabalha em suas aulas



A Sequência Didática

O primeiro bloco aborda as proteínas, sua estrutura e função biológica, dando ênfase maior no seu papel como enzimas, e foi denominado:

**Bloco 1 (amarelo):
Intolerância à Lactose.**



O segundo bloco trabalha a estrutura dos ácidos nucleicos e seu papel biológico nos organismos, e foi denominado **Bloco 2 (verde): Código Genético? O que é isso afinal?**

O terceiro, e último bloco, diz respeito à síntese de proteínas propriamente dita, e foi denominado **Bloco 3 (azul): Qual o propósito da Informação Genética?**





A Sequência Didática - Blocos

1) Intolerância à Lactose

**2) Código Genético?
O que é isso afinal?**

**3) Qual o propósito da
Informação Genética?**



A Sequência Didática

1) Intolerância à Lactose

Conteúdo	Estratégias	Objetivos
Proteínas/Enzimas	<ul style="list-style-type: none">◦ Produção textual acerca das concepções prévias dos alunos.◦ Discussão do artigo, de acordo com as ideias que surgirem na sala, levando em consideração os questionamentos dos alunos e perceber quais são suas dúvidas e quais são as questões de interesse da turma.◦ Elaboração de mapas mentais em grupos tendo como tema o que os alunos compreenderam a respeito da estrutura e da função das proteínas, salientando o papel enzimático.◦ Utilização de uma pergunta problematizadora para gerar um viés investigativo ao processo e dessa forma tornar o aluno protagonista do processo.	<p>Dar uma ideia geral do que são as proteínas e qual seu papel biológico nos organismos. Ênfase no papel enzimático e sua importância para o metabolismo.</p>



A Sequência Didática

1) Intolerância à Lactose - etapas

- ⇒ Levantamento das concepções prévias dos alunos sobre as Proteínas/Enzimas - produção textual.
- ⇒ Socializar as Ideias - discussão.
- ⇒ Leitura individual do artigo publicado pela revista Superinteressante: *Todos os seres vivos usam os mesmos 20 aminoácidos.*
<https://super.abril.com.br/ciencia/todos-os-seres-vivos-usam-os-mesmos-20-aminoacidos-este-e-o-porque/>
- ⇒ Produção dos mapas mentais acerca do entendimento do artigo (estrutura e função das Proteínas).
- ⇒ A enzima Lactase (apresentação pelo professor) - papel enzimático.
- ⇒ **PROBLEMA:** *O que acontece quando uma reação não acontece?*
- ⇒ Proposição de hipóteses.
- ⇒ Discussão para compreender o papel das enzimas.
- ⇒ **PESQUISA** orientada para casa: A Intolerância à Lactose.
<https://drauziovarella.uol.com.br/doencas-e-sintomas/intolerancia-a-lactose/>
https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-42302010000200025
<https://saude.abril.com.br/alimentacao/o-que-e-intolerancia-a-lactose-sintomas-diagnostico-e-tratamento/>
- ⇒ Com o material pesquisado pelos alunos, discutir a reação bioquímica Lactase/Lactose para que os alunos compreendam as consequências do mau funcionamento enzimático.
- ⇒ **AValiação:** texto argumentativo para verificar as concepções dos alunos acerca da SD.



A Sequência Didática

2) Código Genético? O que é isso afinal?

Conteúdo	Estratégias	Objetivos
Ácidos Nucléicos	Slides elaborados pelo professor. Explicação do conteúdo. Aula expositiva e dialogada. Pesquisa em casa: a universalidade da molécula de DNA. Perguntas, Hipóteses e Discussão.	Dar uma ideia geral do que são os ácidos nucleicos e qual seu papel biológico nos organismos. Demonstrar a universalidade da molécula de DNA, bem como as exceções. Discutir a importância do Genoma como informação, seja qual for o organismo em questão.



A Sequência Didática

2) Código Genético? O que é isso afinal? - etapas

- ⇒ Explicação do conteúdo (RNA e DNA – características e importância biológica).
- ⇒ Compreender o material genético como informação.
- ⇒ **PROBLEMA:** *A Universalidade da Molécula de DNA* (A molécula de DNA é universal?).
- ⇒ **PESQUISA** orientada para casa: *A Universalidade da Molécula de DNA*. PEREIRA, L. V.; *Sequenciaram o Genoma Humano...E Agora?* São Paulo. Ed. Moderna, 2001.
https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/2876110/mod_resource/content/1/PDF_Genetica_Molecular-livro.pdf (Apresentação e Capítulo 1).
<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/codigo-genetico.htm>
https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/431618/2/Livro_Biologia%20Molecular.pdf (Capítulo 1 e 2).
- ⇒ Com o material pesquisado pelos alunos (pesquisa orientada), discutir e em conjunto elaborar uma explicação para o conceito de que a molécula de DNA é Universal realmente é válido.
O professor pode dividir a turma em grupos e assim distribuir os textos. E na discussão final todos contribuem trazendo o que leram. Pode ter mais de um grupo com o mesmo texto, sem problema.
- ⇒ Discutir as dúvidas dos alunos (ex: vírus de RNA, HIV, Coronavírus, etc.).
- ⇒ **AVALIAÇÃO:** texto argumentativo para verificar as concepções dos alunos acerca da SD.



A Sequência Didática

3) Qual o propósito da Informação Genética

Conteúdo	Estratégias	Objetivos
Fluxo da Informação Genética (Transcrição/Tradução)	Slides elaborados pelo professor. Explicação do conteúdo. Aula expositiva e dialogada. Demonstrar o tamanhos das moléculas (gene, proteína, número de AA). Alunos manuseiam o material com orientação do professor seguindo o manual de forma investigativa.	Compreender a interdependência entre as moléculas de DNA/RNA/Proteínas – Dogma Central da Biologia. Relacionar as características dos seres vivos com um correto funcionamento do processo. Perceber as consequências das mutações no processo. Relacionar as mutações com alterações nas características dos seres vivos.



A Sequência Didática

3) Qual o propósito da Informação Genética - etapas

- ⇒ É necessário aqui que o professor tenha trabalhado previamente conteúdos importantes para a compreensão deste bloco: proteínas e ácidos nucleicos.
- ⇒ Utilizar uma enzima (sugestão: Lactase) para explicar o passo a passo do processo de síntese protéica.
- ⇒ Aula expositiva: Transcrição.
- ⇒ Aula expositiva: Tradução.

- ⇒ **PROBLEMA/PESQUISA** orientada: *O Fluxo da Informação Genética* (compreender o significado da expressão).
https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/431618/2/Livro_Biologia%20Molecular.pdf (Capítulo 5).
https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/2876110/mod_resource/content/1/PDF_Genetica_Molecular-livro.pdf (Capítulo 3).
<https://cienciahoje.org.br/coluna/um-inimigo-dentro-de-nos/>

- ⇒ **Caixa de Curiosidades.**

- ⇒ Manusear o **Material Pedagógico** (guia anexo); compreender os passos envolvidos no processo e a interdependência entre as moléculas envolvidas para que o processo ocorra de forma integral.

- ⇒ **AVALIAÇÃO:** texto argumentativo para verificar as concepções dos alunos acerca da atividade.



Sugestões

Discutir que, apesar da proteína “construída” ao final da atividade representar apenas um pequeno trecho da sua estrutura (ou seja, o trecho ser formado por poucos resíduos de aminoácidos), o processo da síntese de proteínas pela célula é “trabalhoso”, e requer sincronia entre as diversas etapas. Discutir com eles, comparativamente, a síntese dessa proteína completa e/ou de outras proteínas maiores, algumas delas podendo apresentar dezenas de milhares de resíduos de aminoácidos. Enfatizar que, independente do tamanho, as células são capazes de realizar todas as etapas de forma correta e eficiente.

Intervir e questionar os alunos a buscarem hipóteses para explicar por que são possíveis combinações diferentes de bases nitrogenadas que podem levar ao mesmo aminoácido. De acordo com as discussões, reforçar o conceito de código genético degenerado/redundante.

Outras sugestões de pesquisa e investigação por parte dos alunos que poderiam surgir ao final da atividade dizem respeito ao processamento das proteínas ao final da tradução, as modificações pós traducionais, que produzem formas ativas de proteínas para desempenharem suas funções biológicas.

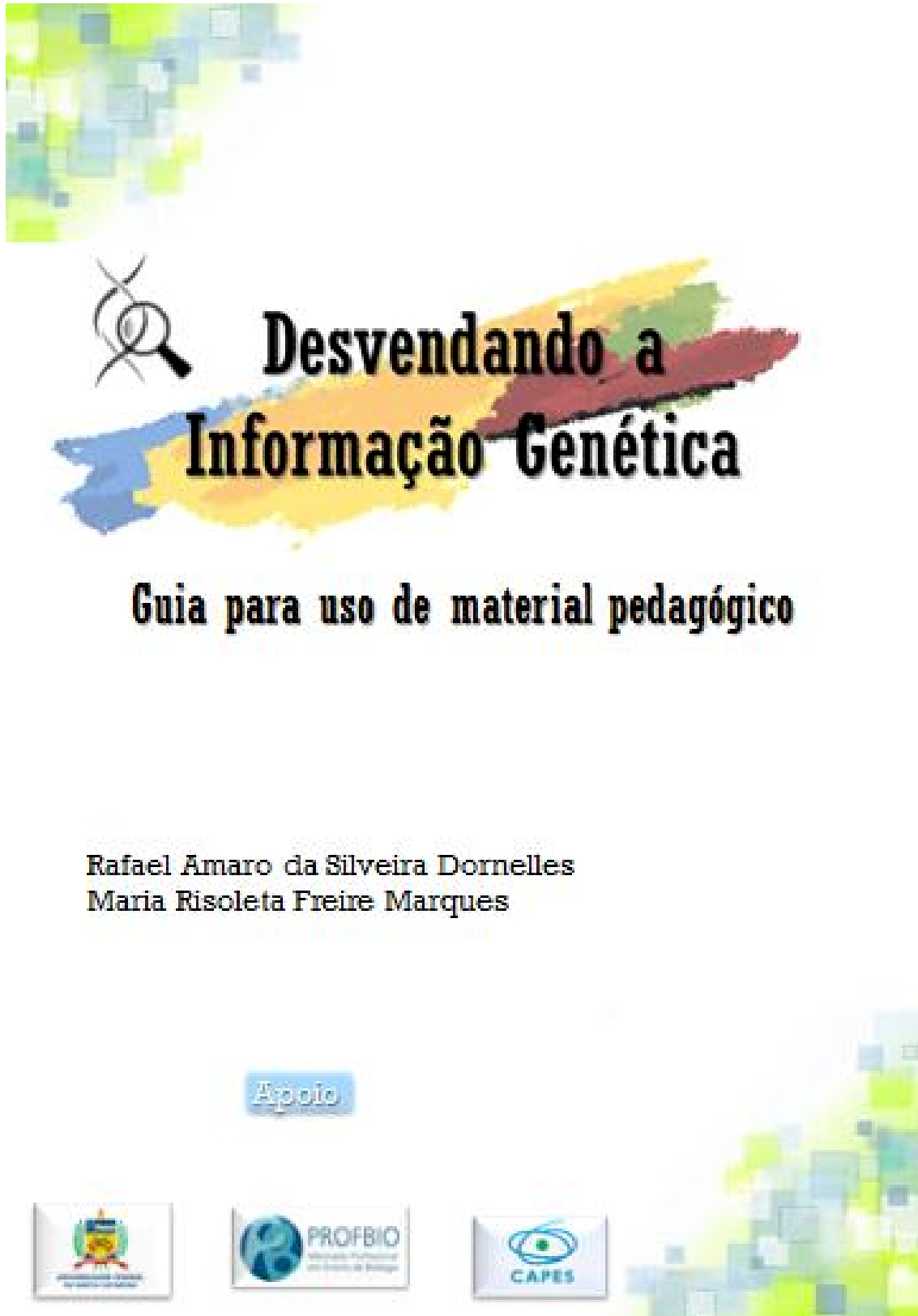
Questionar os alunos sobre as possíveis consequências das mutações para os organismos, ampliando a discussão a partir do que observaram nas atividades realizadas. Discutir sobre os tipos de mutação e a frequência com que elas podem ocorrer. Aproveitar estas discussões para revisar a ideia sobre a degeneração/redundância do código genético, e a sua contribuição para minimizar o efeito de algumas mutações, diminuindo a possibilidade de que sejam geradas proteínas não funcionais.

Outro tema de investigação a ser proposta pode ser o processo de processamento (“splicing”) do RNA primário, ou heterogêneo (RNAhn) nos eucariotos, no qual as regiões não codificantes (íntrons) são retiradas, de modo que apenas as regiões codificantes (“exons”) estejam presentes no RNAm (RNAm maduro), a ser utilizado na síntese proteica.



7.2 Guia: Uso do Material Pedagógico

Foi elaborado um Guia para auxiliar os professores na aplicação do material pedagógico que pode ser trabalhado isoladamente ou como forma complementar do terceiro bloco da SD e se encontra em anexo.





Desvendando a Informação Genética

Guia para uso de material pedagógico

Guia do Professor





Sumário

4 Agradecimento

5 Apresentação

6 Componentes

8 Conceitos importantes

12 Caixa de Curiosidades

13 Uso do Material

13 Introdução

15 Procedimentos

16 Representação das etapas

19 Sugestões

20 Faça você mesmo



Agradecimento

Agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) por acolher o Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (Profbio).

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



Apresentação

Esse Guia do professor se refere ao uso do material pedagógico foi desenvolvido no Mestrado Profissional em Ensino de Biologia - Profbio e constitui uma estratégia didática para a abordagem do tema “Fluxo da Informação Genética (Dogma Central da Biologia Molecular)”, como uma proposta que permita a construção do conhecimento sobre esse processo biológico fundamental para os seres vivos.

Essa proposta buscou ainda criar uma dinâmica que permitisse aos estudantes manusear algum tipo de material, palpável e concreto, de modo a facilitar a compreensão dos conceitos associados ao tema e seu significado biológico.

Assim, ao permitir a simulação da síntese de proteínas, e permitir a discussão sobre a redundância do código genético e/ou as consequências de alterações na informação genética, a utilização desse Guia pode contribuir de forma efetiva para uma abordagem investigativa sobre o tema.

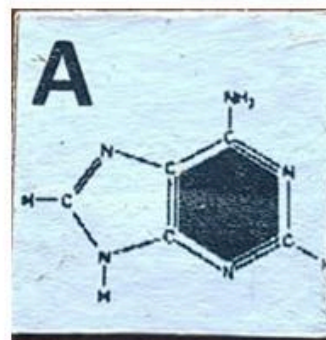
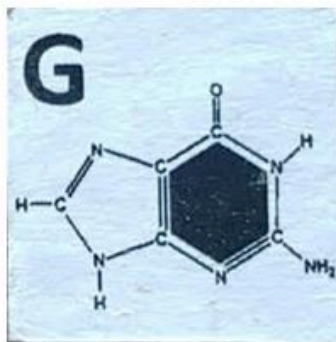
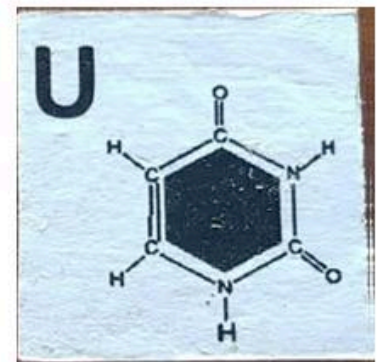
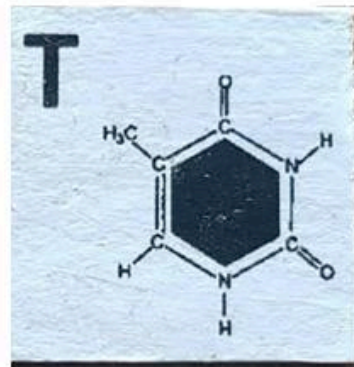
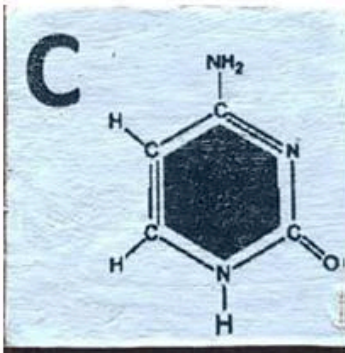
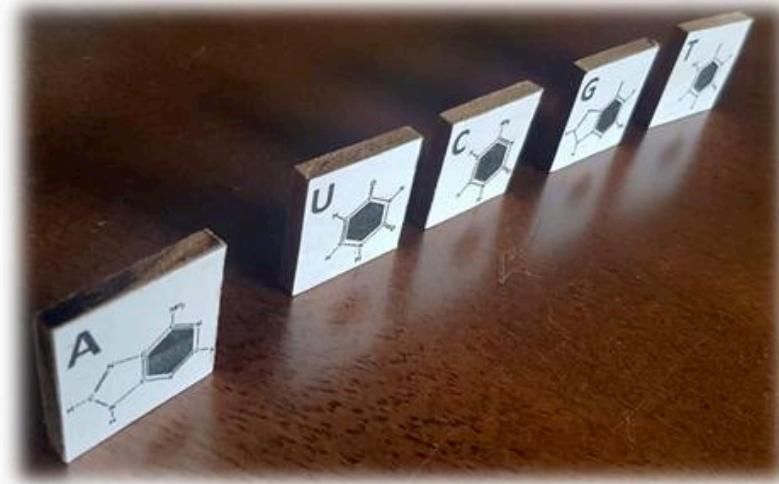


Componentes

- ✓ 80 peças representando as bases nitrogenadas, constituintes dos nucleotídeos:
 - Adenina (A) = 16 unidades
 - Guanina (G) = 16 unidades
 - Citosina (C) = 16 unidades
 - Timina (T) = 16 unidades
 - Uracila (U) = 16 unidades
- ✓ 40 peças representando os 20 aminoácidos primários: (02 unidades de cada um deles). Os diferentes aminoácidos estão identificados com base nas três primeiras letras da sua denominação (em português).
- ✓ Uma caixa armazenadora/organizadora do material contendo:
 - Uma tabela do código genético
 - Uma lista com os nomes, e as respectivas abreviaturas (nomenclatura baseada em três letras), de cada aminoácido



✓ 05 peças de 4,0cm x 4,0cm representando as bases nitrogenadas, constituintes dos nucleotídeos, estampadas com suas respectivas estruturas cíclicas de forma esquemática (simplificada).



Conceitos importantes

É importante ter em mente alguns conceitos para uma boa compreensão da atividade.



DNA (ácido desoxirribonucleico) (em inglês: *DeoxyriboNucleic Acid*): Molécula portadora e armazenadora da informação genética; informação esta necessária para o desenvolvimento, funcionamento, e reprodução dos seres vivos.

PARA SABER MAIS...

A informação genética contida no DNA especifica as características dos organismos.

A informação genética está relacionada com a sequência dos componentes que constituem o DNA.

O DNA pode ser copiado, e, assim, pode ser herdado através das gerações (descendência).



Conceitos importantes

Gene:

Segmentos funcionais dispostos ao longo do DNA nos cromossomos; A sequência de muitos desses segmentos de DNA (genes) representa a instrução, ou a informação genética, para produzir proteínas.

RNA (ácido ribonucleico) (em inglês: *RiboNucleic Acid*):

Molécula com funções importantes como a codificação e a decodificação genética durante a tradução de proteínas, regulação e expressão de genes.

- RNAm (Ácido Ribonucleico mensageiro):

Classe de RNA que funciona como um elo entre a informação genética contida no DNA, e a decodificação dessa informação em proteínas.

Transcrição:

Processo de síntese de um RNAm, a partir de um segmento de DNA.

PARA SABER MAIS...

A produção de um RNAm envolve "reescrever", de forma correta, a informação contida na sequência do DNA (em um gene).



A sequência do RNAm produzido reflete de forma fiel a informação contida na sequência do DNA (em um gene).



Conceitos importantes

Tradução:

Processo de síntese de uma proteína, a partir da informação contida na sequência de um RNAm.

PARA SABER MAIS...

A informação contida no RNAm é reflexo de sua sequência.



A síntese de proteínas é mediada por ribossomos e envolve várias moléculas.

A informação (sequência) do RNAm funciona como referência para sintetizar a proteína, ou seja, para ligar aminoácidos entre si na ordem correta.



Conceitos importantes

Mutação gênica:

Alterações na sequência nucleotídica do genoma.

PARA SABER MAIS...

Há diferentes tipos de mutações.

Algumas mutações podem ter efeito benéfico.

Algumas mutações estão associadas com doenças genéticas, enquanto outras não impactam a saúde.

As mutações podem ser espontâneas, ou causadas por diferentes agentes (agentes mutagênicos).



Caixa de curiosidades



Alguns questionamentos compilados aqui sobre o material genético podem suscitar curiosidade e promover discussões que podem ampliar o conhecimento sobre o assunto, deixando “janelas abertas” para a curiosidade dos estudantes...

É possível encontrar material genético em múmias?

Por que alguns indivíduos adultos desenvolvem intolerância à lactose?

É possível extrair material genético de outros seres vivos, tais como plantas, bactérias, insetos, etc? Esse material genético é similar ao nosso?

É possível fazer clones de espécies extintas?

Todos os seres vivos têm DNA na sua constituição?



O uso do material pedagógico

Introdução

O material pedagógico se destina a auxiliar o processo ensino-aprendizagem sobre um conteúdo considerado complexo e abstrato, tornando-o mais assimilável pelo estudante, e incorporando uma proposta lúdica.

O uso do material possibilita não só uma representação concreta para estabelecer e/ou reforçar os conceitos relacionados ao conteúdo abordado, como permite que isso ocorra de forma ativa e investigativa. O uso do material pode se dar em diferentes formatos, seja, por exemplo, no âmbito da Sequência Didática na qual o mesmo está inserido, como também de forma independente desta, e associado a outros recursos e estratégias didáticas.

Finalmente, esse material pedagógico representa ainda um recurso eficaz, particularmente no caso de restrições, ou dificuldade de acesso a recursos digitais, podendo, ainda, ser igualmente utilizado de forma associada aos mesmos.





O uso do material pedagógico

Procedimentos

Este material permite simular os processos que ocorrem dentro da célula, de organismos eucariotos, para que uma proteína possa ser sintetizada.

Partindo de um “gene”, o estudante determina a sequência de aminoácidos da proteína por ele codificada, desvendando, assim, o fluxo da informação genética. O material pode ser ainda explorado para ampliar a investigação sobre conceitos relacionados, como o efeito das mutações.



O uso do material pedagógico

Representação das etapas

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

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

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

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

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

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

A U G C A G A G U U A U G U A

Sequência de bases nitrogenadas de uma parte da fita dupla de uma molécula de DNA.

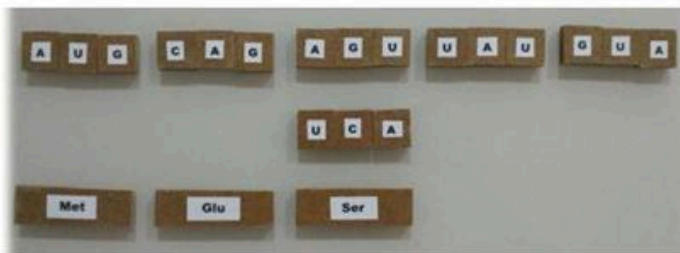
Síntese do RNAm (TRANSCRIÇÃO), utilizando uma das fitas do DNA como fita molde

Produto final da Transcrição: o RNAm.



O uso do material pedagógico

Representação das etapas



Síntese da cadeia de aminoácidos (proteína) a partir da sequência do RNAm (TRADUÇÃO).



O uso do material pedagógico

Representação das etapas



Sequência de aminoácidos da “Proteína” finalizada.

As proteínas são de fato macromoléculas, formadas por muitos resíduos de aminoácidos (centenas a alguns milhares).



Sugestões

É importante que os alunos percebam a interdependência entre as etapas envolvidas no processo como um todo, bem como a natureza das moléculas envolvidas. O material pedagógico também permite retomar o conceito de mutação gênica e o conceito de código genético degenerado (redundante). Ao explorar esses conceitos, os estudantes investigariam, ao longo do processo, quais as possíveis consequências da substituição de uma base nitrogenada por outra no DNA. Perceberiam assim se, e como, essa substituição acarretaria alguma alteração no produto da Tradução, ou seja, no polipeptídeo. O professor pode ainda explorar, como proposto na Sequencia Didática (SD) à qual esse material pedagógico está associado, um exemplo de mutação, cuja ocorrência traga impacto à saúde humana, e, também retomar, ou ampliar a discussão sobre a importância das proteínas, e suas funções.

Ao final da atividade envolvendo o uso do material pedagógico, e, conseqüentemente, da SD, o professor pode propor aos estudantes, como forma de avaliação final, que individualmente produzam um texto argumentativo sobre a sua compreensão do processo de síntese proteica, comentando sobre o que mais contribuiu para construir e/ou mudar o seu conhecimento, e o que mais achou interessante. Desta forma, o professor poderá avaliar se as concepções iniciais dos alunos acerca do tema foram modificadas e/ou ampliadas, bem como a contribuição do material pedagógico proposto como estratégia didática.



Faça você mesmo



O material foi elaborado de forma simplificada e objetiva em 3D utilizando-se como base o esquema que representa o Fluxo da Informação Genética.

As peças foram confeccionadas em MDF (mas podem ser substituídas por outro material mais acessível, como EVA) e representam as bases nitrogenadas (Adenina, Timina, Citosina, Guanina, Uracila) dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), bem como os 20 aminoácidos. Foram confeccionadas 16 peças de cada base nitrogenada, totalizando 80 peças, 5 peças representando a base nitrogenada e sua estrutura química e 2 cópias de cada aminoácido, totalizando 40 peças.

Cada peça representativa da uma base nitrogenada tem 2,0cm X 2,0cm; cada peça representativa de um aminoácido tem 2,0cm X 6,0cm; cada peça que representa a base com a estrutura química tem 4,0cm x 4,0cm..



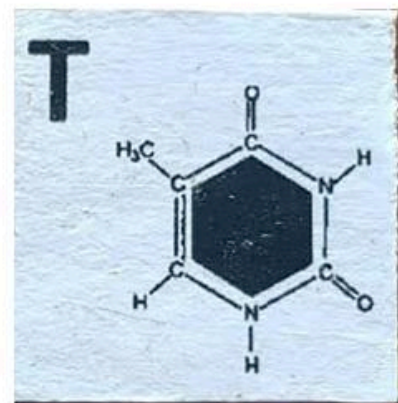
2,0 cm

2,0 cm



4,0 cm

6,0 cm



4,0 cm

4,0 cm



20