

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DÉBORA CRISTINA CESTARO

O ENSINO-APRENDIZAGEM DE GENÉTICA E BIOLOGIA EVOLUTIVA DA
EDUCAÇÃO BÁSICA AO ENSINO SUPERIOR: CONTRIBUIÇÕES PARA O
LETRAMENTO CIENTÍFICO.

CURITIBA

2021

DÉBORA CRISTINA CESTARO

O ENSINO-APRENDIZAGEM DE GENÉTICA E BIOLOGIA EVOLUTIVA DA
EDUCAÇÃO BÁSICA AO ENSINO SUPERIOR: CONTRIBUIÇÕES PARA O
LETRAMENTO CIENTÍFICO.

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação
em Genética, Setor de Ciências Biológicas,
Universidade Federal do Paraná, como requisito
parcial à obtenção do título de Doutora em
Genética.

Orientadora: Profa. Dra. Lupe Furtado Alle

CURITIBA

2021

Universidade Federal do Paraná. Sistema de Bibliotecas.
Biblioteca de Ciências Biológicas.
(Rosilei Vilas Boas – CRB/9-939).

Cestaro, Débora Cristina.

O ensino-aprendizagem de Genética e Biologia Evolutiva da Educação Básica ao Ensino Superior: contribuições para o letramento científico. / Débora Cristina Cestaro. – Curitiba, 2021.
134 f. : il.

Orientadora: Lupe Furtado Alle.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Genética.

1. Educação baseada na competência. 2. Base Nacional Comum Curricular. 3. Inteligências múltiplas. 4. Currículos - Avaliação. 5. Aprendizagem – Avaliação. 6. Aprendizagem – Estudo e ensino. I. Título. II. Alle, Lupe Furtado. III. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Genética.

CDD (20. ed.) 574



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO GENÉTICA -
40001016006P1

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GENÉTICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **DÉBORA CRISTINA CESTARO** intitulada: **O ensino-aprendizagem de Genética e Biologia Evolutiva da Educação Básica ao Ensino Superior: contribuições para o letramento científico**, sob orientação da Profa. Dra. LUPE FURTADO ALLE, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 11 de Junho de 2021.

Assinatura Eletrônica
15/06/2021 13:52:27.0
LUPE FURTADO ALLE
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
16/06/2021 22:14:42.0
MARLISE LADVOCAT BARTHOLOMEI-SANTOS
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA)

Assinatura Eletrônica
15/07/2021 10:28:44.0
DANISLEI BERTONI
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
16/06/2021 07:23:40.0
MARCO ANTONIO FERREIRA RANDI
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Setor de Ciências Biológicas, Centro Politécnico - CURITIBA - Paraná - Brasil
CEP 81531-980 - Tel: (41) 3361-1587 - E-mail: ppg-gen@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 96713

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.pppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 96713

A todos aqueles que, durante a pandemia ou não, preocupam-se verdadeiramente com o outro. Em especial, ao melhor parceiro de distanciamento social e de vida, Murilo.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e às minhas irmãs – Valdomiro, Noeli, Luciana e Beatriz – as palavras nunca serão suficientes para expressar a contribuição do amor e da dedicação de vocês em minha vida. Essa é mais uma de nossas conquistas, muito obrigada!

Ao meu marido, Murilo, por toda a admiração, o incentivo e o companheirismo que permeiam nosso relacionamento e nos movem em busca do alcance de nossas metas e de nossa realização enquanto indivíduos e enquanto família. Somos cada dia melhores e mais felizes juntos, muito obrigada por tanto!

Aos meus amigos de graduação – Duane, Leandro, Eduardo, Laura, Juliana, Thaysa, Leila, Gisele e tantos outros – que mantiveram as réguas da amizade, da competência e do alto astral sempre altas, tornando essa fase da minha vida inesquecível, leve e fundamental para a pessoa que sou hoje.

Aos bons profissionais da área da educação por compartilharem suas ideias, seu encantamento e sua esperança na construção de um mundo melhor, transformado pela educação. E aos não tão bons, por evidenciarem a necessidade de mais empatia com os estudantes, bem como a importância da dedicação de um educador, da formação continuada e das mudanças no ensino-aprendizagem no país.

Aos meus orientadores e coorientadores das duas graduações, da pós e do mestrado – Ruth, Flávia, Márcia, Laís, Hamilton, Nestor e Arandi – por me ajudarem em meus primeiros passos, dando todo o suporte necessário e abrindo a trilha que eu viria a passar, com muito conhecimento e experiência. Sou muito grata e sortuda por ter um pouco de cada um de vocês em minha história!

À Lupe, minha orientadora e agora amiga, por sua garra e empatia. Sua pequena estatura não faz jus ao tamanho do seu coração e de seu comprometimento com a pesquisa e a educação. É muito bom ver mulheres inspiradoras na ciência! Muito obrigada por trilhar comigo essa trajetória desafiadora!

Às minhas amigas de infância e todos aqueles amigos e familiares que, sem cobranças ou julgamentos, aceitaram minha ausência em momentos

necessários. É muito importante saber que existem pessoas ao meu redor que se contentam com a minha felicidade e as minhas conquistas, muito obrigada!

Aos professores que compuseram as bancas de qualificação e defesa, por dedicarem seu tempo e contribuírem significativamente para minha formação e para a qualidade desse trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – pelo apoio financeiro ofertado durante um período desse doutorado.

Aos bons colegas de trabalho e, em especial, a todos os meus alunos – que ao longo desses anos abriram meus olhos para tantas realidades diferentes da minha e me fizeram compreender o poder da educação. Ser educadora faz parte da minha essência e dividir tantos momentos memoráveis com vocês é uma honra!



“Quando eu era menino, na escola, as professoras me ensinaram que o Brasil estava destinado a um futuro grandioso porque as suas terras estavam cheias de riquezas: ferro, ouro, diamantes, florestas e coisas semelhantes. Ensinaram errado. O que me disseram equivale a predizer que um homem será um grande pintor por ser dono de uma loja de tintas. Mas o que faz um quadro não é a tinta: são as ideias que moram na cabeça do pintor. São as ideias dançantes na cabeça que fazem as tintas dançarem sobre a tela”.

Rubem Alves.

RESUMO

O ensino-aprendizagem de Genética é objeto de estudo de diversas pesquisas. No entanto, ainda que informações relevantes tenham sido obtidas a respeito dessa temática, estudantes e docentes continuam relatando dificuldades em aprendê-la e ensiná-la. Esse trabalho tem como objetivo proporcionar uma melhor compreensão do ensino-aprendizagem em Genética e Biologia Evolutiva, ao longo da vida escolar e acadêmica dos estudantes brasileiros, bem como subsidiar mudanças na prática docente e na formação de professores, consequentemente contribuindo para a aprendizagem significativa e o letramento científico dos estudantes. Para tanto, pesquisas quanti-qualitativas e de caráter documental foram realizadas em diferentes etapas desse trabalho. Primeiramente, foram analisados 225 itens das provas regulares de Ciências da Natureza, referentes ao Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) de 2012 a 2016, e o desempenho de 6.762.538 participantes na resolução dessas questões. Ademais, foram obtidas informações referentes ao conteúdo e a estrutura de 22 itens, prioritariamente, de Genética ou Biologia Evolutiva e investigadas as possíveis causas do pior desempenho dos estudantes na resolução desses itens, bem como descritos fatores a serem considerados durante a elaboração de itens para provas de larga-escala. Posteriormente, foram elencados objetos do conhecimento de Genética e Biologia Evolutiva que poderiam favorecer o desenvolvimento de habilidades propostas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e contribuir para a aprendizagem significativa dessas temáticas, sendo estruturada uma proposta curricular coerente com relevantes teorias de aprendizagem. Além disso, foram apresentadas 50 sugestões de atividades – destinadas aos anos iniciais e finais do Ensino Fundamental e ao Ensino Médio – para exemplificar essa proposta e subsidiar a prática nas escolas brasileiras. Por último, foram aplicados questionários a 66 estudantes de graduação do curso de Ciências Biológicas para investigar seus espectros intelectuais e suas percepções a respeito de suas dificuldades em genética, bem como da contribuição de diferentes estratégias e recursos didáticos em sua aprendizagem. Ainda, foram analisados dados referentes às estratégias avaliativas e às notas finais dos estudantes da amostra em três disciplinas ofertadas pelo departamento de Genética da Universidade Federal do Paraná. A análise quanti-qualitativa desses dados gerou informações relativas aos perfis e dificuldades desses estudantes e à contribuição de diferentes estratégias e recursos didáticos para sua aprendizagem. Os resultados obtidos corroboraram a ideia de que as tradicionais avaliações somativas são vantajosas para um perfil específico de estudantes e que as avaliações diagnósticas e formativas podem proporcionar benefícios ao ensino-aprendizagem. Os resultados e discussões apresentados nesse trabalho têm potencial para subsidiar os docentes que pretendem contribuir para o letramento científico dos estudantes, bem como oferecer oportunidades de aprendizagem iguais a estudantes com diferentes perfis, desde a Educação Básica até o Ensino Superior. Além disso, fornecem informações que instigam novas pesquisas e estimulam debates capazes de promover mudanças nas disciplinas ofertadas nas universidades e, consequentemente, na formação de professores.

Palavras-chave: Competências e habilidades. BNCC. Inteligências múltiplas. Proposta Curricular. Enem. Avaliações diagnósticas e formativas.

ABSTRACT

The teaching-learning of Genetics is the object of study of several researches, but even though relevant information has been obtained on this topic, students and teachers continue to report learning and teaching difficulties. This work aims to gather information that provides a better understanding of the teaching-learning process in Genetics, throughout the school and academic life of Brazilian students, as well as subsidizing changes in teaching practice and teacher training, and consequently contributing to the meaningful learning and scientific literacy of students. In order to fulfill these aims, quantitative-qualitative and documentary researches were carried out. Initially, the performance in solving 225 items of Natural Sciences of 6.762.538 participants of the National High School Examination (Enem - from 2012 to 2016) were analyzed. Thus, the difficulties of students in the items of Genetics and Evolutionary Biology investigated were analyzed, as well as listed factors to be considered during the elaboration of items for large-scale tests. In a second step, objects of knowledge of Genetics and Evolutionary Biology were listed, that could favor the development of skills proposed by the National Common Curricular Base (BNCC) and contribute to the meaningful learning of these themes. Taking into account these selected objects of knowledge, a curricular proposal was structured, which was coherent with the Theory of multiple intelligences and the idea of a spiral curriculum proposed by Howard Gardner and Jerome Bruner, respectively. In addition, 50 activities suggestions were presented - from the early years of elementary school to high school - to support teaching practice during the implementation of this proposal in Brazilian schools. Finally, questionnaires were applied to 66 undergraduate students of the Biological Sciences course to investigate their intellectual specters and their perceptions regarding their difficulties in genetics and the level of contribution of different didactic strategies in their learning. In addition, data on the evaluation strategies and the final grades of the students in the sample were analyzed in three courses offered by the Department of Genetics. The quantitative-qualitative analysis of these data allowed the obtention of the profiles and the comprehension of the difficulties of these students and the contribution of different didactic resources to the interviewees' learning. The results obtained also showed that summative assessments are advantageous for a specific profile of students and that diagnostic and formative assessments can provide benefits to teaching and learning. The results and discussions presented in this work have the potential to subsidize teachers who intend to contribute to the scientific literacy of students, as well as offering equal learning opportunities to students with different profiles, from Basic Education to Higher Education. In addition, they provide information that instigate new research and stimulate debates capable of promoting changes in the disciplines offered at universities and in teacher training.

Keywords: Competences and skills. National Common Curricular Base in Brazil. Multiple intelligences. Curricular proposal. Enem. Diagnostic and formative assessments.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 A ESTRUTURA DESTA TESE.....	12
1.2 O MODELO ESCOLAR CONTEMPORÂNEO E O ENSINO- APRENDIZAGEM EM GENÉTICA.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 O ENSINO VOLTADO PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS E HABILIDADES	16
2.2 O CURRÍCULO EM ESPIRAL PROPOSTO POR JEROME BRUNER ..	19
2.3 A TAXONOMIA DE BLOOM REVISADA	20
2.4 AS INTELIGÊNCIAS MÚLTIPLAS PROPOSTAS POR GARDNER	22
2.5 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL	24
2.6 O LETRAMENTO CIENTÍFICO E OS PROPÓSITOS DO ENSINO DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA DE ACORDO COM A BNCC	26
2.7 CONEXÕES TEÓRICAS	27
3 OBJETIVOS	29
3.1 OBJETIVO GERAL.....	29
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
4 METODOLOGIA.....	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
5.1 ARTIGO 1	34
5.2 ARTIGO 2.....	65
5.3 ARTIGO 3.....	92
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
REFERÊNCIAS	122
APÊNDICE 1	125
APÊNDICE 2	128
ANEXO 1	129

1 INTRODUÇÃO

1.1 A ESTRUTURA DESTA TESE

De acordo com o regimento do Programa de Pós-graduação em Genética, da Universidade Federal do Paraná (UFPR), é possível que a tese de doutorado seja apresentada em três diferentes formatos: I) em forma de artigos científicos; II) de acordo com as normas da UFPR; III) em formato misto – com alguns capítulos escritos conforme as normas da UFPR propõem e outros em formato de artigo.

Uma vez que esta tese foi elaborada em formato misto, não tão difundido entre os possíveis leitores, é pertinente esclarecer como seu conteúdo será apresentado.

A introdução, além da apresentação da estrutura da tese, traz uma sucinta explanação sobre as problematizações que motivaram esse estudo – como as dificuldades relacionadas ao ensino-aprendizagem em genética e a necessidade iminente de mudanças nos âmbitos escolares e acadêmicos, devido a implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e aos anseios da sociedade atual.

A revisão de literatura introduz importantes conceitos e teorias que fundamentam essa tese e que serão aprofundados em cada um dos artigos que compõe a seção dos resultados nessa tese. Além disso, complementa essas informações com seções referentes ao letramento científico e ao ensino voltado para o desenvolvimento de competências e habilidades.

O capítulo “objetivos”, por sua vez, evidencia a finalidade desse estudo, esclarecendo as perspectivas da autora e suas intenções ao pesquisar os diferentes subtemas de cada um dos artigos.

A metodologia apresenta as etapas que constituem esse trabalho, bem como as interações entre elas e o modo pelo qual os artigos se complementam. No entanto, a metodologia detalhada – adotada em cada etapa da pesquisa – se encontra descrita em cada um dos artigos.

O quinto capítulo, intitulado “Resultados e discussões”, é subdividido em três seções secundárias – cada uma delas consiste em um artigo publicado ou submetido e em análise por revistas científicas brasileiras. Nesse caso, a formatação das páginas varia de acordo com as exigências dos periódicos aos quais os artigos foram submetidos.

As considerações finais, por sua vez, recapitulam os resultados obtidos nos três artigos e estabelecem pontos congruentes entre eles. Assim, indicando as contribuições que essa tese pode oferecer para os demais pesquisadores da área, bem como para os professores e estudantes da Educação Básica e do Ensino Superior.

As referências dos artigos são apresentadas na sequência de seu texto e não são repetidas ao final da tese, onde encontram-se listadas apenas as referências citadas nos demais capítulos desse trabalho.

Os apêndices encerram essa tese de modo usual, trazendo documentos de autoria própria que podem favorecer a compreensão do trabalho realizado, sendo desnecessários mais comentários sobre esta seção.

1.2 O MODELO ESCOLAR CONTEMPORÂNEO E O ENSINO-APRENDIZAGEM EM GENÉTICA

O modelo escolar ideal para a sociedade contemporânea vem sendo amplamente discutido há anos. Embora não haja uma metodologia de ensino específica ou uma abordagem pedagógica que por si só seja capaz de resolver todas as questões e fragilidades que permeiam a educação formal, é possível elencar alguns fatores relacionados ao ensino-aprendizagem que têm se tornado bastante frequentes nos documentos nacionais e nas pesquisas das áreas de Educação e Ensino de Ciências.

Dentre outros fatores, podem ser citados: os anseios da sociedade atual, na qual o acesso à informação foi facilitado pela ampla difusão dos recursos tecnológicos; a necessidade de repensar os papéis exercidos pelo docente e pelo estudante no processo de ensino-aprendizagem; a importância da formação

integral – nos âmbitos físico, cognitivo e socioemocional – dos estudantes desde a Educação Básica; o ensino com ênfase no desenvolvimento de competências e no aprender a aprender, em detrimento do ensino conteudista; o uso das avaliações para promover as aprendizagens; o respeito ao tempo e ao processo de aprendizagem individual dos alunos.

Enquanto o papel do docente – que costumava estar associado à transmissão do conhecimento – é cada vez mais relacionado com a mediação das aprendizagens e do desenvolvimento dos estudantes, a imagem do estudante enquanto receptor passivo é substituída por aquela do estudante protagonista da construção de seu projeto de vida e das suas aprendizagens.

O ensino, antes focado em um conjunto extenso de conteúdos e conhecimentos a serem abordados, passa a dar ênfase ao desenvolvimento de competências e habilidades que contribuam para o cotidiano dos estudantes e para as esferas pessoais, profissionais e sociais de suas vidas. Sendo assim, torna-se essencial para o estudante o desenvolvimento de suas capacidades de análise crítica, pensamento científico e criativo, argumentação, comunicação, cooperação, empatia e tantas outras.

Mas como propiciar a formação integral dos estudantes? Como migrar do modelo escolar tradicional para um modelo mais alinhado com o que propõem as pesquisas em educação? Como realmente efetivar o que propõem os documentos que norteiam a educação no país em diferentes realidades e contextos regionais?

Ainda há lacunas que distanciam a teoria da prática. Se por um lado, nas escolas e ambientes acadêmicos se observa certa resistência às mudanças, por outro, parecem faltar subsídios para que as propostas teóricas sejam efetivadas em sala de aula e a educação de qualidade e para todos se concretize.

A observação dessa realidade evidencia um nicho de pesquisa e aflora o desejo de contribuir. Com a implementação da BNCC ocorrendo nas escolas e a pandemia de Covid-19 trazendo novos desafios para a educação formal, as mudanças se tornam iminentes e o momento parece oportuno para que sejam apresentados dados e propostas que auxiliem os docentes nesse movimento.

A ideia de contribuir para a Educação Básica e o Ensino Superior – mais especificamente para subsidiar novas discussões, favorecer as práticas docentes e potencializar o letramento científico por meio da Genética e da Biologia Evolutiva – é o que motiva esse trabalho.

Sendo assim, ao longo dessa tese, serão apresentadas as principais teorias que embasam este estudo, informações a respeito das dificuldades relacionadas ao ensino-aprendizagem em Genética e áreas correlatas na Educação Básica e no Ensino Superior e propostas didático-pedagógicas voltadas ao desenvolvimento de habilidades específicas descritas na BNCC, à valorização das múltiplas inteligências dos estudantes e a uma melhor utilização das diferentes modalidades avaliativas, principalmente das avaliações formativas, nos ambientes escolares e acadêmicos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Esta tese está embasada nas pesquisas e teorias de diversos autores. Devido às peculiaridades do formato de tese adotado, as principais ideias que fundamentaram esse estudo – em suas diferentes etapas – serão apresentadas na introdução dos três artigos que constam nos resultados.

A fim de não tornar o conteúdo repetitivo e a leitura maçante, neste capítulo há apenas uma síntese da revisão de literatura. Sendo assim, serão destacados os tópicos que mais contribuíram para a obtenção dos resultados e para as discussões desse trabalho, de modo a introduzir conceitos importantes e evidenciar algumas de suas possíveis conexões.

2.1 O ENSINO VOLTADO PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS E HABILIDADES

Na sociedade contemporânea a formação que se exige dos indivíduos é diferente daquela que se almejava em períodos anteriores. Além das competências cognitivas, espera-se que os estudantes desenvolvam também competências digitais, comunicativas e socioemocionais, assim, tornando-se cidadão mais críticos, cooperativos, responsáveis, criativos, inovadores e éticos.

No entanto, embora esse propósito seja de conhecimento dos profissionais da educação e esse discurso esteja presente nos documentos que regem a Educação Básica brasileira já há alguns anos (BRASIL, 2000; 2002; 2012a; 2018a), parece que ainda há dificuldades em concretizá-lo na prática.

É possível perceber pelos frequentes questionamentos realizados em cursos voltados à formação continuada de professores ou, até mesmo, nos ambientes escolares e acadêmicos que restam diversas dúvidas a respeito do ensino voltado ao desenvolvimento de competências.

Segundo Garcia (2005), os professores estavam acostumados a planejar suas aulas com base em um conteúdo programático pré-definido e a mudança de hábitos pode ser difícil, se considerarmos que talvez um dos únicos

momentos em que a escola sempre esteve habituada a desenvolver competências foi aquele da alfabetização: no qual o objetivo não era a aprendizagem de um conteúdo em si, mas sim que a criança se tornasse capaz de ler e escrever de maneira autônoma.

Segundo Camargo (2020, p.77),

“o modo como muitos docentes ensinam nos dias de hoje ainda parece ser aquele mesmo pautado e projetado na era industrial, com a mentalidade e os valores de produção e controle em massa, em que a educação, ou os processos de ensino e de aprendizagem, ocorria por lotes (com grande número de estudantes por classe), era padronizada, visto que cada estudante devia aprender a mesma coisa, ao mesmo tempo e do mesmo jeito, assistindo à quatro ou cinco horas de palestras (ou mais) todos os dias. Os estudantes seguiam as instruções dos docentes, tais como ‘sentar-se em sala e abrir o livro na página 15 para resolver os exercícios de 1 a 5’, sendo recompensados exatamente por aquilo que foi solicitado ou mandado fazer, o que restringia a autonomia e o controle do próprio aprendiz”.

Para Pimenta e Anastasiou (2002, citados por Camargo 2020), esses valores eram importantes na era industrial, porém esse modelo escolar não foi suficiente para formar pessoas criativas, comunicativas e colaborativas. Isto porque as aulas eram essencialmente transmissões de conhecimentos e a aprendizagem medida pelo volume de conhecimentos e de informações memorizadas que os estudantes conseguiam repetir nas provas, sem sequer as ter analisado.

Em oposição, o ensino voltado ao desenvolvimento de competências e habilidades não se trata de um ensino tradicional conteudista. E embora faça uso dos conhecimentos oriundos de diferentes componentes curriculares enquanto ferramentas, não pode estar centrado nos conhecimentos. Pelo contrário, deve ter como elemento central o desenvolvimento das capacidades dos estudantes.

Para tanto, é importante que o estudante seja submetido a novas experiências e desafios e que as atividades desenvolvidas em sala de aula se aproximem da realidade a ser vivenciada no mercado de trabalho, em sua vida pessoal ou no meio acadêmico. Desse modo, possibilitando que o estudante esteja apto a exercer suas atividades de acordo com as escolhas que fizer para seu projeto de vida.

No ensino voltado ao desenvolvimento das competências é importante que sejam exploradas as metodologias ativas de ensino, que propõem que o estudante seja protagonista durante o ensino-aprendizagem. Assim, por meio de questionamentos, de problematizações e do fazer pensar, muda-se de uma abordagem meramente teórica para uma teórica e prática. Por meio da qual o estudante pode desenvolver suas competências e saberes durante atividades de investigação, resolução de problemas ou elaboração de projetos, por exemplo. (CAMARGO, 2020; BACICH; MORAN, 2018).

Segundo Perrenoud (2000b), embora o desenvolvimento dessas atividades e a construção de competências dependa de mudanças na mentalidade dos professores – que precisam se perceber como agentes responsáveis pela organização de situações didáticas e de atividades que façam sentido para os estudantes – é inútil pedir mais esforços aos docentes se o sistema educativo não passar por mudanças fundamentais. Esse mesmo autor, defende que seja diminuído o peso dos conteúdos disciplinares e que sejam implantadas avaliações formativas nas escolas, bem como seja incentivado o trabalho cooperativo entre os docentes e o exercício de pedagogias diferenciadas.

As ideias de Perrenoud fundamentam as discussões e propostas contempladas nessa tese e são coerentes com as orientações da BNCC para a Educação Básica no Brasil. Desse modo, é pertinente que estejam claras suas definições de competência e habilidade, bem como as definições presentes nos documentos nacionais que foram consideradas nesse trabalho.

Para Perrenoud (1999, p.7), as competências podem ser definidas como “uma capacidade de agir eficazmente em um determinado tipo de situação, apoiada em conhecimentos, mas sem limitar-se a eles”. Sendo assim, as competências não são saberes ou atitudes, mas elas mobilizam, integram e orquestram tais recursos cognitivos para solucionar com pertinência e eficácia diferentes situações. (PERRENOUD, 1999; 2000a; 2000b).

Segundo Perrenoud, as habilidades são menos amplas e podem servir a várias competências, podendo ser definidas como uma sequência de modos operatórios, induções e deduções, ou seja, uma série de procedimentos mentais

que o indivíduo aciona quando precisa tomar uma decisão ou resolver uma situação-problema. (PERRENOUD, 1999; SILVA; FELICETTI, 2014).

A visão de competência na BNCC coaduna-se com a de Perrenoud, sendo o termo competência definido nesse documento como:

“[...] a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho”. (BRASIL, 2018a, p.8).

Além das competências gerais que propõe para toda a Educação Básica, a BNCC traz competências específicas para cada um dos componentes do Ensino Fundamental e para as quatro áreas do conhecimento que compõem o Ensino Médio.

Já as habilidades são consideradas pela BNCC (BRASIL, 2018a) como aprendizagens essenciais que devem ser asseguradas aos estudantes brasileiros. Nesse caso, sendo definidas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2018b, inciso VII do art.6º) como “conhecimentos em ação, com significado para a vida, expressas em práticas cognitivas, profissionais e socioemocionais, atitudes e valores continuamente mobilizados, articulados e integrados”.

A BNCC elenca habilidades específicas – para os componentes e áreas de conhecimento da Educação Básica – que devem ser desenvolvidas para contribuir para a construção das competências dos estudantes ao longo de cada ano do Ensino Fundamental e do período do Ensino Médio.

2.2 O CURRÍCULO EM ESPIRAL PROPOSTO POR JEROME BRUNER

Ao longo de sua carreira, Bruner demonstrou preocupação com a elaboração de currículos destinados às escolas primária e secundária estadunidenses, que equivalem às etapas que compõem o Ensino Fundamental e o Ensino Médio no Brasil.

Segundo Bruner (1987, p.48), ao selecionar quais temáticas devem ser ensinadas na escola, o indivíduo deve se indagar: será esse conhecimento valioso para o estudante? Ter adquirido esse conhecimento enquanto criança, fará de alguém um adulto melhor?

Se a resposta for negativa para ambas as perguntas, então essa temática deve ser desconsiderada, pois estaria “tumultuando o currículo”. Por outro lado, se a resposta for afirmativa, deve-se considerar inseri-la o quanto antes possível no currículo escolar – desde que seja respeitado o modo de pensar da criança em crescimento. Para tanto, o assunto deve ser iniciado de maneira intelectualmente honesta, de modo a desafiar o estudante a tentar progredir e permitindo que os tópicos sejam desenvolvidos várias vezes em momentos posteriores.

Para Bruner (1987), introduzir mais cedo algumas ideias e conceitos – de modo menos exato e mais intuitivo – é melhor do que abordar a matéria “a frio” em idade escolar avançada, sem que os estudantes tenham qualquer conhecimento anterior a respeito. Pois, explorando a recursividade, por meio de currículos escolares organizados em espiral crescente, o reexame constante do que está sendo ensinado, permitiria que as ideias fossem elaboradas e reelaboradas, favorecendo uma compreensão ampliada do tema e diminuindo a distância entre os conhecimentos elementares e avançados.

Para permitir essa recursividade, Jerome Bruner (1987, p.16) defende ainda que “os currículos escolares e os métodos didáticos devem estar articulados para o ensino das ideias fundamentais, em todas as matérias que estejam sendo ensinadas”. Pois, para ele, quanto mais fundamental ou básica for a ideia aprendida, maior será sua aplicabilidade em situações reais. Estando no âmago do processo educativo a “contínua ampliação e aprofundamento do saber em termos de ideias básicas e gerais”. (BRUNER, 1987, p.16).

2.3 A TAXONOMIA DE BLOOM REVISADA

A Taxonomia de Bloom, proposta por Bloom *et al.* em 1956 e revisada por Anderson e Krathwohl em 2001, é um instrumento de grande serventia para

a educação, pois permite estabelecer os objetivos de aprendizagem de forma clara, objetiva e estruturada, além de contribuir para que o docente realize importantes escolhas de maneira adequada aos propósitos do curso ou disciplina que ministra. (FERRAZ; BELHOT, 2010).

Segundo Ferraz e Belhot (2010), ao guiar-se pelos objetivos de aprendizagem definidos, o docente torna-se capaz de delimitar os tópicos a serem abordados, selecionar as estratégias didáticas e definir os instrumentos de avaliação mais pertinentes ao desenvolvimento dos estudantes de maneira mais satisfatória, conseqüentemente, contribuindo para uma aprendizagem duradoura e efetiva.

De acordo com a Taxonomia de Bloom Revisada (ANDERSON; KRATHWOHL, 2001), os objetivos de aprendizagem referentes ao domínio cognitivo – relacionado à aprendizagem e ao domínio dos conhecimentos – podem ser organizados em seis categorias, organizadas hierarquicamente de acordo com sua complexidade e dependência: lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar. Cada uma dessas categorias apresenta ainda subcategorias, representadas por verbos no gerúndio que auxiliam no entendimento e na descrição das categorias e dos objetivos (Quadro 1).

QUADRO 1 – CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS DO DOMÍNIO COGNITIVO DA TAXONOMIA DE BLOOM REVISADA

CATEGORIA	SUBCATEGORIA
1. Lembrar	1.1 Reconhecendo; 1.2 Reproduzindo.
2. Entender	2.1 Interpretando; 2.2 Exemplificando; 2.3 Classificando; 2.4 Resumindo; 2.5 Inferindo; 2.6 Comparando; 2.7 Explicando.
3. Aplicar	3.1 Executando; 3.2 Implementando.
4. Analisar	4.1 Diferenciando; 4.2 Organizando; 4.3 Atribuindo.
5. Avaliar	5.1 Checando; 5.2 Criticando.
6. Criar	6.1 Generalizando; 6.2 Planejando; 6.3 Produzindo.

FONTE: Adaptado de Krathwohl, 2002; Ferraz e Belhot, 2010.

Segundo a proposta original da Taxonomia de Bloom, para desempenhar um processo cognitivo mais complexo e atingir um nível hierárquico superior, o estudante necessita ter obtido um desempenho adequado

na categoria anterior, pois depende das capacidades previamente adquiridas para seguir em desenvolvimento.

No entanto, embora o princípio da progressão da complexidade tenha sido mantido, com o tempo foi atribuída maior flexibilidade à ideia de dependência entre as categorias, sendo admitida a existência de casos em que a interpolação pode favorecer a aprendizagem de determinado conteúdo, bem como a possibilidade dos estudantes – com base em sua metacognição – transitarem mais livremente entre as subcategorias em prol de suas aprendizagens. (KRATHWOHL, 2002; FERRAZ; BELHOT, 2010).

2.4 AS INTELIGÊNCIAS MÚLTIPLAS PROPOSTAS POR GARDNER

Insatisfeito com a visão unitária da inteligência e com os testes que podiam mensurar o quociente de inteligência (QI) de um indivíduo, Howard Gardner elaborou a Teoria das Inteligências Múltiplas – defendendo a pluralidade do intelecto da espécie humana. (GARDNER, 1995).

Segundo Gardner (1995, p.13), a inteligência pode ser definida como “a capacidade de resolver problemas ou de elaborar produtos que sejam valorizados em um ou mais ambientes culturais ou comunitários” e, por sua vez, cada indivíduo pode apresentar um perfil particular de inteligências.

Em 1983, Gardner definiu sete tipos de inteligência: corporal-cinestésica, lógico-matemática, linguística, espacial, musical, intrapessoal e interpessoal. E, posteriormente, em 1999, adicionou à lista mais dois tipos: a inteligência naturalista e a inteligência existencial. (ARMSTRONG, 2001).

Embora não tenha elaborado essa teoria pensando no contexto educacional, Gardner passou a discutir as implicações de sua proposta para a educação. E, uma vez que defende que as inteligências podem ser tanto enfraquecidas quando estimuladas ao longo da vida do indivíduo, declarou que em sua opinião “o propósito da escola deveria ser o de desenvolver as inteligências e ajudar as pessoas a atingirem objetivos de ocupação e passatempo adequados ao seu espectro particular de inteligências”. (GARDNER, 1995, p.15).

De acordo com as ideias de Gardner (1995), a escola deveria estar centrada no estudante e levar em consideração o fato de que nem todas as pessoas têm os mesmos interesses, as mesmas habilidades e modos de aprender. Dessa maneira, seria importante a utilização de instrumentos de avaliação que fossem justos com a inteligência dos indivíduos.

Para além dessa proposta, Gardner (2013) propõe que as inteligências múltiplas sejam exploradas também durante outras atividades do processo de ensino-aprendizagem. Desse modo, propõe que as diferentes inteligências sejam exploradas como pontos de entrada, envolvendo o estudante e mobilizando seus interesses de modo a garantir seu comprometimento cognitivo com o assunto ou com a investigação a ser realizada.

Esse mesmo autor, sugere ainda a valorização das inteligências múltiplas mediante o uso de analogias informativas, por meio das quais o professor faria proveito de outras temáticas previamente compreendidas, para contemplar aspectos importantes e similares referentes a outros temas menos conhecidos. Nesse caso, favorecendo indivíduos que tenham pouca familiaridade com o tema a ser aprendido, ao abordar outra temática mais associada à uma de suas inteligências predominantes. No entanto, enfatiza a importância de os docentes que adotarem essa estratégia estarem atentos para garantir que as analogias não distorçam ou limitem a compreensão dos estudantes.

Por último, Gardner (2013) sugere uma terceira estratégia para explorar as inteligências múltiplas na escola, a qual ele descreve como “buscando a essência”. Nesse caso, o objetivo seria garantir que as ideias centrais de uma determinada temática sejam desenvolvidas por meio de abordagens múltiplas que mobilizem uma variedade de inteligências, interesses e habilidades dos estudantes.

Em síntese, o que Gardner sugere para que as inteligências múltiplas sejam mais bem exploradas nas escolas é que menos tópicos sejam abordados e em maior profundidade. Desse modo, poderão ser adotados recursos que explorem as diversas inteligências como pontos de entrada – para atrair o interesse e a atenção de estudantes com diferentes perfis; diferentes tipos de

exemplos, analogias e metáforas podem ilustrar partes importantes de cada tópico escolhido; representações diversas podem ser utilizadas em conjunto para a construção das aprendizagens mais importantes de cada tópico; estratégias avaliativas diversificadas podem ser exploradas para que os estudantes – que compõem um grupo heterogêneo – possam demonstrar sua aprendizagem. (GARDNER, 2013).

2.5 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

A teoria da assimilação, também conhecida como a teoria da aprendizagem significativa, proposta por David Ausubel em 1963, sugere que o processo de aprendizagem do indivíduo está intimamente relacionado aos conhecimentos relevantes já existentes em sua estrutura cognitiva e às interações que as novas informações conseguem realizar com esses subsunçores. (MOREIRA, 1999; 2019).

Segundo Moreira (1999, p.11), para Ausubel a aprendizagem significativa acontece quando

uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Isto é, nesse processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de “conceito subsunçor” ou, simplesmente, “subsunçor”, existente na estrutura cognitiva de quem aprende. O “subsunçor” é, portanto, um conceito, uma ideia, uma proposição, já existente na estrutura cognitiva, capaz de servir de “ancoradouro” a uma nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o sujeito [...].

Ao participar da ancoragem das novas ideias, conceitos e proposições a serem aprendidos, os subsunçores podem tanto contribuir para a assimilação e retenção duradoura da nova aprendizagem, quanto sofrer modificações – se tornando mais completos, mais bem organizados ou sofrendo diferenciação. (MOREIRA, 1999).

A aprendizagem, tal qual é proposta por Ausubel, é caracterizada pela organização e integração do novo material à estrutura cognitiva do indivíduo, de

modo a consistir no armazenamento de informações no cérebro humano por meio de uma estrutura hierárquica, na qual conceitos mais específicos são ligados a conhecimentos mais gerais. (MOREIRA, 2019).

É importante ressaltar ainda que, para Ausubel (2000), a aprendizagem significativa só acontecerá se duas condições forem atendidas: o aprendiz precisa estar interessado e disposto a efetivar essa aprendizagem, bem como o material a ser apresentado precisa ser potencialmente significativo para o estudante. Ou seja, o material a ser aprendido deve apresentar um conteúdo que possa ser relacionado com os conhecimentos anteriores do estudante de maneira lógica e não arbitrária.

De acordo com Ausubel, existe ainda um outro tipo de aprendizagem inferior à aprendizagem significativa: a aprendizagem mecânica, que ocorre de forma arbitrária, não permitindo a aquisição de novos significados, e pode ser exemplificada pela memorização temporária que ocorre quando um estudante lê o material didático na véspera da prova ou tenta decorar fórmulas, leis ou nomes de moléculas sem entender suas aplicações, definições ou propósitos. (AUSUBEL, 2000; MOREIRA, 1999; 2019).

No entanto, apesar dessa diferenciação, Ausubel (2000) defende que a aprendizagem mecânica – por memorização – e a significativa não são dicotômicas, mas sim contínuas. (AUSUBEL, 2000; MOREIRA, 1999; 2019).

Segundo Ausubel (2000), pode ser notada certa proximidade entre tipos de aprendizagem significativa e a aprendizagem por memorização – esse é o caso da aprendizagem representacional, que permite a obtenção de nomes e atribuição de significados a símbolos. Inclusive, havendo casos em que a aprendizagem por memorização e a significativa atuam em sequência.

Esse mesmo autor afirma que a estrutura cognitiva do indivíduo pode ser influenciada de duas maneiras: substantivamente, devido à apresentação das informações ao aprendiz, ou programaticamente, pela organização sequencial da matéria de ensino com base na utilização de métodos ideais e de princípios programáticos adequados para apresentar o conteúdo. (MOREIRA, 2011).

Sendo assim, o papel do professor segundo a teoria ausubeliana seria definido por quatro pontos: identificar a estrutura conceitual da matéria e

organizá-la hierarquicamente; identificar os subsunçores essenciais para a aprendizagem do conteúdo pretendido; levantar o conhecimento prévio do aluno; ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aprendizagem do estudante. (MOREIRA, 2011).

2.6 O LETRAMENTO CIENTÍFICO E OS PROPÓSITOS DO ENSINO DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA DE ACORDO COM A BNCC

Segundo Sasseron e Carvalho (2011), diferentes expressões podem ser usadas para designar o ensino que visa o domínio e o uso dos conhecimentos científicos pelo estudante em diversas áreas de sua vida: letramento científico, alfabetização científica e enculturação científica.

Para Chassot (2003), que adota a expressão alfabetização científica, o ensino das ciências deve ser destinado a todos e não apenas àqueles que queiram seguir carreira nessa área. Desse modo, é essencial que contribua para que os estudantes sejam capazes de compreender os conhecimentos, procedimentos e valores da ciência, de modo a estarem aptos a tomar decisões conscientes e perceber tanto as utilidades da ciência e suas contribuições para a melhora da qualidade de vida, quanto as consequências negativas que o seu desenvolvimento pode provocar.

Essa visão coaduna-se ao que sugere a BNCC, documento que norteia a Educação Básica do Brasil na atualidade e define o letramento científico como a “capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências”. (BRASIL, 2018a, p. 321).

De acordo com a BNCC, a área de Ciências da Natureza precisa estar comprometida com o letramento científico desde o Ensino Fundamental e, para que isso ocorra, é importante que os objetos de conhecimento sejam contextualizados, de modo a permitir que os estudantes atribuam sentido às suas aprendizagens e reconheçam as possibilidades de aplicação desses conhecimentos em situações reais. (BRASIL, 2018a).

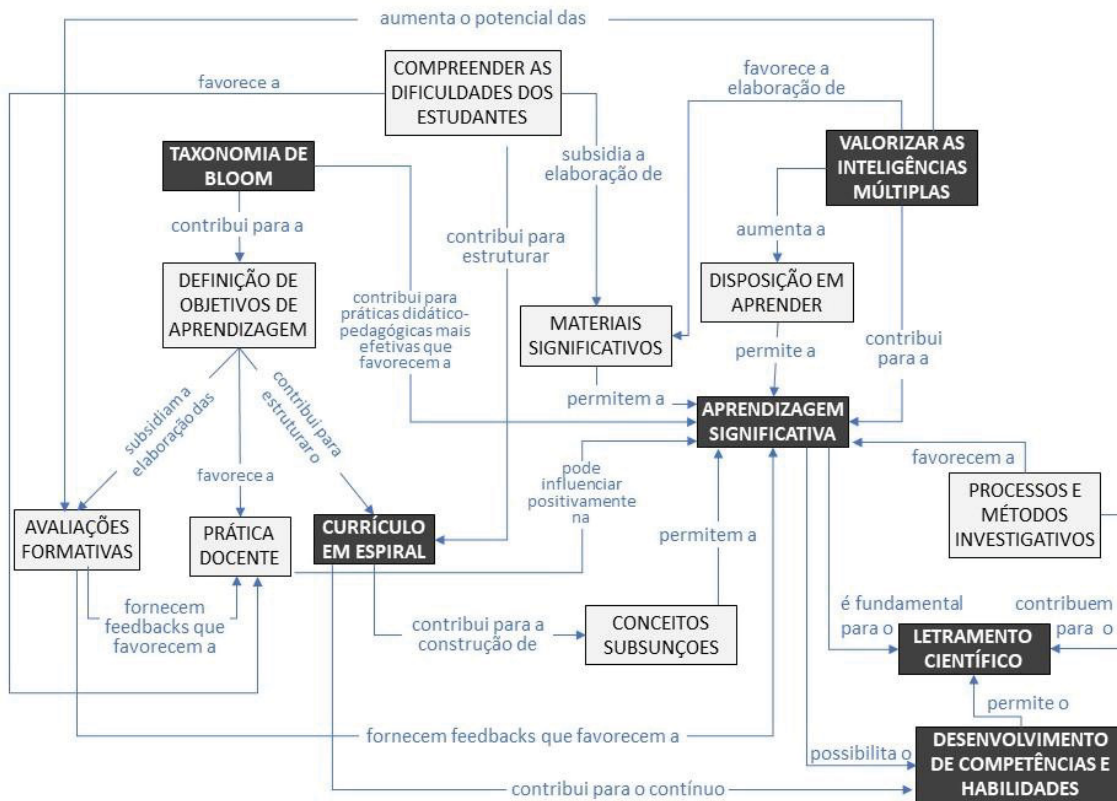
A BNCC (BRASIL, 2018a) defende ainda o compromisso da Educação Básica com a diversidade dos conhecimentos científicos produzidos ao longo da história; com a contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia; e com a aproximação gradativa dos estudantes aos processos e métodos investigativos. Uma abordagem que permite ao estudante compreender a ciência e a tecnologia enquanto empreendimentos humanos e sociais que são passíveis de erros, mudanças e incrementos. E que, além disso, tende a estimular a curiosidade científica dos estudantes e incentivar a postura crítica e reflexiva diante dos conhecimentos.

Ademais, a BNCC elenca como fundamental para o letramento científico a apropriação das linguagens específicas das ciências - os códigos, símbolos, nomenclaturas e gêneros textuais. Pois assim, além de saber se expressar corretamente, os estudantes podem ter maior autonomia em discussões e análises, sendo capazes de entender, avaliar, comunicar e divulgar o conhecimento científico, bem como argumentar e posicionar-se criticamente em relação à temas relevantes para sua comunidade. (BRASIL, 2018a).

2.7 CONEXÕES TEÓRICAS

Durante a concepção desse trabalho, foram observados pontos de conexão entre as teorias e ideias propostas pelos pesquisadores citados nas seções anteriores. Sendo assim, para tornar estas conexões claras também ao leitor dessa tese, foi elaborado um mapa conceitual que as evidencia (Figura 1).

FIGURA 1 – MAPA CONCEITUAL DAS CONEXÕES ENTRE AS TEORIAS CONTEMPLADAS
NESSA TESE



FONTE: A autora (2021).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desse trabalho é proporcionar uma melhor compreensão do processo de ensino-aprendizagem em Genética e subsidiar mudanças na prática docente e na formação de professores, assim, contribuindo para a aprendizagem significativa e o letramento científico de estudantes brasileiros – da Educação Básica e do Ensino Superior – com diferentes espectros intelectuais e perfis de aprendizagem.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para que o objetivo geral fosse alcançado, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Verificar se os estudantes apresentam desempenhos piores na resolução de itens, prioritariamente, de Genética e Biologia Evolutiva do que nas questões referentes a outras áreas da Biologia e das Ciências da Natureza.

- Elencar as características de itens avaliativos que podem favorecer ou prejudicar o diagnóstico das aprendizagens dos estudantes em exames de larga-escala.

- Elaborar uma proposta curricular que favoreça a implementação da Base Nacional Comum Curricular nas escolas brasileiras, bem como o desenvolvimento das habilidades específicas propostas para o componente de Ciências (Ensino Fundamental) e a área de Ciências da Natureza (Ensino Médio) por meio de objetos de conhecimento da Genética e da Biologia Evolutiva.

- Elaborar uma proposta curricular que incentive a diversificação das metodologias e dos recursos didáticos durante a Educação Básica, bem como a valorização das inteligências múltiplas dos estudantes.

- Levantar informações referentes ao espectro intelectual de uma amostra de estudantes de graduação em Ciências Biológicas para compreender as possíveis relações entre as inteligências múltiplas e o desempenho dos estudantes em Genética.

- Analisar se diferentes estratégias avaliativas impactam no desempenho de uma amostra de estudantes de graduação em disciplinas da área de Genética, bem como a percepção desses indivíduos a respeito da contribuição de diferentes estratégias e recursos didáticos para sua aprendizagem.

4 METODOLOGIA

Esse trabalho foi dividido em etapas que possibilitaram a elaboração de três artigos científicos, cada qual com seus objetivos e resultados distintos. Embora essas três publicações apresentem intersecções e se complementem para a o alcance dos objetivos propostos nessa tese, para fins didáticos, a metodologia será apresentada de modo fragmentado. Ou seja, serão descritos os processos adotados e as etapas de trabalho de maneira mais detalhada em cada um dos três manuscritos.

Ainda assim, julgamos pertinente apresentar um panorama dessas etapas por meio de um fluxograma (Figura 2) que ilustra as atividades desenvolvidas e as interações entre os resultados preliminares obtidos em cada etapa e o trabalho subsequente.

Além disso, é interessante fazer uma breve síntese para introduzir os aspectos mais relevantes das amostras e metodologias utilizadas em cada um dos artigos.

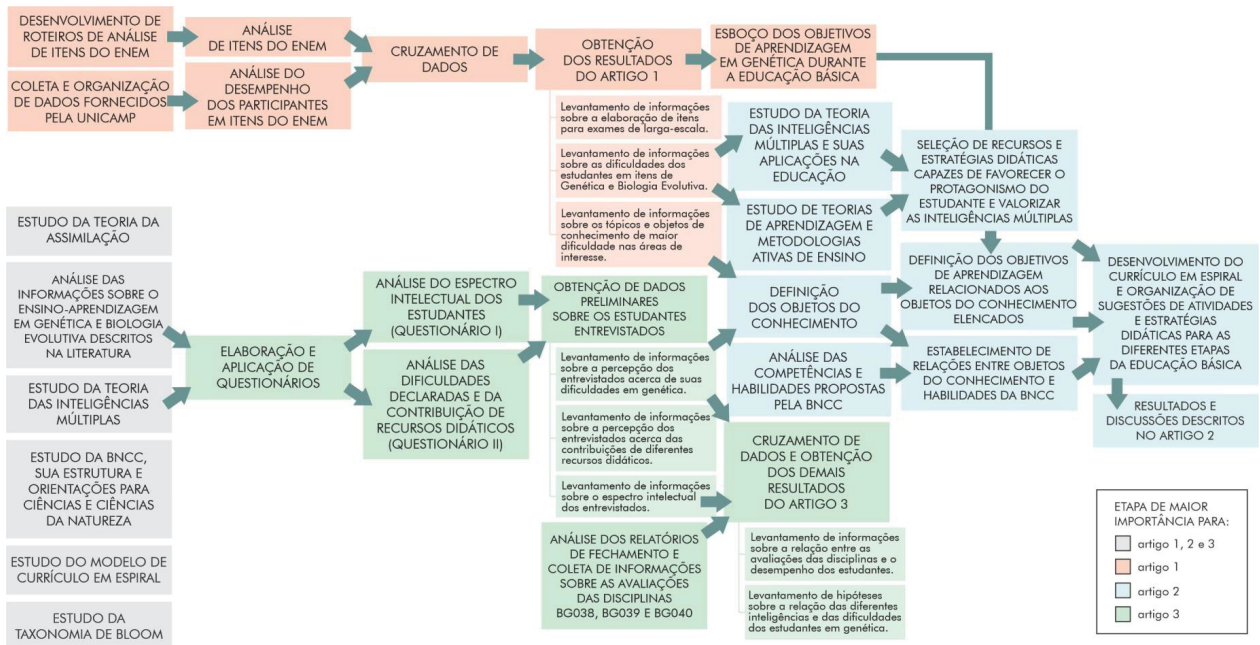
No artigo 1 foi realizada uma pesquisa de natureza documental, de abordagem quanti-qualitativa, por meio da qual foram analisados o desempenho dos participantes e o conteúdo dos itens das provas regulares de Ciências da Natureza, referentes ao Exame Nacional do Ensino Médio de 2012 a 2016. Para tanto, foram analisadas informações a respeito do desempenho de 6.762.538 participantes em 225 itens das provas de Ciências da Natureza e suas tecnologias consideradas nesse trabalho, bem como analisados os conteúdos e a estrutura de 22 itens cuja temática central fazia referência à Genética ou à Biologia Evolutiva.

No artigo 2, por meio de uma pesquisa documental qualitativa, foram analisadas as habilidades descritas na BNCC para o componente de Ciências do Ensino Fundamental e as habilidades específicas descritas para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Ensino Médio. Com base nessa análise, foram selecionadas as habilidades que poderiam ser favorecidas pelo estudo de objetos de conhecimento oriundos da Genética e da Biologia Evolutiva. Com auxílio da Taxonomia de Bloom e de informações referentes às

dificuldades dos estudantes nas áreas de interesse, bem como do conhecimento da estrutura dessas áreas da Biologia e do conhecimento empírico acumulado pela experiência enquanto docente, foram selecionados objetos de conhecimento a serem desenvolvidos ao longo da Educação Básica e estabelecidos objetivos de aprendizagem para cada uma das etapas escolares consideradas. Além disso, foram elaboradas sugestões de atividades que coadunam com o currículo proposto e com elementos das teorias de Ausubel, Gardner e Bruner.

No artigo 3, por meio de questionários e dos relatórios de fechamento de três disciplinas de genética (BG038, BG039 e BG040) foram obtidos dados referentes a 66 alunos de graduação em Licenciatura e/ou Bacharelado em Ciências Biológicas, regularmente matriculados na Universidade Federal do Paraná no período de 2016 a 2019. A análise quanti-qualitativa desses dados gerou informações relativas ao espectro intelectual, às dificuldades declaradas e detectadas em genética e à percepção desses estudantes acerca da contribuição de diferentes recursos didáticos para sua aprendizagem. Ainda, permitiu o cruzamento de informações referentes ao processo avaliativo adotado nas três disciplinas e o desempenho dos estudantes da amostra analisada.

FIGURA 2 – FLUXOGRAMA RESUMIDO DE ETAPAS QUE COMPÕEM O TRABALHO APRESENTADO NESTA TESE.



FONTE: A autora (2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As pesquisas e análises de dados realizadas durante esse período de doutoramento, permitiram a elaboração de três artigos. Embora cada um tenha sido elaborado de maneira independente – com objetivos, resultados e discussões específicas – juntos eles oferecem ao leitor uma visão mais ampla do ensino-aprendizagem em Genética, bem como oferecem propostas que se complementam – subsidiando mudanças no ensino-aprendizagem e no processo avaliativo da Educação Básica e do Ensino Superior.

No presente momento, o primeiro artigo elaborado já se encontra publicado e os outros dois estão sendo analisados pela equipe avaliadora das revistas científicas para as quais as submissões foram feitas. Cada um dos artigos será apresentado individualmente, como uma seção desse capítulo, respeitando as regras de formatação das revistas escolhidas para submissão.

5.1 ARTIGO 1

Intitulado “Uma análise do desempenho dos participantes e do conteúdo abordado em itens de Genética e Biologia Evolutiva do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem): implicações curriculares”, o artigo 1 foi submetido à Revista Investigações em Ensino de Ciências (IENCI) em junho de 2020 e publicado em dezembro do mesmo ano.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n3p503>



UMA ANÁLISE DO DESEMPENHO DOS PARTICIPANTES E DO CONTEÚDO ABORDADO EM ITENS DE GENÉTICA E BIOLOGIA EVOLUTIVA DO EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO (ENEM): IMPLICAÇÕES CURRICULARES.

An analysis of the students performance and the content covered in the items of Genetics and Evolutionary Biology of the National High School Exam (ENEM): curricular implications.

Resumo

Nas últimas décadas, a Genética e a Biologia Evolutiva se tornaram áreas promissoras e intrigantes para a sociedade. No entanto, apesar de seus conceitos passarem a ser considerados importantes na formação de cidadãos críticos e com responsabilidade social, professores e estudantes continuam a relatar dificuldades ao longo do processo de ensino-aprendizagem nessas áreas. Visando compreender e mensurar as dificuldades existentes por parte dos estudantes brasileiros, foi realizada uma pesquisa de natureza documental, de abordagem quanti-qualitativa, por meio da qual foram analisados o desempenho dos participantes e o conteúdo dos itens das provas regulares de Ciências da Natureza, referentes ao Exame Nacional do Ensino Médio de 2012 a 2016. Os resultados obtidos permitiram elencar fatores e objetos do conhecimento relacionados ao menor rendimento dos participantes em itens de Genética e Biologia Evolutiva, quando comparado às demais áreas da Biologia e das Ciências da Natureza. Assim, evidenciando a necessidade de mudanças no ensino-aprendizagem para uma aprendizagem significativa da Genética e da Biologia Evolutiva, bem como identificando aspectos a serem considerados durante a elaboração de itens avaliativos, tais como a construção de alternativas equilibradas entre si, o uso da linguagem científica e a apresentação do problema de forma objetiva e clara, por meio de contextualização adequada. Ao longo desse trabalho são incentivadas reflexões acerca do currículo escolar de Ciências e Biologia e proposta a abordagem de conceitos básicos da Genética e da Biologia Evolutiva, de forma gradativa e coerente com o desenvolvimento dos estudantes e as habilidades da BNCC, desde o Ensino Fundamental.

Palavras-Chave: Item de avaliação; Ensino-aprendizagem; Ciências da Natureza; Objetos do conhecimento; BNCC.

Abstract

In the last decades, Genetics and Evolutionary Biology have become promising and intriguing areas. However, although their concepts are considered important in the formation of critical and socially responsible citizens, Brazilian teachers and students continue to report difficulties throughout the teaching-learning process in these areas. In order to understand and measure the difficulties of Brazilian students, a documentary research was carried out, with a quantitative and qualitative approach, through which the performance of the participants and the content of the items of the regular tests in Natural Sciences were analyzed, referring to the National High School Examination from 2012 to 2016. The obtained results allowed identification of factors and objects of knowledge related to the low performance of the participants in items of Genetics and Evolutionary Biology, when compared to the other areas of Biology and Natural Sciences. Thus, evidencing the need for changes in teaching-learning for a meaningful learning of Genetics and Evolutionary Biology, as well as identifying aspects to be considered during the elaboration of evaluative items, such as the construction of balanced alternatives, the use of scientific language and the presentation of the problem in an objective and clear way. Moreover, throughout this work, reflections on the science and biology school curriculum are encouraged and an approach to basic concepts of Genetics and Evolutionary Biology is proposed, in a gradual and coherent way with the development of students and the skills of BNCC, since Elementary School.

Keywords: Item analysis; Teaching-learning; Natural Sciences; Knowledge objects; BNCC.

O ENSINO-APRENDIZAGEM EM GENÉTICA E BIOLOGIA EVOLUTIVA: IMPORTÂNCIA E DIFICULDADES.

A ciência e a tecnologia estão fortemente interligadas entre si e com a sociedade. Se por um lado o contexto social influencia diretamente no processo de construção e aplicação do conhecimento, por outro as mudanças tecnocientíficas provocam impactos na vida em sociedade.

Nas últimas décadas, os avanços científicos e tecnológicos exponenciais interferiram não apenas em nossa forma de vivenciar o mundo, mas também no modo de interagir uns com os outros e de produzir e compartilhar conhecimentos.

No âmbito da ciência, o acúmulo de conhecimento e o crescente uso de aparatos tecnológicos do último século favoreceram novas descobertas, aceleraram processos e aproximaram pesquisadores de diferentes grupos e países, facilitando tanto o desenrolar das pesquisas científicas, quanto a obtenção e a partilha de resultados relevantes.

As informações mais recentes, associadas aos conhecimentos historicamente construídos e sistematizados e às infinitas possibilidades de pesquisa, favoreceram a consolidação de áreas mais recentes da ciência. Com os avanços da Biologia Molecular, por exemplo, a Genética e a Biologia Evolutiva se tornaram cada vez mais atrativas aos pesquisadores e promissoras para a sociedade. Ao mesmo tempo em que nos permitiram conhecer melhor o organismo humano, a diversidade intraespecífica e a dinâmica das populações e ecossistemas, estas áreas de estudo trouxeram à tona importantes discussões éticas a respeito do processo de produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico (Alvarez, 2010; Gattás, Segre, & Wünsch Filho, 2002; La Luna, 2014; Ministério da Educação [MEC], 2000; Pedrancini, Corazza-Nunes, Moreira, & Ribeiro, 2007).

Além disso, uma vez que os transgênicos, terapias gênicas e outros adventos biotecnológicos se tornaram cada vez mais estudados e discutidos por seus benefícios para a economia, saúde e qualidade de vida dos seres humanos, compreendê-los se tornou necessário (MEC, 2000, 2002, 2013).

Dessa forma, conhecer moléculas responsáveis pela vida e mecanismos de perpetuação das espécies, bem como entender a importância da biodiversidade e do equilíbrio ecológico para a manutenção da vida no planeta se fez essencial. Assim, a compreensão de conceitos básicos e suas aplicações tornam-se elementos imprescindíveis para um posicionamento crítico e criterioso em relação às intervenções humanas no mundo contemporâneo (MEC, 2000, 2002, 2006).

Os documentos nacionais que regem e orientam a Educação Básica passaram a reforçar a importância do conhecimento científico nessas áreas para a formação de um cidadão. Incentivando o desenvolvimento de competências e habilidades que preparem o estudante para situações reais e permitam que conhecimentos se tornem recursos para que o indivíduo identifique problemas, julgue impasses, elabore argumentos e, se necessário, posicione-se perante assuntos polêmicos que envolvam genética, evolução biológica e biotecnologia (MEC, 2000, 2002, 2006, 2013).

A necessidade da abordagem desta temática na Educação Básica, e não em um currículo voltado apenas para os especialistas (MEC, 2002, 2013), é reforçada pela Base Nacional Curricular Comum (BNCC) – um documento normatizador que, na tentativa de garantir a equidade educacional no país, elenca as aprendizagens essenciais de direito das crianças, adolescentes, jovens e adultos brasileiros (MEC, 2017b).

Com o intuito, também, de nortear a construção dos currículos em todos os estados e municípios brasileiros, a BNCC fixa conteúdos mínimos ao disponibilizar orientações e uma lista de habilidades específicas para cada componente curricular ou área do conhecimento. De caráter obrigatório, esse documento deve ser respeitado por todas as instituições de Ensino Infantil, Fundamental e Médio no Brasil, sejam elas públicas ou privadas (MEC, 2017a).

De maneira positiva para o processo de ensino-aprendizagem em Genética e Biologia Evolutiva, como também para a compreensão das ciências e da Biologia de modo geral, a BNCC elege “Vida e evolução” como uma das três unidades temáticas do componente de Ciências no Ensino Fundamental e, dando continuidade à essa proposta, traz “Vida, Terra e Cosmos” como uma das duas unidades temáticas para a área das Ciências da Natureza no Ensino Médio. Desta forma, apresenta habilidades que permitem a discussão de conceitos biológicos importantes para a compreensão da Genética e da Biologia Evolutiva, de maneira gradativa, desde os anos iniciais do Ensino Fundamental até o Ensino Médio (MEC, 2017a).

No entanto, apesar dos documentos brasileiros e pesquisas em educação e ensino preocuparem-se com o ensino-aprendizagem nessas áreas já há alguns anos, dificuldades de estudantes e professores em Genética e Biologia Evolutiva – tanto no âmbito escolar, como acadêmico – continuam sendo relatadas.

Temp e Bartholomei-Santos (2014) verificaram que os alunos concluintes do ensino médio – matriculados em escolas públicas e privadas – apresentam uma série de concepções errôneas relacionadas à Genética. Segundo esses autores, o fato desses alunos declararem não ter estudado determinados conteúdos ou não conseguirem lembrar conceitos, apenas um ano após o contato com tal assunto, remete a falhas no processo de ensino-aprendizagem. Para eles o ensino de Genética é descontextualizado e preza pela memorização de conteúdos, dificultando, principalmente, a aplicação de conhecimentos dessa área em problemas e situações reais.

Conforme Santos Filho, Alle e Leme (2018), os estudantes chegam ao ensino superior com defasagem em Genética e, ainda que aperfeiçoem seus conhecimentos durante a graduação, não atingem níveis satisfatórios de aprendizado. De acordo com esses autores, as dificuldades de aprendizagem em Genética acabam diminuindo o interesse dos estudantes nesta temática e podem estar relacionadas, entre outros fatores, com a forma de abordagem do conteúdo e a complexidade dos termos da área.

A linguagem utilizada, assim como o envolvimento da matemática em determinados conteúdos e o ensino fragmentado de conceitos e processos, também são citados por Cid e Neto (2005) como aspectos desfavoráveis à aprendizagem em Genética.

De forma semelhante, problemas relacionados ao ensino-aprendizagem em Biologia Evolutiva foram reconhecidos por diferentes autores. Tidon e Vieira (2009) citam materiais didáticos, currículos escolares, aspectos culturais dos alunos e fragilidades na formação dos professores como fatores que dificultam o entendimento da evolução biológica.

Segundo Oleques, Bartholomei-Santos e Boer (2011), há professores de Biologia do Ensino Médio que não dominam adequadamente conceitos evolutivos e, assim, não estão aptos a detectar compreensões equivocadas e auxiliar na superação das dificuldades de seus alunos. Tal falha no processo de formação dos docentes foi confirmada por Nobre, Lopes e Farias (2018), que observaram a insatisfação dos professores quanto à sua qualificação profissional e preparo para ministrar aulas a respeito da evolução biológica.

Além desses fatores pedagógicos, há ainda estudos que investigam as relações entre aspectos culturais e as dificuldades no processo de ensino-aprendizagem em Biologia Evolutiva. Pereira, Bizzo e Marco (2013) demonstraram que 72,6% dos estudantes brasileiros investigados não consideram sua religião impedimento para acreditar na evolução biológica. Por outro lado, Almeida e Chaves (2014) descreveram como a principal dificuldade relatada por professores conciliar a informação científica com os dogmas religiosos dos alunos – demonstrando que, ainda que seja uma percepção oriunda dos docentes ou das instituições, aspectos culturais e concepções prévias podem dificultar o processo de ensino-aprendizagem referente a essa temática.

Exame Nacional do Ensino Médio

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) foi aplicado pela primeira vez em 1998 e, desde então, é realizado anualmente pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Criado com o intuito de avaliar o desempenho e as competências dos estudantes que concluíam a educação básica, o Enem é, atualmente, utilizado também como modalidade alternativa ou complementar para a seleção de estudantes que pretendem ingressar em cursos de Ensino Superior, bem como candidatar-se a bolsas de estudo e programas de financiamento e apoio estudantil (FTD, 2017; INEP, 2018a, 2019a).

Os participantes do Enem são avaliados durante dois dias, para tanto sendo necessário redigir um texto dissertativo-argumentativo sobre uma situação-problema e responder 180 questões contextualizadas de múltipla-escolha.

Cada uma dessas questões – por sua estrutura denominadas como itens – é composta por três partes: texto-base, enunciado e alternativas (Figura 1). Em seu texto-base, que pode ser verbal ou não verbal, cada item apresenta uma situação-problema de forma contextualizada e objetiva. O enunciado, por sua vez, determina a tarefa a ser realizada pelo estudante e pode ser um questionamento ou se apresentar como uma sentença que precisa de complementação para ser corretamente respondida. Dentre as cinco alternativas de

cada item, há apenas uma correta, o gabarito. Enquanto há outras quatro alternativas que devem ser plausíveis e capazes de atrair alunos com uma determinada linha de raciocínio, porém que não respondem ao que o enunciado pede de maneira adequada. Estas quatro alternativas são chamadas de distratores (MEC, 2010).

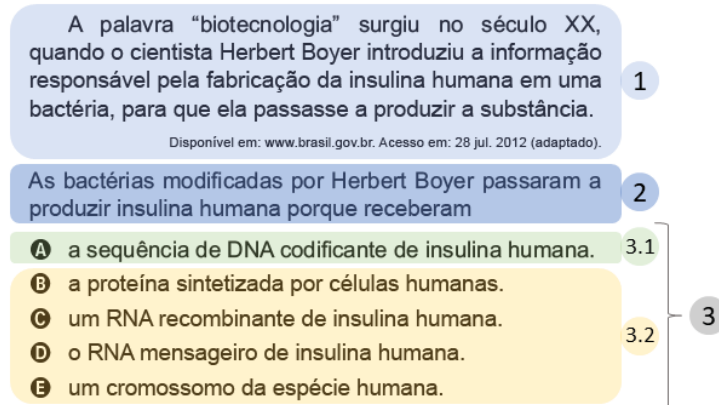


Figura 1 - Estrutura dos itens do Enem (Questão 74, caderno azul, Enem 2015).
1. Texto-base. 2. Enunciado. 3. Alternativas. 3.1 Gabarito. 3.2. Distratores.

No Enem, os componentes curriculares estão agrupados em quatro áreas do conhecimento: Ciências da Natureza e suas tecnologias (Química, Física e Biologia); Linguagens, Códigos e suas tecnologias (Língua Portuguesa, Língua Estrangeira Moderna, Literatura, Artes, Educação Físicas e Tecnologias da informação); Matemática e suas tecnologias (Matemática) e Ciências Humanas e suas tecnologias (Geografia, História, Filosofia, Sociologia e Atualidades).

Desde 2009, cada uma dessas áreas compõe uma prova objetiva – com 45 questões – estruturada a partir de uma Matriz de Referência¹. Essa Matriz descreve tanto os objetos do conhecimento abordados nos itens, quanto os cinco eixos cognitivos comuns e as competências e habilidades específicas pelos quais o participante é avaliado em cada prova.

As provas objetivas do Enem são corrigidas a partir do modelo de Teoria de Resposta ao Item (TRI). Um modelo matemático que permite atribuir pontuação diferenciada para cada questão respondida, não focando apenas no total de acertos no exame, mas sim no grau de dificuldade de cada item acertado e no padrão de respostas do participante. Contribuindo, assim, para discriminar acertos casuais de acertos reflexivos, analíticos, obtidos pelo domínio de determinadas competências e habilidades (FTD, 2017; INEP, 2012; MEC, 2011).

Além de poderem ser utilizados como autoavaliação pelo estudante e como critério em processos seletivos, os resultados do Enem fornecem indicadores educacionais e permitem reflexões acerca do currículo escolar e das práticas de ensino brasileiras (INEP, 2019a; INEP, 2019b).

A existência desses dados, a importância do desenvolvimento de habilidades e competências relacionadas à Genética e à Biologia Evolutiva, bem como as dificuldades de alunos e professores, já descritas nessas áreas da Biologia, nos motivam a realizar novas investigações.

Dessa forma, ao longo desse trabalho, iremos verificar se as já documentadas dificuldades no ensino-aprendizagem de Genética e Biologia Evolutiva são refletidas no desempenho dos participantes durante a resolução de itens do Enem que versam sobre essa temática, bem como, se essas dificuldades podem ser mensuradas e atribuídas a fatores específicos. Além disso, serão investigados os objetos do conhecimento listados na Matriz de Referência do Enem para Biologia, a fim de levantar quais tópicos e conteúdos demonstram ser menos compreendidos pelos estudantes brasileiros, de acordo com a amostra analisada.

¹ A Matriz de Referência do Exame Nacional do Ensino Médio encontra-se disponível em: http://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf. Acesso: 22 jun.2020.

METODOLOGIA

A fim de compreender o desempenho dos participantes do Enem na prova de Ciências da Natureza e suas tecnologias, principalmente no que diz respeito às questões que exigem conhecimentos e habilidades relacionadas às áreas de Genética e Biologia Evolutiva, foi realizada uma pesquisa documental quanti-qualitativa, tendo como base as planilhas com dados numéricos fornecidas pelo Grupo de Ensino e Avaliação da Universidade Estadual de Campinas e os cadernos de provas do Enem equivalentes ao período e tipo de prova dos dados estatísticos obtidos por meio de tal parceria.

Tais dados estatísticos fornecem informações referentes ao número de participantes que assinalou cada uma das cinco alternativas dos 225 itens das provas regulares de Ciências da Natureza e suas tecnologias, do período de 2012 a 2016 e fazem alusão apenas aos participantes que, em cada ano da amostra, realizaram a produção textual e preencheram adequadamente o gabarito referente às provas objetivas das quatro áreas de conhecimento. Dessa maneira, totalizando 6.762.538 participantes, inscritos no Enem durante o período de 2012 a 2016, cujas respostas nos itens das provas de Ciências da Natureza e suas tecnologias foram consideradas nesse trabalho.

Após o levantamento e a organização da amostra documental, a primeira etapa de análise de dados desta pesquisa (etapa I) consistiu na classificação dos itens das provas regulares do Enem, aplicadas no período de 2012 a 2016, de acordo com o componente curricular predominante em cada questão. Esta classificação foi realizada a partir da comparação entre o conteúdo de cada questão e a lista de objetos de conhecimento descrita na Matriz de Referência do Enem.

Uma vez classificados todos os itens de Ciências da Natureza, na etapa II foram feitos dois tipos de análise para cada uma das cinco provas da amostra: 1) a análise das frequências relativas de acertos dos 45 itens de Ciências da Natureza e seus subgrupos e 2) a análise detalhada dos itens de Genética e Biologia Evolutiva, principalmente, quanto ao seu conteúdo e estrutura (Figura 2).

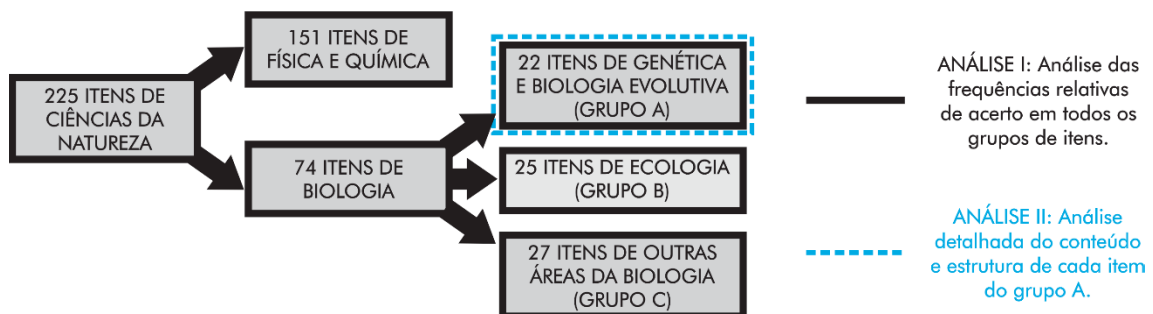


Figura 2 - Os grupos de itens avaliados durante as análises I e II.

A primeira análise foi realizada visando comparar o desempenho dos participantes nas provas de cada ano, nos itens de cada subgrupo e relacionar a frequência de acertos aos conteúdos e tópicos descritos na Matriz de Referência do Enem. Enquanto a segunda análise foi conduzida a fim de identificar os fatores que poderiam contribuir para o acerto de cada questão, bem como as justificativas prováveis para os erros de resolução.

Etapa I: a classificação dos itens

Em cada uma das provas pertencentes à amostra escolhida, os itens foram previamente classificados de acordo com os objetos do conhecimento descritos no Anexo da Matriz de Referência do Enem para Química, Física e Biologia. Embora alguns itens possam ser facilmente identificados como pertencentes a um desses componentes curriculares, outros são interdisciplinares. Por este motivo, sendo classificados nesse trabalho de acordo com os conceitos e habilidades exigidos em sua resolução, bem como sua temática predominante.

A partir dessa classificação, os 45 itens de Ciências da Natureza de cada prova foram subdivididos em dois grupos: o primeiro contendo itens com temática predominante pertencente aos Objetos de Conhecimento de Física e Química e o segundo cujos itens abordavam conceitos e conteúdos que se enquadravam de maneira predominante nos objetos de conhecimento da Biologia.

Para facilitar as análises, um número foi atribuído para cada conteúdo descrito nos objetos de conhecimento de Biologia, ou seja, para cada um dos seis grupos de tópicos listados no Anexo da Matriz de referência de Ciências da Natureza (Apêndice I).

Na sequência, foi realizada a leitura minuciosa de cada item de Biologia, sendo levados em consideração os conceitos abordados no texto-base, mas principalmente aqueles necessários para a compreensão do enunciado, eliminação dos distratores e escolha do gabarito. E, então, cada uma dessas questões foi associada aos tópicos nela abordados (Apêndice II), bem como a uma área de estudo da Biologia (Tabela 1). Por fim, consistindo em um grupo composto pelas questões de Genética e Biologia Evolutiva (A), outro por questões relacionadas a Ecologia (B) – utilizado para fins comparativos – e um terceiro cuja temática principal fazia referência a outras áreas de estudo da Biologia (C), que não aquelas dos grupos A ou B.

Tabela 1 - Itens de Biologia, das provas regulares do Enem aplicadas no período de 2012 a 2016, e sua classificação em grupos por área de estudo.

TEMÁTICA	GRUPO	NUMERAÇÃO DO ITEM NO CADERNO AZUL					TOTAL (n=)
		2012	2013	2014	2015	2016	
Prioritariamente Genética ou Biologia Evolutiva	A	48		53	54		22
		62	60	69	56		
		65	62	73	66	83	
		75	70	74	72	90	
		85	88	79	74		
			87				
Prioritariamente Ecologia	B	46		49		48	25
		51	59	60		61	
		56	63	63	47	62	
		68	67	71	61	71	
		71	80	78		73	
		84	81		80		
Prioritariamente outra área da Biologia	C	52	50	47	48	56	27
		57	53	61	67	65	
		63	55	85	69	69	
		80	56	89	78	75	
		87	73		83	79	
		78	89	87			

Por se tratar do principal objeto de estudo desse trabalho, vale ressaltar que foram considerados como itens de Genética ou Biologia Evolutiva (Apêndice III) aqueles que se encaixavam em, pelo menos, um dos seguintes critérios: I) Exigir conhecimentos destas áreas para compreensão do problema e do enunciado da questão; II) Ter como gabarito uma sentença que exija conhecimentos e habilidades relacionadas a estas áreas do conhecimento; III) Apresentar como distrator mais escolhido pelos participantes do Enem uma alternativa que exija compreensão de conceitos básicos relacionados a estas áreas do conhecimento.

Sendo assim, foram excluídos itens que utilizavam conceitos genéticos ou evolutivos, mas não dependiam – de maneira prioritária – de tais conhecimentos e habilidades para o acerto da questão. Como, por exemplo, o item 81 do caderno azul da prova de 2012 (Figura 3) que, embora utilize um texto-base relacionado aos processos de extinção e à Biologia Evolutiva, exige conhecimentos e habilidades relacionadas a aspectos fisiológicos de determinados seres vivos, bem como à compreensão de conceitos da Ecologia para sua resolução.

QUESTÃO 81 

Paleontólogos estudam fósseis e esqueletos de dinossauros para tentar explicar o desaparecimento desses animais. Esses estudos permitem afirmar que esses animais foram extintos há cerca de 65 milhões de anos. Uma teoria aceita atualmente é a de que um asteroide colidiu com a Terra, formando uma densa nuvem de poeira na atmosfera.

De acordo com essa teoria, a extinção ocorreu em função de modificações no planeta que

- A desestabilizaram o relógio biológico dos animais, causando alterações no código genético.
- B reduziram a penetração da luz solar até a superfície da Terra, interferindo no fluxo energético das teias tróficas.
- C causaram uma série de intoxicações nos animais, provocando a bioacumulação de partículas de poeira nos organismos.
- D resultaram na sedimentação das partículas de poeira levantada com o impacto do meteoro, provocando o desaparecimento de rios e lagos.
- E evitaram a precipitação de água até a superfície da Terra, causando uma grande seca que impediu a reatualização do ciclo hidrológico.

Figura 3 - Exemplo de item não pertencente ao grupo A - Questão 81 do caderno azul da prova de 2012 (extraído de MEC, 2019).

Etapa II: a primeira e a segunda análise dos itens

Como mencionado anteriormente, após a subdivisão dos itens, foram realizadas a análise das frequências relativas de acerto em todos os grupos de itens das provas de Ciências da Natureza (Análise I) e a análise detalhada do conteúdo e estrutura de cada item do grupo A (Análise II).

Durante a primeira análise, a frequência relativa de acertos foi calculada a partir da relação entre os participantes que assinalaram a alternativa correta, em cada item, e o número de participantes que tiveram suas respostas consideradas no exame daquele ano. Por sua vez, com esses valores, foram calculadas as médias de acerto em todos os subgrupos de itens, para cada ano e para o período.

Além disso, foram obtidas as médias de acerto para cada um dos tópicos abordados nos itens de Biologia da amostra. Nesse processo, previu-se a possibilidade de cada item explorar informações referentes a mais de um tópico, inclusive mesclando conhecimentos de Biologia e de outro componente curricular. No entanto, nesse trabalho foram considerados apenas os tópicos descritos para Biologia na Matriz de Referência do Enem. Sendo assim, a frequência de acerto de um determinado item é utilizada no cálculo da média obtida para todos os tópicos de Biologia nele abordados.

Para a segunda análise, realizada apenas com os itens do grupo A, foram estabelecidos critérios (Quadro 1) a serem analisados no texto-base, enunciado, gabarito e distratores de cada item de Genética ou Biologia Evolutiva.

Para evitar o julgamento tendencioso, a frequência relativa de acertos foi omitida num primeiro momento, sendo atribuída aos itens apenas durante a análise descritiva dos resultados. Nesse momento, as informações sobre os conteúdos, tópicos e características de cada item foram cruzadas com as médias das frequências relativas de acertos, na tentativa de esclarecer os motivos pelos quais os participantes apresentavam pior desempenho em determinados itens e melhor em outros.

Quadro 1 - Critérios utilizados na análise de conteúdo e estrutura dos itens do grupo A.

Recursos utilizados no texto-base	<ul style="list-style-type: none"> • Verbal • Não-verbal (imagem, tabela ou gráfico)
Aspectos que poderiam ser aprimorados no item	<ul style="list-style-type: none"> • Linguagem • Uso de conteúdo não explorado ou em nível inadequado para o Ensino Médio • Forma de apresentação do problema • Margem para uso do senso comum • Excesso de informações • Conceitos errados ou mal utilizados • Distratores mal elaborados (resposta muito evidente) • Distratores mal elaborados (similaridade entre alternativas)
Fatores que podem ter favorecido a escolha de distratores como resposta	<ul style="list-style-type: none"> • Não compreensão de conceitos básicos • Falta de familiaridade com a linguagem científica • Falta de conhecimento em conteúdo específico • Maior familiaridade com as palavras do distrator • Similaridade entre termos do distrator e do texto-base ou enunciado • Uso do senso comum • Dificuldades com raciocínio lógico • Dificuldades de interpretação • Distratores confusos • Falta de qualidade das figuras • Quantidade de informações incompatível com o tempo de prova

Durante a compilação e estudo comparativo dos dados na análise II, os itens foram segregados entre aqueles cuja alternativa mais escolhida era o gabarito (itens de melhor desempenho) e aqueles cujos distratores foram mais assinalados que a alternativa correta (itens de pior desempenho).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a média da frequência relativa de acertos, nos itens das provas de Ciências da Natureza analisadas e seus subgrupos (Tabela 2), é possível notar que nessa amostra há uma tendência dos participantes do Enem se saírem melhor resolvendo os itens prioritariamente de Biologia, do que aqueles cuja temática principal se encaixa nos objetos do conhecimento descritos para Química e Física no Anexo da Matriz de Referência do Enem.

Tabela 2 - Média da frequência relativa de acertos nos itens analisados, de acordo com sua área de estudo e ano de prova.

ITENS	2012	2013	2014	2015	2016
Ciências da Natureza	0,2964	0,2576	0,2824	0,2665	0,2603
Química e Física	0,2719	0,2240	0,2625	0,2674	0,2419
Biologia	0,3408	0,3249	0,3224	0,2643	0,3012
Genética e Biologia Evolutiva (Grupo A)	0,2629	0,4100	0,3206	0,2070	0,2720
Ecologia (Grupo B)	0,3562	0,3194	0,3287	0,2712	0,2844
Outras áreas da Biologia (Grupo C)	0,4004	0,2728	0,3150	0,3194	0,3277

Médias de Biologia superiores às de Física e Química (verde) e médias do grupo A inferiores às médias de Biologia (laranja).

No entanto, ainda que haja uma melhora no desempenho para o componente curricular Biologia, o mesmo não se observa quando os itens abordam conteúdos relacionados às áreas de Genética e Biologia Evolutiva. Dessa forma, com exceção do ano de 2013, houve um declínio no desempenho dos participantes

nessas questões (Figura 4). Em alguns casos – anos de 2012 e 2015 – sendo observadas frequências relativas de acerto menores, inclusive, do que aquelas dos itens de Química e Física.

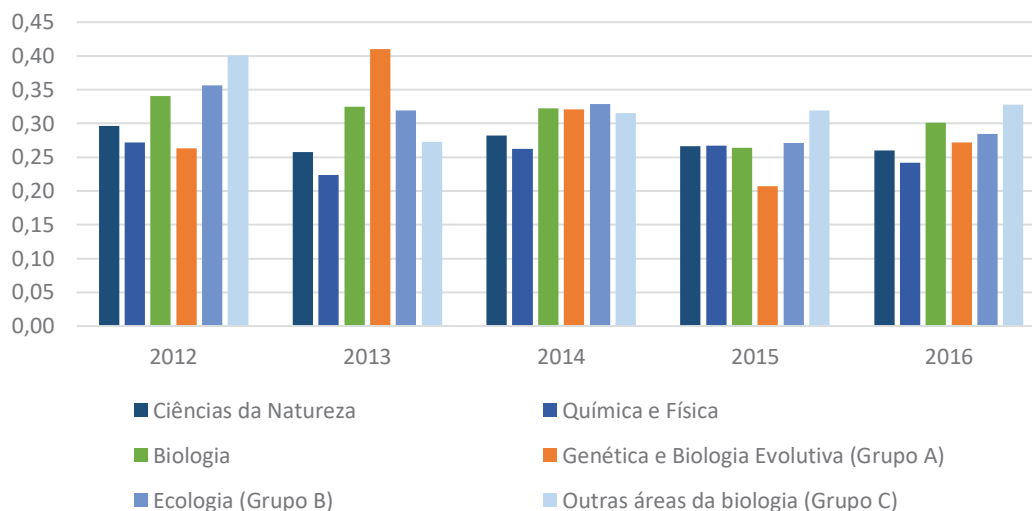


Figura 4 - Médias da frequência relativa de acertos nos itens de Genética e Biologia Evolutiva, de cada ano de prova, comparada com as médias dos demais grupos de itens, evidenciando a dificuldade dos participantes na resolução de itens do grupo A.

Quando levados em consideração todos os itens de cada subgrupo ao longo de todo o período, o mesmo padrão se repete (Tabela 3): o desempenho dos participantes é melhor nos itens prioritariamente de Biologia, do que nos demais itens da prova de Ciências da Natureza, e a média da frequência relativa de acertos em Genética e Biologia Evolutiva cai – se apresentando menor que aquela referente às demais áreas de estudo da Biologia.

É interessante ressaltar que, no caso dos itens de Ecologia – área de estudo cuja importância também é reforçada nos documentos brasileiros de educação para a formação do cidadão e bastante abordada no Enem – a frequência relativa de acertos se aproxima da média de Biologia, sinalizando um processo de ensino-aprendizagem mais eficiente nessa área.

Tabela 3 - Média da Frequência relativa de acertos nos itens das provas de 2012 – 2016.

ITENS	n	2012-2016
Ciências da Natureza	225	0,2726
Física e Química	151	0,2534
Biologia	74	0,3119
Grupo A: Genética e Biologia Evolutiva	22	0,2883
Grupo B: Ecologia	25	0,3182
Grupo C: outras áreas da Biologia	27	0,3252

Identificando quais tópicos e conteúdos descritos no Anexo da Matriz de Referência do Enem foram abordados em cada item de Biologia, foi possível obter resultados referentes ao perfil da prova de Ciências da Natureza de cada ano (Tabela 4).

Desconsiderando os tópicos de química referentes aos conceitos mobilizados em sete itens da amostra (2012-63; 2014-47; 2014-49; 2014-71; 2014-78; 2016-48; 2016-69), foram identificados 151 tópicos sendo abordados nos 74 itens de Biologia do período analisado. Dessa forma, conferindo a média de 2,04 tópicos descritos na Matriz de Referência do Enem como pertencentes ao componente curricular de Biologia por item. Considerando apenas os itens do grupo A, essa média é de 2,14 tópicos por item de Genética/Biologia Evolutiva.

Tabela 4 - Quantidade de tópicos, de cada conteúdo, que foram explorados nos itens de Biologia, em cada ano de prova e no período de 2012-2016.

CONTÉUDOS	2012 (n=16)	2013 (n=15)	2014 (n=15)	2015 (n=14)	2016 (n=14)	∑ (n=74)
1 - Moléculas, células e tecidos	4	7	7	8	6	32
2 - Hereditariedade e diversidade da vida	2	7	3	5	2	19
3 - Identidade dos seres vivos	8	6	3	4	9	30
4 - Ecologia e ciências ambientais	15	9	9	4	14	51
5 - Origem e evolução da vida	3	0	1	1	1	6
6 - Qualidade de vida das populações humanas	4	3	1	3	2	13
TOTAL	36	32	24	25	34	151

No período de 2012-2016 houve preponderância de tópicos relacionados ao conteúdo de Ecologia e Ciências ambientais, não sendo observado esse padrão apenas no ano de 2015 – quando o conteúdo mais abordado em itens de Biologia foi 1 - Moléculas, células e tecidos (Figura 5). Fator que, de acordo com resultados discutidos posteriormente, pode estar associado ao baixo desempenho nos itens de Biologia do ano de 2015.

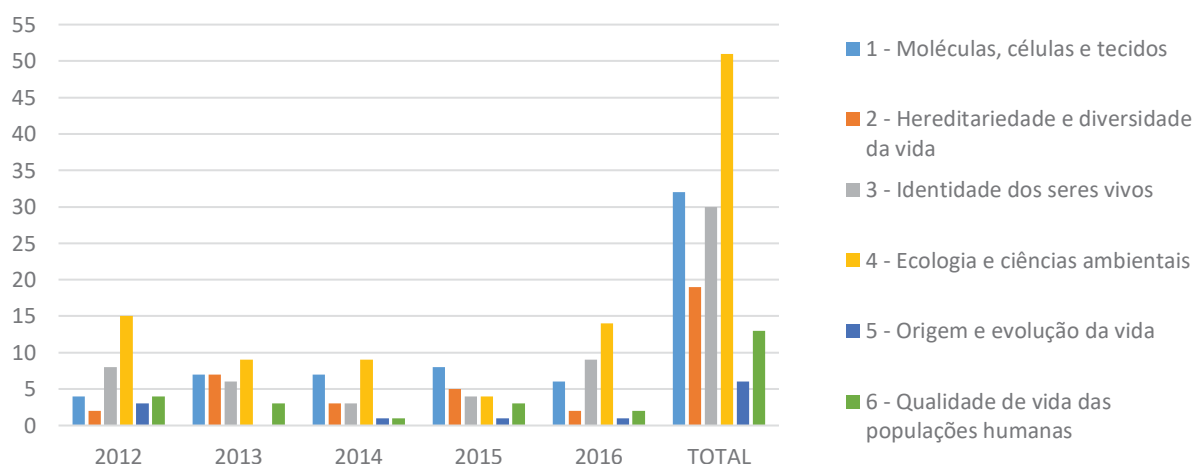


Figura 5 - Gráfico de frequência dos tópicos e conteúdos abordados nos itens de Biologia, das provas regulares do Enem, aplicadas no período de 2012 a 2016.

Dentre os itens do grupo A, foram observados tópicos relacionados à Genética, à Biologia Evolutiva e outras áreas da Biologia – todos eles distribuídos entre os conteúdos 1 a 5 dos Objetos de Conhecimento de Biologia. Não sendo contemplados tópicos referentes à Química nem ao conteúdo 6 – Qualidade de vida das populações humanas nestes itens.

Quanto à distribuição dos tópicos por ano de prova (Tabela 5), nota-se que apenas os itens do grupo A do ano de 2013 não exploraram conhecimentos referentes a Identidade dos seres vivos (3) e a Origem e evolução da vida (5). Por outro lado, nessa mesma prova, observou-se um aumento significativo na frequência de tópicos do conteúdo 2- Hereditariedade e diversidade da vida.

Tabela 5 - Quantidade de tópicos, de cada conteúdo, abordados nos itens do grupo A ao longo do período de 2012-2016.

CONTEÚDO	2012 (n=5)	2013 (n=4)	2014 (n=5)	2015 (n=6)	2016 (n=2)	TOTAL (n=22)
1 - Moléculas, células e tecidos	4	4	3	5	2	18
2 - Hereditariedade e diversidade da vida	2	5	2	5	1	15
3 - Identidade dos seres vivos	4	0	1	1	1	7
4 - Ecologia e ciências ambientais	1	1	0	0	0	2
5 - Origem e evolução da vida	2	0	1	1	1	5
TOTAL	13	10	7	12	5	47

Utilizando como base o valor médio de acertos nos itens de Biologia do período analisado, os tópicos foram separados em dois grupos. Um grupo formado pelos tópicos cujo desempenho dos participantes do Enem foi pior que o valor médio de acertos em Biologia ($x < 0,3119$) e tratado na sequência como tópicos de maior dificuldade e outro grupo pelos tópicos cuja média de acertos ultrapassou este valor ($x > 0,3119$), nomeados neste trabalho como tópicos de menor dificuldade. Além destes, houveram 24 tópicos propostos pelo Anexo da Matriz do Enem para os quais não houveram itens atribuídos – sendo estes omitidos na Tabela 6.

Uma proporção expressiva (71,43%) dos tópicos de maior dificuldade está relacionada às áreas de Genética e Biologia Evolutiva. Havendo, pelo menos, uma questão do grupo A em cada um desses tópicos. Por outro lado, apenas 26,32% dos tópicos de menor dificuldade foram identificados, nas provas da amostra, em itens do grupo A.

Tabela 6 - Média de acertos nos itens do Enem, do período de 2012-2016, em ordem crescente, de acordo com os tópicos e conteúdos descritos no Anexo da Matriz de Referência do Enem.

CONTEÚDO	TÓPICO*	MÉDIA DE ACERTO
1	Diferenciação celular.	0,1336
5	Teoria sintética da evolução.	0,1532
2	Mutações gênicas e cromossômicas.	0,1572
1	Origem e evolução das células.	0,1884
5	Seleção artificial e seu impacto sobre ambientes naturais e sobre populações humanas.	0,2057
2	Grupos sanguíneos, transplantes e doenças autoimunes.	0,2128
1	Divisão celular.	0,2158
6	Exercícios físicos e vida saudável.	0,2288
1	Metabolismo energético: fotossíntese e respiração.	0,2317
1	Síntese proteica.	0,2463
4	Ciclos biogeoquímicos.	0,2498
4	Ecossistemas.	0,2505
1	Estrutura e fisiologia celular: membrana, citoplasma e núcleo.	0,2610
5	Hipóteses sobre a origem do Universo, da Terra e dos seres vivos.	0,2615
4	Biomassas brasileiros.	0,2682
4	Dinâmica de populações.	0,2718
1	Aspectos gerais do metabolismo celular.	0,2724
1	Aplicações de biotecnologia na produção de alimentos, fármacos e componentes biológicos.	0,2752
3	Funções vitais dos seres vivos e sua relação com a adaptação desses organismos a diferentes ambientes.	0,2782
4	Habitat e nicho ecológico.	0,2836

3	Evolução e padrões anatômicos e fisiológicos observados nos seres vivos.	0,2846
2	Fundamentos genéticos da evolução.	0,2856
3	Embriologia, anatomia e fisiologia humana.	0,2858
1	Noções sobre células-tronco, clonagem e tecnologia do DNA recombinante.	0,2986
3	Vírus, procariontes e eucariontes.	0,2996
4	Problemas ambientais: mudanças climáticas, efeito estufa; desmatamento; erosão; poluição da água, do solo e do ar.	0,3001
1	Aspectos bioquímicos das estruturas celulares.	0,3010
2	Aspectos genéticos da formação e manutenção da diversidade biológica.	0,3016
4	A comunidade biológica: teia alimentar, sucessão e comunidade clímax.	0,3150
4	Tecnologias ambientais.	0,3277
3	Autótrofos e heterótrofos.	0,3290
6	Aspectos biológicos do desenvolvimento sustentável.	0,3393
2	Princípios básicos que regem a transmissão de características hereditárias.	0,3396
3	Seres unicelulares e pluricelulares.	0,3484
4	Interações entre os seres vivos.	0,3499
4	Fluxo de energia no ecossistema.	0,3507
4	Exploração e uso de recursos naturais.	0,3608
3	Sistemática e as grandes linhas da evolução dos seres vivos.	0,3628
4	Conservação da biodiversidade.	0,3658
5	Teorias de evolução.	0,3713
6	Principais doenças que afetam a população brasileira: caracterização, prevenção e profilaxia.	0,3979
4	Conservação e recuperação de ecossistemas.	0,4014
2	Antígenos e anticorpos.	0,4263
1	Aplicações de tecnologias relacionadas ao DNA a investigações científicas, determinação da paternidade, investigação criminal e identificação de indivíduos.	0,4479
6	Noções de primeiros socorros.	0,5506
6	Aspectos sociais da biologia: uso indevido de drogas; gravidez na adolescência; obesidade.	0,6167
4	Noções de saneamento básico.	0,6543

A linha espessa divide a tabela em porção superior, contendo os tópicos de maior dificuldade, e porção inferior, composta por tópicos de menor dificuldade. Além disso, o preenchimento em cinza destaca os tópicos abordados em itens do grupo A. Legenda de conteúdos: 1 – Moléculas, células e tecidos; 2 – Hereditariedade e diversidade da vida; 3 – Identidade dos seres vivos; 4 – Ecologia e ciências ambientais; 5 – Origem e evolução da vida; 6 - Qualidade de vida das populações humanas.

A partir da mesma divisão dos tópicos, usando o valor da média de acertos em Biologia no período analisado como linha de corte, foi observada a distribuição dos tópicos de maior e menor dificuldade dentro de cada conteúdo (Figura 6).

Tais resultados apontaram que os piores desempenhos dos participantes analisados foram registrados para o conteúdo 1, uma vez que 90,91% dos tópicos presentes nos itens de Biologia referentes ao conteúdo 1-Moléculas, células e tecidos se encontram dentro do grupo de maior dificuldade. Na sequência, quanto ao percentual de tópicos inclusos no grupo de maior dificuldade, estão os conteúdos 5-Origem e evolução da vida (75%), 2-Hereditariedade e diversidade da vida (66,67%), 3-Identidade dos seres vivos (57,14%), 4-Ecologia e ciências ambientais (42,86%) e 6-Qualidade de vida das populações (20%). Nesse sentido, destacamos que apenas os conteúdos 4 e 6 apresentam a maior parte de seus tópicos classificados dentro do grupo de menor dificuldade.

De acordo com esses números, entre os tópicos de 4-Ecologia e ciências ambientais e 1-Moléculas, células e tecidos, há uma diferença de 48,05% na dificuldade encontrada. Dessa maneira, reforçando a ideia de que o perfil diferenciado da prova do ano de 2015, pode ser responsável pelo pior desempenho dos participantes nos itens de Biologia desse exame (ver novamente tabelas 2 e 4).

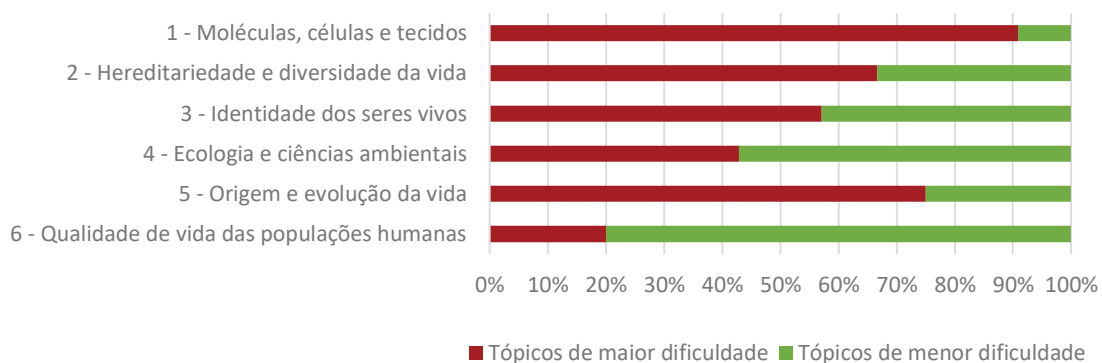


Figura 6 - Conteúdos descritos na Matriz de referência Enem para Biologia e a distribuição de seus tópicos quanto ao nível de dificuldade, de acordo com o desempenho dos participantes do Enem em itens de Biologia das provas regulares do período de 2012 a 2016.

Quanto a estrutura e conteúdo, os itens do grupo A foram analisados detalhadamente segundo os critérios previamente apresentados para a Análise II.

Uma vez que os itens do Enem passam por diferentes etapas de verificação, conferência e testagem (INEP, 2018b), aspectos previamente elencados – tais como falta de qualidade nas figuras e quantidade de informações incompatível com o tempo de prova – não foram associados a nenhum item, sendo omitidos do Quadro 2. No entanto, quando comparadas as médias das frequências relativas de acerto para o grupo de itens com uma determinada característica e o grupo de itens sem essa mesma característica, outros aspectos puderam ser identificados.

De acordo com os resultados da análise II (Quadro 2), tanto nos itens de pior desempenho, quanto nos itens de melhor desempenho, o texto-base é em maior frequência do tipo verbal (77,27%). Apesar do uso de figuras ser pouco frequente nos itens da amostra (22,73%), observa-se que este recurso visual pode estar associado a melhores índices de acerto, uma vez que o percentual médio da frequência relativa de acertos para itens com texto-base exclusivamente verbal é de 25,11%, enquanto para itens com imagens, gráficos e tabelas é de 41,49%.

Embora seja de grande importância utilizar a linguagem científica formal nos itens de Ciências da Natureza, algumas vezes, o uso de termos menos frequentes no cotidiano ou até nos materiais escolares – em detrimento de seus sinônimos mais usuais – pode dificultar a compreensão do texto-base e do enunciado da questão. Por outro lado, o uso de termos genéricos para definir situações para as quais há um termo científico específico, pode não contribuir para a clareza do enunciado, distratores e gabarito. Nos itens em que esses problemas foram detectados, a média da frequência relativa de acertos foi 0,1885, enquanto para os itens em que não houve esse fator a média foi de 0,3105.

Ao contrário do que se esperava, itens cujo texto viabilizava o uso de senso comum, continham conceitos errados ou mal utilizados ou, ainda, apresentavam o problema por meio de contextualizações que não estavam relacionadas com enunciado e gabarito ou não necessariamente contribuíam para a resolução do item não tiveram menores índices de acerto do que aqueles em que esses aspectos não foram identificados.

Por outro lado, o excesso de informações e o uso excessivo de exemplos, vírgulas, apostos e termos biológicos, pode ter provocado uma pequena diminuição na média de acertos dos itens. Uma vez que nos itens com informações desnecessárias a média da frequência relativa de acertos foi de 0,2823 e nos itens sem esses excessos a média foi de 0,2906.

Outro aspecto importante é a utilização de textos-base que versam sobre temas que podem não ser familiares para o aluno por ter sido pouco ou nada explorados durante a Educação Básica. Nota-se que dentre os seis itens de menor desempenho dos participantes, em cinco casos podemos observar esse fator. Nesses casos, foram utilizadas contextualizações abordando o microquimerismo e a possibilidade de troca de células entre o feto e a mãe, a fórmula cariotípica e os diferentes tipos de mutações cromossômicas, os processos de diferenciação celular e regulação da expressão gênica, além do processo de especiação.

Quadro 2 - Análise dos itens do grupo A quanto a sua estrutura, conteúdo e aspectos a melhorar.

ITEM	ITENS DE PIOR DESEMPENHO											ITENS DE MELHOR DESEMPENHO										
	2015 54	2015 87	2013 88	2015 56	2015 66	2012 65	2014 73	2012 62	2014 79	2016 90	2014 74	2012 48	2012 75	2015 74	2016 83	2013 62	2012 85	2015 72	2013 60	2014 53	2014 69	2013 70
ACERTOS	0,1220	0,1264	0,1359	0,1532	0,1572	0,1840	0,1884	0,2057	0,2128	0,2342	0,2524	0,2731	0,2888	0,2940	0,3097	0,3260	0,3628	0,3894	0,4180	0,4630	0,4865	0,7600
Texto-base																						
Verbal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Não-verbal									X		X					X					X	X
Aspectos a melhorar na elaboração dos itens																						
Linguagem	P			P				X				P										
Uso de conteúdos não explorados no EM	P	P		P	P	P																
Forma de apresentação do problema														X	P		X					
Margem para uso do senso comum																						X
Excesso de informações	X					X								X	P	P	X					
Conceitos errados ou mal utilizados								X						X								
Resposta evidente																						X
Similaridade entre alternativas												X										
Fatores que podem contribuir para a escolha do distrator																						
Não compreensão de conceitos básicos	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Não dominar a linguagem científica		X	X	X	X	X			X		X	X		X	X	X		X				
Falta de conhecimento em conteúdo específico	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		X	X	X	X					
Maior familiaridade com as palavras do distrator		X				X	X			X						X	X					
Termos similares no distrator e no texto-base ou enunciado	X					X	X					X	X									
Uso do senso comum	X										X		X							X		
Dificuldade de raciocínio lógico									X		X								X	X		X
Dificuldade de interpretação	X						X				X		X		X							X
Distratores confusos					X			X										X				
CONTEÚDO ABORDADO EM CADA TÓPICO DO ITEM	1/2/3	1	1/2	2/5	2	1/3	1/1/3	1/2/4/5	2	1/3/5	2	1/1	5	1/1/1	1/2	1/1/2	2/3/3/3	2/2	2/2/4	5	1	1/2

X. Característica observada no item em questão. P. Característica observada parcialmente no item em questão (Apêndice IV). Conteúdos: 1 – Moléculas, células e tecidos; 2 – Hereditariedade e diversidade da vida; 3 – Identidade dos seres vivos; 4 – Ecologia e ciências ambientais; 5 – Origem e evolução da vida; 6 - Qualidade de vida das populações humanas.

Apesar de ser difícil mensurar quais os assuntos menos abordados nos colégios brasileiros, é importante chamar a atenção para essa discussão. Principalmente, considerando que as contextualizações têm o objetivo de problematizar e facilitar o reconhecimento de conteúdos estudados e não dificultar a compreensão do item e a verificação das competências e habilidades do estudante.

Visto que o Enem tem por objetivo avaliar os alunos concluintes do Ensino Médio, é necessário que o aluno domine os conhecimentos, competências e habilidades previstos para esse segmento da Educação Básica para obter um bom desempenho nesse exame. Dessa maneira, a falta de conhecimento sobre o conteúdo e seus conceitos básicos, bem como a incapacidade de reconhecer termos próprios da linguagem científica, são aspectos naturalmente relacionados com o erro das questões. Sendo assim, dentre os itens do grupo A, 81,82% dependiam da compreensão de conceitos básicos da Biologia para serem acertados, 59,09% da familiaridade com a linguagem científica e 72,73% de conhecimentos em conteúdos específicos.

Com o levantamento desses dados notou-se que apenas o item 2013-70 (Figura 7) não dependia de nenhum desses conhecimentos, ou seja, conhecimentos referentes a conteúdos específicos, à linguagem científica ou a compreensão de conceitos básicos. Acredita-se que este seja um fator de extrema relevância no alto índice de acertos nesse item (0,7600). Uma vez que, lendo com atenção os dados fornecidos no texto-base e utilizando sua capacidade de interpretação e raciocínio lógico, bem como conhecimentos superficiais sobre DNA e paternidade que já permeiam a sociedade, o participante do Enem poderia escolher a alternativa correta com certa facilidade. Principalmente, pelo fato dos distratores não estarem bem elaborados e quatro bandas de DNA estarem presentes apenas em um casal – deixando o gabarito em evidência.

A escolha de itens com tais características para um exame de larga escala como o Enem não é a ideal, uma vez que não avalia os conhecimentos, competências e habilidades do participante com eficiência. Além de influenciar nos dados estatísticos referentes à prova e, possivelmente, atrapalhar a interpretação desses dados. No caso específico de 2013, a média da frequência relativa de acertos do grupo A destoa significativamente dos demais anos, apresentando-se mais alta por interferência dos dados desse item. Caso esta média fosse calculada sem a questão 70, o valor encontrado cairia para 0,2933 – indo de encontro com a tendência em ser mais baixa do que aquela encontrada para Biologia de modo geral.

QUESTÃO 70

Cinco casais alegavam ser os pais de um bebê. A confirmação da paternidade foi obtida pelo exame de DNA. O resultado do teste está esquematizado na figura, em que cada casal apresenta um padrão com duas bandas de DNA (faixas, uma para o suposto pai e outra para a suposta mãe), comparadas à do bebê.

Bebê	1		2		3		4		5	
	Pai	Mãe	Pai	Mãe	Pai	Mãe	Pai	Mãe	Pai	Mãe

Que casal pode ser considerado como pais biológicos do bebê?

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4
- E 5

Figura 7 - Item 70 do caderno azul, da prova regular do Enem, aplicada no ano de 2013 (extraído de MEC, 2019).

Analisando principalmente os distratores e procurando estabelecer um raciocínio para a escolha dessas alternativas, foi possível perceber que outros fatores podem estar relacionados com o mau desempenho em determinados itens. Alguns desses aspectos estão relacionados diretamente com o estudante e sua capacidade de interpretação, raciocínio lógico e discernimento do conhecimento científico com o senso comum. Enquanto outros estão ligados à estrutura e ao conteúdo das questões, ou seja, podendo ser corrigidos e evitados durante o processo de elaboração dos itens. Nesse caso, podemos citar a utilização de palavras similares entre distratores e texto base ou enunciado, o uso de palavras mais familiares ao aluno em determinadas alternativas e a escrita confusa e pouco objetiva dos distratores (Figura 8).

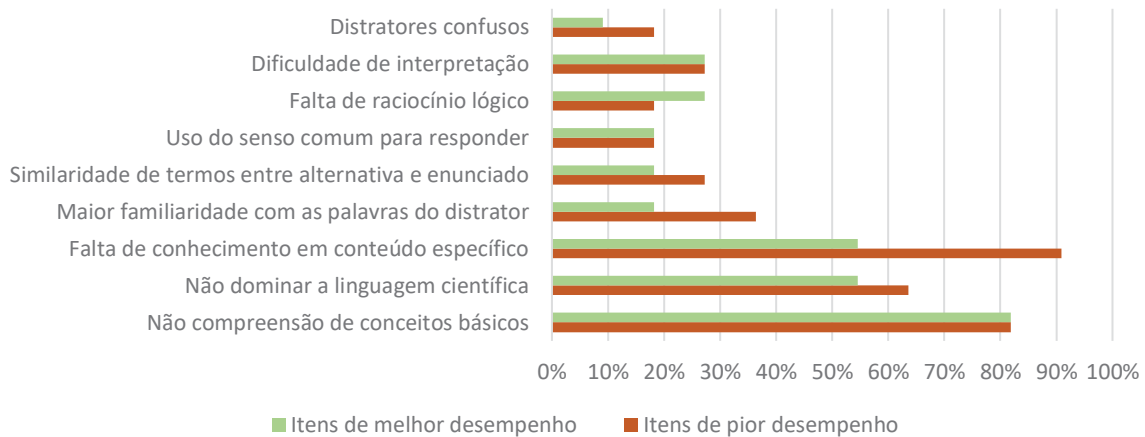


Figura 8 - Frequências dos fatores que podem contribuir para o erro nos itens de melhor e pior desempenho do grupo A.

A diferença de quantidade de conteúdos cobrados por item dentro os itens de pior desempenho e melhor desempenho é outro aspecto que nos chama a atenção. Quando considerados apenas aqueles itens que se referem a mais de um tópico por vez, o grupo de pior desempenho apresenta uma média de 2,57 conteúdos por item. Enquanto no grupo de melhor desempenho essa média é de 1,62. Devendo ser realçado o fato que – dentre os itens de pior desempenho – chegam a ser abordados até quatro conteúdos por questão. Enquanto naqueles de melhor desempenho são, no máximo, cobrados dois conteúdos por item.

Durante a resolução de itens, os participantes do Enem entram em contato com conceitos específicos da Biologia, devendo reconhecer, interpretar e realizar associações corretas entre esses e as alternativas da questão.

Os conceitos biológicos oriundos da Genética e da Biologia Evolutiva, bem como os termos e expressões comuns à área utilizados no texto-base, enunciado, gabarito e distratores dos itens do grupo A, foram compilados durante a análise dos itens e estão disponíveis no Apêndice V para uso em estudos posteriores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados encontrados neste trabalho corroboram a existência de dificuldade dos estudantes brasileiros nas áreas de Genética e Biologia Evolutiva, além de apontar um pior desempenho dos participantes em itens de Biologia que versam sobre os conteúdos que mais concentram tópicos relacionados com essas áreas da Ciência (“Moléculas, células e tecidos”, “Origem e evolução da vida”, “Hereditariedade e diversidade da vida” e “Identidade dos seres vivos”, nessa respectiva ordem).

Os fatores com maior associação ao baixo desempenho dos participantes são: a não compreensão de conceitos básicos, a falta de conhecimento de conteúdos específicos e a dificuldade em dominar a linguagem científica. Ainda podem ser associados ao erro na escolha da alternativa que responde ao enunciado, aspectos como: o uso do senso comum, dificuldades de interpretação e falta de raciocínio lógico.

No entanto, nem todos os erros se devem apenas às capacidades do participante. Nesse estudo foram identificados, também, problemas referentes à construção das questões. Dessa forma, de acordo com as análises realizadas, é importante que sejam levados em consideração alguns pormenores para que os conhecimentos, habilidades e competências dos estudantes sejam corretamente avaliados.

Durante o processo de elaboração de itens, o autor deverá atentar-se ao uso de contextualizações e conteúdos explorados na Educação Básica e dar preferência para uma escrita objetiva, com utilização da linguagem científica sem excessos ou abstrações. Evitando dar margem para o uso do senso comum e construindo alternativas equilibradas em quantidade e qualidade de informações. Além disso, procurar não utilizar palavras similares àquelas do texto-base e enunciado no gabarito ou em algum distrator específico e, assim, favorecer a escolha de tal alternativa.

Em síntese, ao demonstrar o pior desempenho em itens de Genética e Biologia Evolutiva, bem como posicionar os tópicos e conteúdos relacionados a essas áreas num grupo de maior dificuldade para os estudantes brasileiros, esse estudo evidencia a importância de uma reestruturação no processo de ensino-aprendizagem de tais conteúdos, a fim de propiciar a aprendizagem significativa e a formação de cidadãos com habilidades e competências que os permitam aplicar esses conhecimentos e posicionar-se diante temas de grande importância para a saúde, agricultura, convívio social e o meio ambiente.

Por ser um conteúdo relevante para a vida do indivíduo, noções de Genética e Biologia Evolutiva deveriam ser incluídas o quanto antes no currículo escolar. Embora esta proposta seja polêmica e desafiadora, assim como afirmava Jerome Bruner, acreditamos que “qualquer assunto pode ser ensinado com eficiência, de alguma forma intelectualmente honesta, a qualquer criança, em qualquer estágio de desenvolvimento” (Bruner, 1973, p.31).

Com o advento da BNCC e a reestruturação do currículo nas escolas, este é o momento propício para tal feito, uma vez que as habilidades da BNCC² permitem a inserção de conceitos relacionados à Genética e à Biologia Evolutiva nas atividades escolares durante o Ensino Fundamental, dentro do componente de Ciências.

Assim, conceitos básicos (hereditariedade, DNA, célula, seleção natural, fenótipo, ancestralidade, parentesco e outros) poderiam ser trabalhados de forma gradativa, por meio de um currículo em espiral, que respeite a fase de desenvolvimento dos estudantes e possibilite diferentes abordagens e retomadas. De tal forma, propiciando o aprofundamento dos temas a cada ano, bem como o uso dos conhecimentos prévios como pontos de ancoragem para uma aprendizagem significativa dos conceitos estruturantes dessas áreas da Biologia.

Na fase final do Ensino Fundamental, os alunos já estariam familiarizados com os conceitos, da mesma forma que atualmente é feito com a Ecologia, que de acordo com os resultados desse trabalho, apresenta um processo de ensino-aprendizagem mais eficiente. Assim, seriam capazes de realizar os primeiros processos cognitivos da Taxonomia de Bloom Revisada (Krauthohl, 2002), ou seja, lembrar e entender conceitos básicos.

Com isso, ao entrar no Ensino Médio estariam aptos a desenvolver categorias mais complexas dessa estrutura hierárquica, tornando-se adolescentes capazes de aplicar e analisar tais conceitos e dominar de maneira mais aprofundada conteúdos da Genética e da Biologia Evolutiva. Especialmente aqueles que o permitam compreender a sociedade contemporânea, que possibilitem análises e comportamentos adequados em questões relacionadas à saúde e ao meio ambiente, bem como julgar notícias e posicionar-se diante temas polêmicos relacionados à biotecnologia e à preservação da biodiversidade. De tal maneira, o estudante brasileiro sairia do Ensino Básico com a autonomia, os conhecimentos, competências e habilidades desejados.

Essa proposta coaduna-se tanto com os resultados obtidos nesse trabalho que apontam para a necessidade da melhor compreensão de conceitos básicos, da linguagem científica e de conteúdos específicos para a alfabetização científica, quanto com as dificuldades descritas por docentes e discentes

² Dentre as habilidades da BNCC, listadas para Ciências no Ensino Fundamental, algumas se relacionam de maneira bastante direta e clara com a Genética e a Biologia Evolutiva (EF01CI04, EF02CI04, EF02CI06, EF03CI04, EF03CI06, EF06CI05, EF08CI07, EF09CI08, EF09CI09, EF09CI10, EF09CI11) e outras de maneira mais sutil (EF04CI04, EF04CI08, EF05CI13, EF07CI06, EF09CI12...). A lista completa das habilidades específicas de Ciências encontra-se disponível em <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 22jun.2020.

para o processo de ensino-aprendizagem de Genética e Biologia Evolutiva. Uma vez sendo buscados os diversos processos cognitivos da Taxonomia de Bloom Revisada, durante toda a Educação Básica, e minimizado o ensino descontextualizado e focado apenas na memorização de conteúdos, aumenta-se a chance de uma aprendizagem significativa e uma melhor aplicação dos conhecimentos científicos em situações cotidianas do estudante. Além disso, explorando mais e retomando diversas vezes conceitos básicos e conceitos estruturantes das Ciências e da Biologia, devem ser minimizadas as concepções errôneas e a defasagem, antes relatada, na formação dos concluintes do Ensino Médio. Assim pode haver impactos positivos também no interesse dos estudantes e no ensino-aprendizagem durante a graduação – permitindo a formação de docentes mais bem preparados e satisfeitos com seu entendimento da evolução biológica e de conteúdos relevantes da Genética.

Espera-se que os resultados desse trabalho possam contribuir para reflexões acerca do currículo escolar de Ciências e Biologia, do processo de ensino-aprendizagem da Genética e da Biologia Evolutiva, bem como para o processo de elaboração de itens avaliativos utilizados em exames de larga escala. Acreditamos que repensar a ordem dos conteúdos, a forma de abordagem, as metodologias de ensino e as problematizações utilizadas em sala de aula seja essencial para promover a aprendizagem significativa da Genética e da Biologia Evolutiva. Dessa forma, reforçamos a necessidade de novas investigações e propostas de ensino referentes a esses conteúdos e habilidades relacionadas, bem como a disponibilização desses resultados às instituições de ensino de todo o país.

REFERÊNCIAS

- Almeida, E.R., & Chaves, A.C.L.C. (2014). O ensino de Biologia Evolutiva: as dificuldades de abordagem sobre evolução no Ensino Médio em escolas públicas do estado de Rondônia. IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia. Ponta Grossa, PR/Brasil. Recuperado de: <http://www.sinect.com.br/anais2014/anais2014/artigos/ensino-de-biologia/01408135602.pdf>
- Alvarez, M. (2010). O contributo da genética para a evolução do pensamento evolutivo. *Antropologia Portuguesa*, 2009/2010 (26/27), 121-135. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10316/21457>
- Bruner, J. S. (1973). *O Processo da Educação*. 3ª ed. São Paulo: Companhia Nacional.
- Cid, M., & Neto, A. J. (2005). Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética. *Enseñanza de las ciencias*. Número extra. VII Congreso. Recuperado de: https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp270difapr.pdf
- FTD. (2017). *FTD sistema de ensino: todo Enem*. 1.ed. São Paulo/SP: FTD.
- Gattás, G. J. F., Segre, M., & Wünsch Filho, V. (2002). Genética, biologia molecular e ética: as relações trabalho e saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, 7(1), 159-167. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232002000100014>
- INEP. (2009). *Matriz de Referência ENEM*. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Recuperado de: http://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf
- INEP. (2012). *Entenda a sua Nota no ENEM: guia do participante*. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Recuperado de: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/guia_participante/2013/guia_do_participante_notas.pdf
- INEP. (2018a). *Portal do Inep – Notícias: Primeira aplicação do Enem completa 20 anos nesta quinta-feira, 30 de agosto*. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Recuperado de: http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/primeira-aplicacao-do-enem-completa-20-anos-nesta-quinta-feira-30-de-agosto/21206
- INEP. (2018b). *Operação Enem – Todas as etapas do maior exame do Brasil*. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Recuperado de: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2017/operacao_enem.pdf

- INEP. (2019a). Portal do Inep: Enem. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Recuperado de: <http://portal.inep.gov.br/enem>
- INEP. (2019b). Edital nº 14, de 21 de março de 2019. Exame nacional do ensino médio - Enem 2019. Diário Oficial da União. nº 57, segunda-feira, 25 de março de 2019. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Recuperado de: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/edital/2019/edital_enem_2019.pdf
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: an overview. *Theory in Practice*, 41 (4), 212-218. doi: https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_2
- La Luna, A. (2014). Importância do Ensino e Aprendizagem de Genética para o Mundo Atual. *Revista de Educação*, 17 (23), 44-53. Recuperado de: <https://revista.pgskroton.com/index.php/educ/article/view/3080>
- MEC. (2000). Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. 58p. Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio). Brasília: Secretária da Educação Básica. Recuperado de: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>
- MEC. (2002). Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. PCN+ Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Recuperado de: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>
- MEC. (2006). Orientações curriculares para o ensino médio, vol. 2: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Secretaria de Educação Básica. Recuperado de: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf
- MEC. (2010). Guia de elaboração e revisão de itens. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Recuperado de: http://darnassus.if.ufrj.br/~marta/enem/docs_enem/guia_elaboracao_revisao_itens_2012.pdf
- MEC. (2011). Teoria de resposta ao item avalia habilidade e minimiza o "chute" de candidatos. Brasília: Ministério da Educação. Recuperado de: <http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/389-ensino-medio-2092297298/17319-teoria-de-resposta-ao-item-avalia-habilidade-e-minimiza-o-chute>
- MEC. (2013). Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica. Brasília: Secretaria de Educação Básica. Recuperado de: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15548-d-c-n-educacao-basica-nova-pdf&category_slug=abril-2014-pdf&Itemid=30192
- MEC. (2017a). Base Nacional Comum Curricular. Brasília: Ministério da Educação. Recuperado de http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf
- MEC. (2017b). Resolução CNE/CP Nº 2, de 22 de dezembro de 2017. Brasília: Conselho Nacional de Educação/ Conselho Pleno. Recuperado de: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=79631-rcp002-17-pdf&category_slug=dezembro-2017-pdf&Itemid=30192
- MEC. (2019). Provas e Gabaritos. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Recuperado de: <http://portal.inep.gov.br/web/guest/provas-e-gabaritos>
- Moreira, M. A. (2011). Teorias de aprendizagem. 2 ed. São Paulo: EPU.
- Nobre, S. B., Lopes, L. A., & Farias, M. E. (2018). Ensino de Biologia Evolutiva (BIO-EVO): concepções de professores pós-graduandos em Ensino de Ciências. *REnCiMa*, 9 (1), 88-102. doi: <https://doi.org/10.26843/rencima.v9i1.1376>

- Oleques, L. C., Bartholomei-Santos, M. L., & Boer, N. (2011). Evolução biológica: percepção de professores de biologia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), 243-263. Recuperado de: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen10/ART2_VOL10_N2.pdf
- Pedrancini, V. D., Corazza-Nunes, M. J., Moreira, A. L. O. R., & Ribeiro, A.C. (2007). Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 299-309. Recuperado de: http://reec.webs.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N2.pdf
- Pereira, H.M.R., Bizzo, N., & Marco, V. (2013). O ensino de evolução biológica no Ensino Médio brasileiro e a influência das crenças religiosas. IX Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. 2409-2414 . Recuperado de: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/307884/397852/>
- Santos Filho, R, Alle, L. F., & Leme, D. P. (2018). Diagnosticando dificuldades no processo de ensino-aprendizagem de genética nas escolas e universidades. V CONEDU: Congresso Nacional de Educação, 1. ISSN 2358-8829. Recuperado de: http://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV117_MD4_SA16_ID5406_09092018125827.pdf
- Temp, D. S., & Bartholomei-Santos, M. L. (2014). Genética e suas Aplicações: Identificando o Conhecimento Presente entre Concluintes do Ensino Médio. *Ciência e Natura*, 36 (3), 358-372. doi: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X13619>
- Tidon, R., & Vieira, E. (2009). O ensino da evolução biológica: um desafio para o século XXI. *ComCiência*, Campinas, n. 107. Recuperado de: http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542009000300008&lng=en&nrm=iso

APÊNDICE I

Organização dos objetos do conhecimento¹ associados à Biologia na Matriz de Referência do Enem.

Nº	CONTEÚDO	TÓPICOS
1	Moléculas, células e tecidos	Estrutura e fisiologia celular: membrana, citoplasma e núcleo. Divisão celular. Aspectos bioquímicos das estruturas celulares. Aspectos gerais do metabolismo celular. Metabolismo energético: fotossíntese e respiração. Codificação da informação genética. Síntese proteica. Diferenciação celular. Principais tecidos animais e vegetais. Origem e evolução das células. Noções sobre células-tronco, clonagem e tecnologia do DNA recombinante. Aplicações de biotecnologia na produção de alimentos, fármacos e componentes biológicos. Aplicações de tecnologias relacionadas ao DNA a investigações científicas, determinação da paternidade, investigação criminal e identificação de indivíduos. Aspectos éticos relacionados ao desenvolvimento biotecnológico. Biotecnologia e sustentabilidade.
2	Hereditariedade e diversidade da vida	Princípios básicos que regem a transmissão de características hereditárias. Concepções pré-mendelianas sobre a hereditariedade. Aspectos genéticos do funcionamento do corpo humano. Antígenos e anticorpos. Grupos sanguíneos, transplantes e doenças autoimunes. Neoplasias e a influência de fatores ambientais. Mutações gênicas e cromossômicas. Aconselhamento genético. Fundamentos genéticos da evolução. Aspectos genéticos da formação e manutenção da diversidade biológica.
3	Identidade dos seres vivos	Níveis de organização dos seres vivos. Vírus, procariontes e eucariontes. Autótrofos e heterótrofos. Seres unicelulares e pluricelulares. Sistemática e as grandes linhas da evolução dos seres vivos. Tipos de ciclo de vida. Evolução e padrões anatômicos e fisiológicos observados nos seres vivos. Funções vitais dos seres vivos e sua relação com a adaptação desses organismos a diferentes ambientes. Embriologia, anatomia e fisiologia humana. Evolução humana. Biotecnologia e sistemática.
4	Ecologia e ciências ambientais	Ecossistemas. Fatores bióticos e abióticos. Habitat e nicho ecológico. A comunidade biológica: teia alimentar, sucessão e comunidade clímax. Dinâmica de populações. Interações entre os seres vivos. Ciclos biogeoquímicos. Fluxo de energia no ecossistema. Biogeografia. Biomas brasileiros. Exploração e uso de recursos naturais. Problemas ambientais: mudanças climáticas, efeito estufa; desmatamento; erosão; poluição da água, do solo e do ar. Conservação e recuperação de ecossistemas. Conservação da biodiversidade. Tecnologias ambientais. Noções de saneamento básico. Noções de legislação ambiental: água, florestas, unidades de conservação; biodiversidade.
5	Origem e evolução da vida	A biologia como ciência: história, métodos, técnicas e experimentação. Hipóteses sobre a origem do Universo, da Terra e dos seres vivos. Teorias de evolução. Explicações pré-darwinistas para a modificação das espécies. A teoria evolutiva de Charles Darwin. Teoria sintética da evolução. Seleção artificial e seu impacto sobre ambientes naturais e sobre populações humanas.
6	Qualidade de vida das populações humanas	Aspectos biológicos da pobreza e do desenvolvimento humano. Indicadores sociais, ambientais e econômicos. Índice de desenvolvimento humano. Principais doenças que afetam a população brasileira: caracterização, prevenção e profilaxia. Noções de primeiros socorros. Doenças sexualmente transmissíveis. Aspectos sociais da biologia: uso indevido de drogas; gravidez na adolescência; obesidade. Violência e segurança pública. Exercícios físicos e vida saudável. Aspectos biológicos do desenvolvimento sustentável. Legislação e cidadania.

¹ Os objetos do conhecimento descritos para a prova de Ciências da Natureza podem ser encontrados, em sua íntegra, no anexo da Matriz de Referência do Exame Nacional do Ensino Médio que encontra-se disponível em: <http://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf>. Acesso: 19 mai.2020.

APÊNDICE II

Média de acerto e frequência de abordagem dos tópicos e conteúdos de conhecimento de Biologia, descritos no Anexo da Matriz de Referência do Enem, nos itens de Biologia das provas regulares aplicadas no período de 2012 a 2016.

CONTÉUDO	TÓPICO*	FREQ.	2012	2013	2014	2015	2016	MÉDIA DE ACERTO
1 - Moléculas, células e tecidos	Estrutura e fisiologia celular: membrana, citoplasma e núcleo.	4	-	73	73	48	56	0,2610
	Aspectos bioquímicos das estruturas celulares.	4	-	62	47/78	-	69	0,3010
	Metabolismo energético: fotossíntese e respiração.	4	-	59	-	69	56/62	0,2317
	Síntese proteica.	4	48/65	-	-	74	90	0,2463
	Noções sobre células-tronco, clonagem e tecnologia do DNA recombinante.	4	48	-	69/89	74	-	0,2986
	Aplicações de biotecnologia na produção de alimentos, fármacos e componentes biológicos.	3	62	62	-	74	-	0,2752
	Divisão celular.	2	-	-	-	54	83	0,2158
	Aspectos gerais do metabolismo celular.	2	-	73	-	48	-	0,2724
	Diferenciação celular.	2	-	-	89	87	-	0,1336
	Aplicações de tecnologias relacionadas ao DNA a investigações científicas, determinação da paternidade, investigação criminal e identificação de indivíduos.	2	-	70/88	-	-	-	0,4479
	Origem e evolução das células.	1	-	-	73	-	-	0,1884
2 - Hereditariedade e diversidade da vida	Princípios básicos que regem a transmissão de características hereditárias.	6	85	60/62/70/88	74	54	-	0,3396
	Antígenos e anticorpos.	5	-	50/78	85	72	79	0,4263
	Fundamentos genéticos da evolução.	2	-	60	-	56	-	0,2856
	Aspectos genéticos da formação e manutenção da diversidade biológica.	2	62	-	-	72	83	0,3016
	Grupos sanguíneos, transplantes e doenças autoimunes.	1	-	-	79	-	-	0,2128
	Mutações gênicas e cromossômicas.	1	-	-	-	66	-	0,1572
3 - Identidade dos seres vivos	Evolução e padrões anatômicos e fisiológicos observados nos seres vivos.	8	63/81/85	53	-	83	65/75/90	0,2846
	Funções vitais dos seres vivos e sua relação com a adaptação desses organismos a diferentes ambientes.	8	57/65/85	53	61	83	65/71	0,2782
	Embriologia, anatomia e fisiologia humana.	7	-	55/56	-	54	65/79/87	0,2858
	Vírus, procariontes e eucariontes.	3	-	50/78	73	-	-	0,2996
	Autótrofos e heterótrofos.	2	-	80	-	-	62	0,3290
	Seres unicelulares e pluricelulares.	2	63	-	78	-	-	0,3484
	Sistemática e as grandes linhas da evolução dos seres vivos.	1	85	-	-	-	-	0,3628
	Problemas ambientais: mudanças climáticas, efeito estufa; desmatamento; erosão; poluição da água, do solo e do ar.	9	51/81/87	67	71/78	47	48/80	0,3001
4 - Ecologia e ciências ambientais	A comunidade biológica: teia alimentar, sucessão e comunidade clímax.	7	-	80	78/81	61	62/73	0,3150
	Interações entre os seres vivos.	6	56	60/63/84	60	-	61	0,3499

	Ciclos biogeoquímicos.	6	59	63 71	61	62 69	0,2498
	Exploração e uso de recursos naturais.	4	46 71	49		48	0,3608
	Dinâmica de populações.	3	62	84		61	0,2718
	Fluxo de energia no ecossistema.	3	56 81	80			0,3507
	Biomassas brasileiros.	3	57	61		71	0,2682
	Conservação da biodiversidade.	3		63 84		73	0,3658
	Ecossistemas.	2	57		47		0,2505
	Conservação e recuperação de ecossistemas.	2	51			73	0,4014
	Tecnologias ambientais.	2	51			48	0,3277
	Habitat e nicho ecológico.	1	68				0,2836
	Noções de saneamento básico.	1	52				0,6543
5 - Origem e evolução da vida	Hipóteses sobre a origem do Universo, da Terra e dos seres vivos.	2	75			90	0,2615
	Teorias de evolução.	2	81	53			0,3713
	Teoria sintética da evolução.	1			56		0,1532
	Seleção artificial e seu impacto sobre ambientes naturais e sobre populações humanas.	1	62				0,2057
6 - Qualidade de vida das populações humanas	Principais doenças que afetam a população brasileira: caracterização, prevenção e profilaxia.	8	52 80 87	50 78		72 89 87	0,3979
	Aspectos biológicos do desenvolvimento sustentável.	2		67		48	0,3393
	Noções de primeiros socorros.	1				78	0,5506
	Aspectos sociais da biologia: uso indevido de drogas; gravidez na adolescência; obesidade.	1	80				0,6167
	Exercícios físicos e vida saudável.	1			47		0,2288

Todos os itens destacados em azul e negrito pertencem ao GRUPO A, abordando conteúdos relacionados à Genética e à Biologia Evolutiva. * 24 tópicos do componente de Biologia, descritos no Anexo da Matriz de referência do Enem, não foram identificados nos 74 itens de Biologia analisados nas provas da amostra, não sendo mencionados nessa tabela.

APÊNDICE III

Itens das provas regulares do ENEM (2012-2016) que pertencem ao grupo A desse trabalho.

2012

QUESTÃO 48

O milho transgênico é produzido a partir da manipulação do milho original, com a transferência, para este, de um gene de interesse retirado de outro organismo de espécie diferente.

A característica de interesse será manifestada em decorrência

- A do incremento do DNA a partir da duplicação do gene transferido.
- B da transcrição do RNA transportador a partir do gene transferido.
- C da expressão de proteínas sintetizadas a partir do DNA não hibridizado.
- D da síntese de carboidratos a partir da ativação do DNA do milho original.
- E da tradução do RNA mensageiro sintetizado a partir do DNA recombinante.**

QUESTÃO 62

Não é de hoje que o homem cria, artificialmente, variedades de peixes por meio da hibridação. Esta é uma técnica muito usada pelos cientistas e pelos piscicultores porque os híbridos resultantes, em geral, apresentam maior valor comercial do que a média de ambas as espécies parentais, além de reduzir a sobrepesca no ambiente natural.

Terra da Gente, ano 4, n. 47, mar. 2008 (adaptado).

Sem controle, esses animais podem invadir rios e lagos naturais, se reproduzir e

- A originar uma nova espécie poliploide.
- C substituir geneticamente a espécie natural.**
- B ocupar o primeiro nível trófico no habitat aquático.
- D impedir a interação biológica entre as espécies parentais.
- E produzir descendentes com o código genético modificado.

QUESTÃO 65

Os vegetais biossintetizam determinadas substâncias (por exemplo, alcaloides e flavonoides), cuja estrutura química e concentração variam num mesmo organismo em diferentes épocas do ano e estágios de desenvolvimento. Muitas dessas substâncias são produzidas para a adaptação do organismo às variações ambientais (radiação UV, temperatura, parasitas, herbívoros, estímulo a polinizadores etc.) ou fisiológicas (crescimento, envelhecimento etc.).

As variações qualitativa e quantitativa na produção dessas substâncias durante um ano são possíveis porque o material genético do indivíduo

- A sofre constantes recombinações para adaptar-se.
- B muda ao longo do ano e em diferentes fases da vida.
- C cria novos genes para biossíntese de substâncias específicas.
- D altera a sequência de bases nitrogenadas para criar novas substâncias.
- E possui genes transcritos diferentemente de acordo com cada necessidade.**

QUESTÃO 75

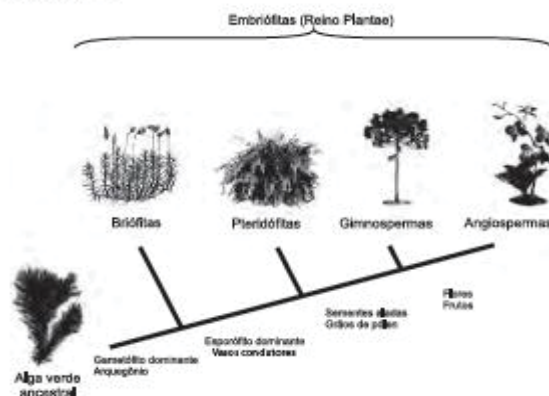
Em certos locais, larvas de moscas, criadas em arroz cozido, são utilizadas como iscas para pesca. Alguns criadores, no entanto, acreditam que essas larvas surgem espontaneamente do arroz cozido, tal como preconizado pela teoria da geração espontânea.

Essa teoria começou a ser refutada pelos cientistas ainda no século XVII, a partir dos estudos de Redi e Pasteur, que mostraram experimentalmente que

- A seres vivos podem ser criados em laboratório.
- B a vida se originou no planeta a partir de microrganismos.
- C o ser vivo é oriundo da reprodução de outro ser vivo pré-existente.**
- D seres vermiformes e microrganismos são evolutivamente aparentados.
- E vermes e microrganismos são gerados pela matéria existente nos cadáveres e nos caldos nutritivos, respectivamente.

QUESTÃO 85

A imagem representa o processo de evolução das plantas e algumas de suas estruturas. Para o sucesso desse processo, a partir de um ancestral simples, os diferentes grupos vegetais desenvolveram estruturas adaptativas que lhes permitiram sobreviver em diferentes ambientes.



Disponível em: <http://biopiktutsj.blogspot.com>. Acesso em: 29 fev. 2012 (adaptado).

Qual das estruturas adaptativas apresentadas contribuiu para uma maior diversidade genética?

- A As sementes aladas, que favorecem a dispersão aérea.
- B Os arquegônios, que protegem o embrião multicelular.
- C Os grãos de pólen, que garantem a polinização cruzada.**
- D Os frutos, que promovem uma maior eficiência reprodutiva.
- E Os vasos condutores, que possibilitam o transporte da seiva bruta.

2013

QUESTÃO 60

As fêmeas de algumas espécies de aranhas, escorpiões e de outros invertebrados predam os machos após a cópula e inseminação. Como exemplo, fêmeas canibais do inseto conhecido como louva-a-deus, *Tenodera aridifolia*, possuem até 63% da sua dieta composta por machos parceiros. Para as fêmeas, o canibalismo sexual pode assegurar a obtenção de nutrientes importantes na reprodução. Com esse incremento na dieta, elas geralmente produzem maior quantidade de ovos.

BORGES, J. C. Jogo mortal. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em: 1 mar. 2012 (adaptado).

Apesar de ser um comportamento aparentemente desvantajoso para os machos, o canibalismo sexual evoluiu nesses táxons animais porque

- A promove a maior ocupação de diferentes nichos ecológicos pela espécie.
- B favorece o sucesso reprodutivo individual de ambos os parentais.
- C impossibilita a transmissão de genes do macho para a prole.
- D impede a sobrevivência e reprodução futura do macho.
- E reduz a variabilidade genética da população.

QUESTÃO 62

A estratégia de obtenção de plantas transgênicas pela inserção de transgenes em cloroplastos, em substituição à metodologia clássica de inserção do transgene no núcleo da célula hospedeira, resultou no aumento quantitativo da produção de proteínas recombinantes com diversas finalidades biotecnológicas. O mesmo tipo de estratégia poderia ser utilizada para produzir proteínas recombinantes em células de organismos eucarióticos não fotossintetizantes, como as leveduras, que são usadas para produção comercial de várias proteínas recombinantes e que podem ser cultivadas em grandes fermentadores.

Considerando a estratégia metodológica descrita, qual organela celular poderia ser utilizada para inserção de transgenes em leveduras?

- A Lisossomo.
- B Mitocôndria.
- C Peroxissomo.
- D Complexo golgiense.
- E Reticulo endoplasmático.

QUESTÃO 70

Cinco casais alegavam ser os pais de um bebê. A confirmação da paternidade foi obtida pelo exame de DNA. O resultado do teste está esquematizado na figura, em que cada casal apresenta um padrão com duas bandas de DNA (faixas, uma para o suposto pai e outra para a suposta mãe), comparadas à do bebê.

Bebê	1		2		3		4		5	
	Pai	Mãe	Pai	Mãe	Pai	Mãe	Pai	Mãe	Pai	Mãe

Que casal pode ser considerado como pais biológicos do bebê?

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4
- E 5

QUESTÃO 88

Para a identificação de um rapaz vítima de acidente, fragmentos de tecidos foram retirados e submetidos à extração de DNA nuclear, para comparação com o DNA disponível dos possíveis familiares (pai, avô materno, avó materna, filho e filha). Como o teste com o DNA nuclear não foi conclusivo, os peritos optaram por usar também DNA mitocondrial, para dirimir dúvidas.

Para identificar o corpo, os peritos devem verificar se há homologia entre o DNA mitocondrial do rapaz e o DNA mitocondrial do(a)

- A pai.
- B filho.
- C filha.
- D avó materna.
- E avô materno.

2014

QUESTÃO 53

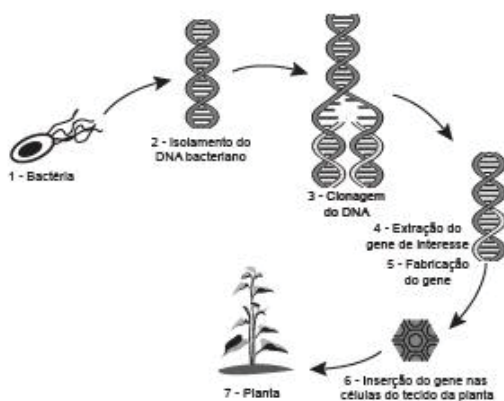
Embora seja um conceito fundamental para a biologia, o termo “evolução” pode adquirir significados diferentes no senso comum. A ideia de que a espécie humana é o ápice do processo evolutivo é amplamente difundida, mas não é compartilhada por muitos cientistas.

Para esses cientistas, a compreensão do processo citado baseia-se na ideia de que os seres vivos, ao longo do tempo, passam por

- A) modificação de características.
- B) incremento no tamanho corporal.
- C) complexificação de seus sistemas.
- D) melhoria de processos e estruturas.
- E) especialização para uma determinada finalidade.

QUESTÃO 69

Em um laboratório de genética experimental, observou-se que determinada bactéria continha um gene que conferia resistência a pragas específicas de plantas. Em vista disso, os pesquisadores procederam de acordo com a figura.



Disponível em: <http://ciencia.hsw.uoi.com.br>. Acesso em: 22 nov. 2013 (adaptado).

Do ponto de vista biotecnológico, como a planta representada na figura é classificada?

- A) Clone.
- B) Híbrida.
- C) Mutante.
- D) Adaptada.
- E) Transgênica.

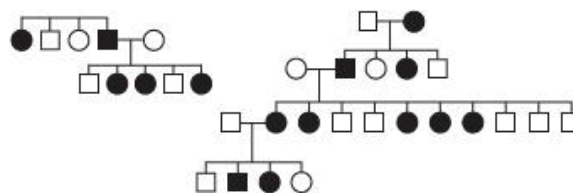
QUESTÃO 73

Segundo a teoria evolutiva mais aceita hoje, as mitocôndrias, organelas celulares responsáveis pela produção de ATP em células eucariotas, assim como os cloroplastos, teriam sido originados de procariontes ancestrais que foram incorporados por células mais complexas.

Uma característica da mitocôndria que sustenta essa teoria é a

- A) capacidade de produzir moléculas de ATP.
- B) presença de parede celular semelhante à de procariontes.
- C) presença de membranas envolvendo e separando a matriz mitocondrial do citoplasma.
- D) capacidade de autoduplicação dada por DNA circular próprio semelhante ao bacteriano.
- E) presença de um sistema enzimático eficiente às reações químicas do metabolismo aeróbio.

QUESTÃO 74



No heredograma, os símbolos preenchidos representam pessoas portadoras de um tipo raro de doença genética. Os homens são representados pelos quadrados e as mulheres, pelos círculos.

Qual é o padrão de herança observado para essa doença?

- A) Dominante autossômico, pois a doença aparece em ambos os sexos.
- B) Recessivo ligado ao sexo, pois não ocorre a transmissão do pai para os filhos.
- C) Recessivo ligado ao Y, pois a doença é transmitida dos pais heterozigotos para os filhos.
- D) Dominante ligado ao sexo, pois todas as filhas de homens afetados também apresentam a doença.
- E) Codominante autossômico, pois a doença é herdada pelos filhos de ambos os sexos, tanto do pai quanto da mãe.

QUESTÃO 79

Em um hospital havia cinco lotes de bolsas de sangue, rotulados com os códigos I, II, III, IV e V. Cada lote continha apenas um tipo sanguíneo não identificado. Uma funcionária do hospital resolveu fazer a identificação utilizando dois tipos de soro, anti-A e anti-B. Os resultados obtidos estão descritos no quadro.

Código dos lotes	Volume de sangue (L)	Soro anti-A	Soro anti-B
I	22	Não aglutinou	Aglutinou
II	25	Aglutinou	Não aglutinou
III	30	Aglutinou	Aglutinou
IV	15	Não aglutinou	Não aglutinou
V	33	Não aglutinou	Aglutinou

Quantos litros de sangue eram do grupo sanguíneo do tipo A?

- A) 15
- B) 25
- C) 30
- D) 33
- E) 55

2015

QUESTÃO 54 ◇◇◇◇◇

Um importante princípio da biologia, relacionado à transmissão de caracteres e à embriogênese humana, foi quebrado com a descoberta do microquimerismo fetal. Microquimerismo é o nome dado ao fenômeno biológico referente a uma pequena população de células ou DNA presente em um indivíduo, mas derivada de um organismo geneticamente distinto. Investigando-se a presença do cromossomo Y, foi revelado que diversos tecidos de mulheres continham células masculinas. A análise do histórico médico revelou uma correlação extremamente curiosa: apenas as mulheres que antes tiveram filhos homens apresentaram microquimerismo masculino. Essa correlação levou à interpretação de que existe uma troca natural entre células do feto e maternas durante a gravidez.

MUOTRI, A. *Você não é só você*: carregamos células maternas na maioria de nossos órgãos. Disponível em: <http://g1.globo.com>. Acesso em: 4 dez. 2012 (adaptado).

O princípio contestado com essa descoberta, relacionado ao desenvolvimento do corpo humano, é o de que

- A o fenótipo das nossas células pode mudar por influência do meio ambiente.
- B a dominância genética determina a expressão de alguns genes.
- C as mutações genéticas introduzem variabilidade no genoma.
- D as mitocôndrias e o seu DNA provêm do gameta materno.
- E as nossas células corporais provêm de um único zigoto.

◇◇◇◇◇

QUESTÃO 56 ◇◇◇◇◇

Algumas raças de cães domésticos não conseguem copular entre si devido à grande diferença em seus tamanhos corporais. Ainda assim, tal dificuldade reprodutiva não ocasiona a formação de novas espécies (especiação).

Essa especiação não ocorre devido ao(à)

- A oscilação genética das raças.
- B convergência adaptativa das raças.
- C isolamento geográfico entre as raças.
- D seleção natural que ocorre entre as raças.
- E manutenção do fluxo gênico entre as raças.

◇◇◇◇◇

QUESTÃO 66 ◇◇◇◇◇

A cariotipagem é um método que analisa células de um indivíduo para determinar seu padrão cromossômico. Essa técnica consiste na montagem fotográfica, em sequência, dos pares de cromossomos e permite identificar um indivíduo normal (46, XX ou 46, XY) ou com alguma alteração cromossômica. A investigação do cariótipo de uma criança do sexo masculino com alterações morfológicas e comprometimento cognitivo verificou que ela apresentava fórmula cariotípica 47, XY, +18.

A alteração cromossômica da criança pode ser classificada como

- A estrutural, do tipo deleção.
- B numérica, do tipo euploidia.
- C numérica, do tipo poliploidia.
- D estrutural, do tipo duplicação.
- E numérica, do tipo aneuploidia.

QUESTÃO 72 ◇◇◇◇◇

Tanto a febre amarela quanto a dengue são doenças causadas por vírus do grupo dos arbovírus, pertencentes ao gênero *Flavivirus*, existindo quatro sorotipos para o vírus causador da dengue. A transmissão de ambas acontece por meio da picada de mosquitos, como o *Aedes aegypti*. Entretanto, embora compartilhem essas características, hoje somente existe vacina, no Brasil, para a febre amarela e nenhuma vacina efetiva para a dengue.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Fundação Nacional de Saúde. **Dengue**: Instruções para pessoal de combate ao vetor. Manual de Normas Técnicas. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br>. Acesso em: 7 ago. 2012 (adaptado).

Esse fato pode ser atribuído à

- A maior taxa de mutação do vírus da febre amarela do que do vírus da dengue.
- B alta variabilidade antigênica do vírus da dengue em relação ao vírus da febre amarela.
- C menor adaptação do vírus da dengue à população humana do que do vírus da febre amarela.
- D presença de dois tipos de ácidos nucleicos no vírus da dengue e somente um tipo no vírus da febre amarela.
- E baixa capacidade de indução da resposta imunológica pelo vírus da dengue em relação ao da febre amarela.

QUESTÃO 74 ◇◇◇◇◇

A palavra "biotecnologia" surgiu no século XX, quando o cientista Herbert Boyer introduziu a informação responsável pela fabricação da insulina humana em uma bactéria, para que ela passasse a produzir a substância.

Disponível em: www.brasil.gov.br. Acesso em: 28 jul. 2012 (adaptado).

As bactérias modificadas por Herbert Boyer passaram a produzir insulina humana porque receberam

- A a sequência de DNA codificante de insulina humana.
- B a proteína sintetizada por células humanas.
- C um RNA recombinante de insulina humana.
- D o RNA mensageiro de insulina humana.
- E um cromossomo da espécie humana.

◇◇◇◇◇

QUESTÃO 87 ◇◇◇◇◇

O formato das células de organismos pluricelulares é extremamente variado. Existem células discoides, como é o caso das hemácias, as que lembram uma estrela, como os neurônios, e ainda algumas alongadas, como as musculares.

Em um mesmo organismo, a diferenciação dessas células ocorre por

- A produzirem mutações específicas.
- B possuírem DNA mitocondrial diferentes.
- C apresentarem conjunto de genes distintos.
- D expressarem porções distintas do genoma.
- E terem um número distinto de cromossomos.

◇◇◇◇◇

2016

QUESTÃO 83

O Brasil possui um grande número de espécies distintas entre animais, vegetais e microrganismos envolvidos em uma imensa complexidade e distribuídas em uma grande variedade de ecossistemas.

SANDES, A. R. R.; BLASI, G. *Biodiversidade e diversidade química e genética*. Disponível em: <http://novastecnologias.com.br>. Acesso em: 22 set. 2015 (adaptado).

O incremento da variabilidade ocorre em razão da permuta genética, a qual propicia a troca de segmentos entre cromátides não irmãs na meiose.

Essa troca de segmentos é determinante na

- A produção de indivíduos mais férteis.
- B transmissão de novas características adquiridas.
- C recombinação genética na formação dos gametas.
- D ocorrência de mutações somáticas nos descendentes.
- E variação do número de cromossomos característico da espécie.

QUESTÃO 90

Apesar da grande diversidade biológica, a hipótese de que a vida na Terra tenha tido uma única origem comum é aceita pela comunidade científica. Uma evidência que apoia essa hipótese é a observação de processos biológicos comuns a todos os seres vivos atualmente existentes.

Um exemplo de tal processo é o(a)

- A desenvolvimento embrionário.
- B reprodução sexuada.
- C respiração aeróbica.
- D excreção urinária.
- E síntese proteica.

MEC. (2019). Provas e Gabaritos. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Recuperado de: <http://portal.inep.gov.br/web/guest/provas-e-gabaritos>

APÊNDICE IV

Legenda detalhada, referente ao Quadro 2, para critérios que foram observados parcialmente em itens do grupo A, durante análise estrutural e de conteúdo (Análise II).

CAMPO	CRITÉRIO	LEGENDA
Aspectos a melhorar na elaboração de itens	Linguagem	X: falta de informações ou uso de termos ambíguos que não deixam claro o que o enunciado, distrator mais assinalado ou gabarito propõe.
		P: uso de palavras da língua portuguesa menos frequentes no cotidiano ou de termos científicos menos comuns em materiais didáticos em detrimento de seus sinônimos. Fator que, para aqueles estudantes de menor vocabulário, pode ser um obstáculo na compreensão do enunciado, do gabarito e dos distratores.
	Uso de conteúdos não explorados no Ensino Médio	X: Esta legenda não foi aplicada para esse critério, uma vez que não há um levantamento de quais conteúdos são de fato trabalhados no ensino médio.
		P: Uso de conteúdos comuns à graduação – que podem não ter sido estudados durante os segmentos da Educação básica – como contextualização ou ainda no enunciado, distrator ou gabarito, podendo interferir na compreensão e resolução da questão.
	Forma de apresentação do problema	X: Contextualizações desnecessárias, que não contribuem ou não estão relacionadas com enunciado e gabarito, e que podem atrapalhar a interpretação do item e do que o enunciado pede.
		P: Contextualização com informações importantes e relacionadas ao gabarito, porém não abordada de maneira pertinente e clara.
	Excesso de informações	X: Excesso de informações, vírgulas, exemplos e termos biológicos que não são essenciais para a compreensão do item e, além de tornar a questão longa, podem atrapalhar o entendimento do texto-base e enunciado, interferindo na resolução do item.
		P: Informações complementares, pertinentes à temática, porém que poderiam ser eliminadas do item sem fazer falta.

APÊNDICE V

Conceitos biológicos oriundos da Genética e da Biologia Evolutiva, bem como os termos e expressões comuns à área utilizados no texto-base, enunciado, gabarito e distratores dos itens do grupo A.

ITENS DE PIOR DESEMPENHO			ITENS DE MELHOR DESEMPENHO	
TEXTO-BASE, ENUNCIADO E GABARITO	DISTRATORES MAIS ESCOLHIDOS QUE O GABARITO	DISTRATORES MENOS ESCOLHIDOS QUE O GABARITO	TEXTO-BASE, ENUNCIADO E GABARITO	DISTRATORES MENOS ESCOLHIDOS
adaptação	adaptação*	deleção	ancestral	abiogênese*
aglutinação*	alteração estrutural	dominante	bactérias modificadas	adaptação
alteração cromossômica	alteração numérica	heterozigoto	bandas de DNA	ativação do DNA
alteração numérica	autossômico	interação biológica	biogênese*	características adquiridas
aneuploidia	código genético	isolamento geográfico	biotecnologia	cariótipo*
autoduplicação	codominante	poliploide	característica	clone
cariotipagem	convergência adaptativa	recessivo ligado ao sexo	clonagem de DNA	cromossomo
cromossomo Y	cromossomos	recessivo ligado ao Y	cromátides não irmãs	DNA
diferenciação de células	DNA mitocondrial*	sequência de bases nitrogenadas	diversidade genética	DNA não hibridizado
diversidade	descendentes		DNA bacteriano	duplicação
DNA	dominância genética		DNA codificante	eficiência reprodutiva
DNA circular	duplicação		DNA mitocondrial	expressão de proteínas
DNA mitocondrial	euploidia		DNA recombinante	gene
DNA nuclear	expressão de genes		espécies	híbrida
doença genética	gameta materno		estrutura adaptativa	mutações
dominante ligado ao sexo	genes		evolução	mutante
especiação	genoma		gene	prole
espécies parentais	herdada		geração espontânea	proteína sintetizada
fórmula cariotípica	oscilação genética		meiose	RNA mensageiro
genes	poliploidia		modificação	RNA recombinante
genes transcritos	recombinação		país biológicos	RNA transportador
heredograma	reprodução sexuada		parentais	síntese de carboidratos
hibridação	seleção natural		paternidade	somáticas
híbridos	variabilidade		permuta gênica	transcrição
homologia	mutações		polinização cruzada	transmissão de genes
material genético			processo de evolução	variabilidade genética
microquimerismo			proteína recombinante	
padrão cromossômico			recombinação genética	
padrão de herança			RNA mensageiro	
pares de cromossomos			sucesso reprodutivo	
raças			tradução	
reprodução*			transgene	
síntese proteica			variabilidade	
substituir geneticamente			táxons	
teoria evolutiva			transgênico	
tipo sanguíneo				
variações ambientais				
transmissão de caracteres				

Quadro 1 - Conceitos, termos e expressões presentes nos itens do Grupo A, das provas regulares do ENEM (2012-2016).

* Tais termos não estão transcritos aqui exatamente como constavam nos itens, pois os mesmos estavam conjugados ou descritos de forma que se tornariam incompreensíveis fora do contexto, sendo adaptados para transmitir a ideia desejada.

5.2 ARTIGO 2

Intitulado “Currículo Acorador Diversificado: uma proposta voltada para o letramento científico e o ensino-aprendizagem de Genética e Biologia Evolutiva desde os anos iniciais do Ensino Fundamental”, o manuscrito do segundo artigo foi submetido e está em processo de análise até o presente momento.

CURRÍCULO ANCORADOR DIVERSIFICADO: UMA PROPOSTA VOLTADA PARA O LETRAMENTO CIENTÍFICO E O ENSINO-APRENDIZAGEM DE GENÉTICA E BIOLOGIA EVOLUTIVA DESDE OS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL.

Resumo:

A Genética e a Biologia Evolutiva são áreas de extrema importância para o letramento científico da sociedade. Para favorecer a aprendizagem significativa dessas temáticas e subsidiar a prática docente durante a implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), embasado em pesquisa documental qualitativa, o presente artigo apresenta uma proposta curricular que integra, desde os anos iniciais do Ensino Fundamental, os objetos do conhecimento da Genética e da Biologia Evolutiva com as habilidades específicas da BNCC. Os objetivos de aprendizagem para cada objeto do conhecimento, em cada etapa da Educação Básica, foram definidos com base na Taxonomia de Bloom Revisada, enquanto as relações entre os objetos do conhecimento e as habilidades específicas foram definidas a partir da análise documental da BNCC. Ademais, foram elaboradas cinquenta sugestões de atividades que exemplificam e contribuem para a efetivação dessa proposta e do trabalho voltado ao desenvolvimento de competências e habilidades nas escolas brasileiras, bem como permitem a estudantes com diferentes espectros intelectuais construir e manifestar suas aprendizagens. Os propósitos e fundamentos teóricos do Currículo Ancorador Diversificado, apresentado e defendido nesse artigo, foram evidenciados de modo a permitir que suas ideias sejam extrapoladas para outras temáticas e, assim, possam contribuir para novas pesquisas e propostas educacionais.

Palavras-chave: BNCC; currículo em espiral; taxonomia de Bloom; inteligências múltiplas; aprendizagem significativa.

DIVERSIFIED ANCHOR CURRICULUM: A PROPOSAL FOCUSED ON SCIENTIFIC LITERACY AND THE TEACHING-LEARNING OF GENETICS AND EVOLUTIONARY BIOLOGY SINCE THE EARLY YEARS OF BRAZIL'S ELEMENTARY SCHOOL.

Abstract:

Genetics and Evolutionary Biology are very important for the scientific literacy of society. To promote their meaningful learning and subsidizing teaching practice during the implementation of the National Common Curricular Base (BNCC), based on qualitative documentary research, this article presents a curricular proposal that integrates - since the early years of Elementary School - their knowledge objects with the specific skills of BNCC. The learning objectives for each knowledge object, in each stage of Basic Education, were defined based on the Revised Bloom Taxonomy and the relationships between the objects of knowledge and specific skills were defined based on the documental analysis of the BNCC. Furthermore, fifty suggestions for activities were also elaborated that exemplify this proposal and contribute to the effective development of competencies and skills in Brazilian schools, as well as allowing students with different intellectual spectrums to build and manifest their learning. The purposes and theoretical foundations of the Diversified Anchor Curriculum, presented and defended in this article, were highlighted in order to allow its ideas to be extrapolated to other themes and, thus, to contribute to new research and educational proposals.

Keywords: National Common Curricular Base in Brazil; spiral curriculum; Bloom's taxonomy; multiple intelligences; meaningful learning.

Introdução

A Genética e a Biologia Evolutiva são áreas da Biologia de grande importância para a compreensão de temas recorrentes na sociedade e o letramento científico da população. Apesar disso, pesquisas realizadas com discentes e docentes brasileiros apontam diversas dificuldades em seu processo de ensino-aprendizagem. Para melhor subsidiar a formação dos estudantes, esses estudos indicam a necessidade de mudanças no currículo da Educação Básica, na formação de professores e no planejamento escolar, visando – principalmente – a adoção de estratégias didáticas e metodologias de ensino mais coerentes com os anseios e necessidades dos estudantes contemporâneos (ALMEIDA; CHAVES, 2014; CESTARO; KLEINKE; FURTADO-ALLE, 2020; OLEQUES; BARTHOLOMEI-SANTOS; BOER, 2011; SANTOS FILHO, FURTADO-ALLE; LEME, 2018; TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2014; TIDON; VIEIRA, 2009).

Por sua vez, documentos como as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2012) e a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018) destacam a importância do protagonismo estudantil e propõem que sejam colocados em prática currículos e atividades escolares que propiciem o desenvolvimento de competências e habilidades, de modo a contribuir para a formação integral dos cidadãos brasileiros durante a Educação Básica.

Aliar os conhecimentos oriundos das pesquisas e estudos de caso às recomendações do Ministério da Educação e às teorias da aprendizagem é essencial para fundamentar propostas de aperfeiçoamento do ensino-aprendizagem. Pois, os desdobramentos dessas ideias podem estimular tanto as reflexões a respeito do modo como determinadas temáticas se inserem no currículo escolar brasileiro, quanto permitir a reavaliação das metodologias e estratégias de ensino adotadas nas escolas do país. Desse modo, contribuindo para que se efetive na prática aquilo que é proposto na teoria.

No caso da Genética e da Biologia Evolutiva, Cestaro, Kleinke e Furtado-Alle (2020) propõem que conceitos básicos sejam trabalhados desde os anos iniciais do Ensino Fundamental, de modo semelhante ao que é feito em Ecologia – área em que tais pesquisadores observaram melhores desempenhos dos participantes no Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Desse modo, os estudantes teriam a oportunidade de construir

gradativamente seus conhecimentos acerca dessas temáticas, utilizando tais conceitos como pontos de ancoragem para aprendizagens significativas em Genética e Biologia Evolutiva.

Embora o desenvolvimento gradativo do conhecimento nessas áreas desde os anos iniciais do Ensino Fundamental possa parecer desafiador, segundo Bruner (1969, p.60) “toda ideia, problema ou conjunto de conhecimentos pode ser suficientemente simplificada para ser entendida por qualquer estudante”. No entanto, devido às diferentes idades e aos diversos perfis de estudantes, devem variar a forma de representação, a economia e a potência efetiva do conteúdo para que o indivíduo tenha domínio de um determinado assunto (BRUNER, 1969).

Assim, são possíveis três formas de representação distintas: a representação icônica, a representação simbólica e a representação ativa. Essas representações ocorrem, respectivamente, por meio de imagens resumidas ou gráficos capazes de representar conceitos; proposições lógicas ou simbólicas; conjuntos de ações apropriadas para a obtenção dos resultados pretendidos. Quanto à economia, são possíveis diferentes graus de resumo, de acordo com a quantidade de informação a ser processada para permitir a compreensão necessária. E, por último, a potência efetiva se refere à forma de representação e à estruturação dos conhecimentos em si, principalmente, no que diz respeito à capacidade que essa estruturação tem de permitir ao estudante relacionar assuntos aparentemente distintos (BRUNER, 1969).

Bruner (1969) defende a elaboração de currículos em espiral, ou seja, currículos que proporcionem ao aprendiz a oportunidade de revisar tópicos, em diferentes profundidades, de modo coerente com seu nível de desenvolvimento, ao longo de sua vida escolar. Essa estratégia pedagógica permite que os indivíduos estudem objetos de conhecimento mediante diferentes abordagens e perspectivas, uma vez que esses são abordados por professores distintos, em momentos e contextos diversos, de forma cada vez mais aprofundada, por meio de uma espiral crescente quanto à complexidade do objeto de conhecimento e à maestria desenvolvida pelo estudante.

Ao compreender a necessidade de conhecimentos prévios e da organização das aprendizagens na estrutura cognitiva dos estudantes para o desenvolvimento de processos cognitivos mais complexos, o currículo em espiral coaduna-se com duas outras teorias relevantes para o ensino-aprendizagem: a Teoria da Assimilação, proposta por David Ausubel em 1963, e a Taxonomia de Bloom, revisada por Anderson e Krathwohl em 2001.

Por outro lado, ao recomendar a revisão de conceitos e conteúdos ao longo da vida escolar por meio de diferentes abordagens e contextualizações, concorda com os desdobramentos da Teoria das Inteligências Múltiplas, de Howard Gardner, para a educação.

Para Ausubel (2000), aquilo que o indivíduo já sabe atua como fator determinante para a aprendizagem do estudante. Isso porque os subsunçores – conceitos, ideias e proposições já existentes na estrutura cognitiva do educando – atuam como ancoradouro para novas informações. Assim, durante o processo de aprendizagem significativa, uma informação nova se relaciona de maneira não arbitrária a um subsunçor, permitindo que novas ideias, conceitos e proposições sejam aprendidos “a medida em que outras ideias, conceitos e proposições relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo” (MOREIRA, 1999, p. 11).

Durante esse processo de interação entre os subsunçores e o novo material a ser aprendido, não apenas uma nova informação é assimilada e incorporada à estrutura cognitiva do indivíduo, mas também ocorre uma modificação dos subsunçores iniciais, no sentido de promover a diferenciação, o crescimento e a elaboração destes, tornando-os ainda mais inclusivos e capazes de promover a ancoragem de mais conhecimentos correlatos (MOREIRA, 1999, 2019).

Segundo Moreira (2019), Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios: materiais introdutórios que atuam como ponte entre aquilo que o indivíduo já sabe e aquilo que deve saber, manipulando a estrutura cognitiva do estudante de forma a promover o desenvolvimento de conceitos subsunçores e favorecer a aprendizagem significativa subsequente.

No entanto, para que ocorra a aprendizagem significativa é necessário que o conteúdo a ser aprendido seja passível de compreensão e esteja arranjado de forma lógica, mas também que o estudante esteja disposto e propenso a aprender (MOREIRA, 1999). Essa disposição e propensão a aprender pode estar relacionada à motivação do estudante, mas também ao seu espectro particular de inteligências.

De acordo com Howard Gardner (1983, 1995, 1999), todo ser humano possui múltiplos tipos de inteligência: corporal-cinestésica, lógico-matemática, linguística, visual-espacial, musical, intrapessoal; interpessoal; naturalista e existencial. No entanto, a sociedade e, conseqüentemente, as escolas valorizam mais as inteligências linguística e lógico-matemática.

Uma vez que cada um desses tipos de inteligência pode ser mais ou menos desenvolvido em um indivíduo, para Gardner (1995) as escolas deveriam considerar os diferentes perfis de estudantes e reconhecer que nem todos terão os mesmos interesses ou aprenderão da mesma maneira. Desse modo, podem ser desenvolvidos planejamentos didático-pedagógicos que respeitem e valorizem as diferenças individuais dos estudantes, oferecendo oportunidades similares de construção do conhecimento e de manifestação das aprendizagens a todos os educandos, independentemente dos tipos de inteligência predominantes em cada um.

Segundo Bloom e seus colaboradores (1971, citado por Ferraz e Belhot, 2010), ainda que todos sejam capazes de aprender, as diferenças de aprendizagem dos estudantes podem ser percebidas em relação ao nível de profundidade e abstração de determinado conhecimento.

A Taxonomia de Bloom Revisada (ANDERSON; KRATHWOHL, 2001) defende que o domínio cognitivo dos seres humanos pode ser categorizado em seis níveis hierárquicos organizados em ordem crescente de complexidade e dependência: lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar (Figura 1).

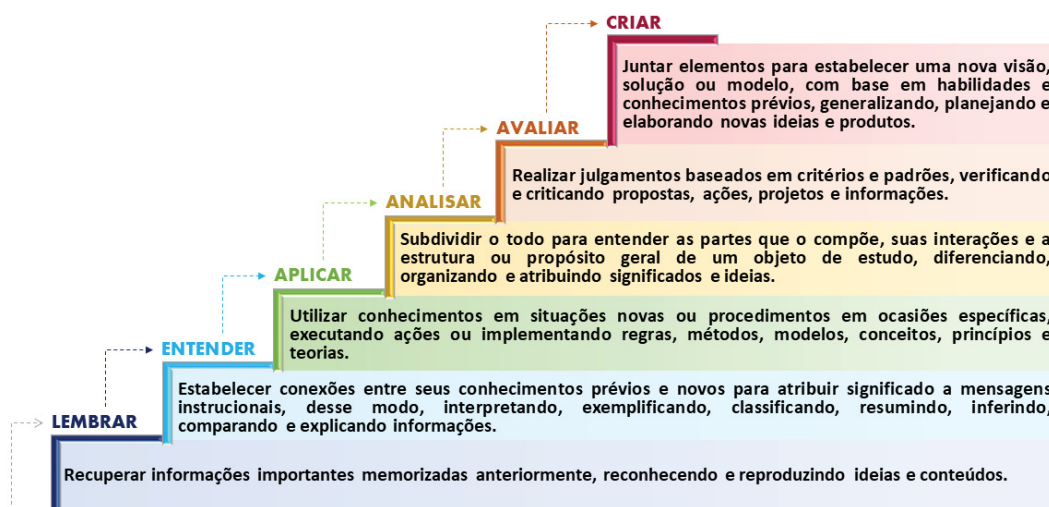


Figura 1: Níveis hierárquicos do domínio cognitivo da Taxonomia de Bloom Revisada e suas definições. Elaborada com base em Ferraz e Belhot (2010) e Krathwohl (2002).

De acordo com a ideia original, para adquirir uma nova capacidade é necessário que o estudante domine aquela do nível hierárquico anterior. No entanto, atualmente, percebe-se que em alguns casos é possível haver a interpolação entre categorias. Ainda que haja discussões a respeito dessa possibilidade, uma importante contribuição da Taxonomia de Bloom para a educação é permitir aos educadores a estruturação, organização e planejamento de currículos, disciplinas e cursos, por meio da definição de objetivos educacionais. Assim, auxiliando na escolha de estratégias e tecnologias educacionais adequadas, bem como na elaboração de atividades e avaliações escolares (FERRAZ; BELHOT, 2010).

Dito isso, com base na integração das ideias e teorias da aprendizagem expostas, esse artigo tem o objetivo de apresentar uma proposta educacional que transponha os limites teóricos e, por meio de sugestões de caráter prático, subsidie a elaboração dos currículos escolares e planejamentos didático-pedagógicos, de modo a favorecer a construção de conhecimentos – em especial aqueles da Genética e Biologia Evolutiva – por estudantes com diferentes tipos de inteligência predominantes, bem como contribuir para o letramento científico e o desenvolvimento de competências e habilidades previstas pela BNCC como aprendizagens essenciais a todos os estudantes brasileiros.

Metodologia

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), cuja versão final foi homologada no ano de 2018, é um documento normativo que elenca aprendizagens essenciais para todas as etapas da Educação Básica no Brasil e, assim, define competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos estudantes durante a Educação Infantil, o Ensino Fundamental e o Ensino Médio (BRASIL, 2018). Por meio de uma pesquisa documental qualitativa, foram analisadas as habilidades descritas na BNCC para o componente de Ciências do Ensino Fundamental – anos iniciais e anos finais – e as habilidades específicas descritas para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Ensino Médio. No decorrer dessa análise foram selecionadas as habilidades cujos desenvolvimentos poderiam ser favorecidos pelo estudo dos objetos de conhecimento oriundos da Genética e da Biologia Evolutiva.

Com base no estudo dos objetos de conhecimento descritos na Matriz de Referência do Exame Nacional do Ensino Médio (BRASIL, 2009) e no conhecimento empírico acumulado pela experiência em docência, foram elencados os objetos de conhecimento (conteúdos, conceitos e processos) cuja compreensão se faz essencial para a aprendizagem significativa dos conhecimentos dessas áreas da Biologia e, então, relacionados com as habilidades da BNCC pré-selecionadas.

A Taxonomia de Bloom Revisada (ANDERSON; KRATHWOHL, 2001) foi utilizada para estabelecer os objetivos de aprendizagem em Genética e Biologia Evolutiva para os Anos Iniciais do Ensino Fundamental, os Anos Finais do Ensino Fundamental e o Ensino Médio. Nesse caso, foi considerada a organização hierárquica dos processos cognitivos de acordo com o grau de complexidade, abstração e dependência entre as categorias do domínio cognitivo da Taxonomia de Bloom Revisada (Figura 1).

Posteriormente, foram estabelecidas as relações possíveis (habilidade x objeto do conhecimento x processo cognitivo) para cada ano do Ensino Fundamental e para o segmento do Ensino Médio como um todo. Para esta última etapa da Educação básica não foram estabelecidas relações possíveis para cada série, devido à flexibilidade curricular do Novo Ensino Médio e ao fato de não haver na BNCC a indicação de série ideal para o desenvolvimento das competências e habilidades específicas das Ciências da Natureza e suas tecnologias.

Além disso, foram sugeridas cinquenta atividades que – embora não precisem ser todas realizadas para que a proposta curricular em questão seja atendida – exemplificam a ideia apresentada neste artigo e orientam os leitores quanto à escolha de recursos, abordagens e estratégias didáticas com potencial para promover o desenvolvimento das habilidades elencadas e a aprendizagem significativa em Genética e Biologia Evolutiva.

As sugestões foram organizadas de modo a favorecer a construção e ancoragem dos conceitos básicos por meio de atividades que, de modo complementar, permitam contemplar todos os objetos de conhecimento elencados por meio de estratégias diversificadas que envolvam o máximo possível de tipos de inteligência ao longo das etapas da Educação Básica (Apêndice I).

Embora as sugestões de atividades tenham sido planejadas e selecionadas para oportunizar a potencialização das nove inteligências múltiplas propostas por Howard Gardner, foi dada ênfase àquelas inteligências que estão diretamente relacionadas aos recursos didáticos propostos nas estratégias de ensino sugeridas, sendo elas as inteligências corporal-cinestésica, linguística, lógico-matemática, musical e visual-espacial.

Dessa maneira, uma vez que há potencial para que as inteligências intrapessoal, interpessoal, naturalista e existencial sejam valorizadas e desenvolvidas na maioria das sugestões de atividades em questão, ficará a critério do leitor em exercício de docência incluir em seu planejamento didático-pedagógico contextualizações e abordagens que permitam que essas quatro inteligências sejam mais ou menos exploradas em cada atividade, de acordo com a pertinência e o momento da trajetória escolar dos estudantes. Ainda assim, foram discutidos os momentos mais oportunos para tal feito diante das sugestões elencadas.

Cada uma das cinquenta sugestões descritas nas figuras que compõem esse artigo foi elaborada para favorecer o processo cognitivo almejado para os objetos de conhecimento elencados conforme a etapa do desenvolvimento dos estudantes, bem como para compor um

arranjo de atividades que contribuam para o desenvolvimento das habilidades específicas da BNCC para Ciências da Natureza e Ciências da Natureza e suas Tecnologias, de modo a aliar recursos didáticos e metodologias diversas que favoreçam o protagonismo e a formação integral dos estudantes.

Para finalidades didáticas, todas as atividades sugeridas para o Ensino Fundamental e o Ensino Médio foram numeradas de modo contínuo e em ordem crescente, sendo identificadas pela letra S – remetendo ao termo sugestão – seguida da sua numeração correspondente. A ordenação de tais atividades foi determinada pelo código alfanumérico proposto para cada habilidade na BNCC³.

Resultados e Discussão

Os objetos de conhecimento contemplados nessa proposta vão desde conceitos básicos e suas definições até conteúdos abrangentes com diversas possibilidades de problematização e que podem ser utilizadas na contextualização de atividades, bem como detalhadas para o estudo de seus subtópicos.

Sendo assim, vale ressaltar que os objetos de conhecimento – sejam conceitos, processos ou conteúdos – não foram categorizados por sua abrangência, mas sim por seu potencial de significância para os estudantes de determinada faixa etária e etapa escolar. Ou seja, pela relevância desses objetos para os estudantes em um nível específico de desenvolvimento e pela possibilidade de contribuição para o desenvolvimento de habilidades previstas pela BNCC como aprendizagens essenciais para o Ensino Fundamental e o Ensino Médio.

Os objetos de conhecimento foram organizados em três grupos (I, II e III), com objetivos de aprendizagem distintos para diferentes períodos da Educação Básica (Figura 2). Dessa maneira, com a progressão dos anos escolares, aumenta-se a complexidade dos objetos de conhecimento e o nível hierárquico dos processos cognitivos almejados.

O grupo *objetos de conhecimento I* é composto por aqueles objetos que aqui chamaremos de básicos, pois serão introduzidos ainda no Ensino Fundamental - Anos Iniciais (EFAI) com

³ Todas as habilidades da BNCC cujos códigos alfanuméricos são mencionados nesse trabalho estão descritas na Base Nacional Comum Curricular, disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. É importante ressaltar que a composição dos códigos alfanuméricos para o Ensino Fundamental e para o Ensino Médio é explicada no mesmo documento.

o objetivo de atuar como subsunçores em aprendizagens subsequentes. O grupo *objetos de conhecimento II* é composto por objetos intermediários, que por sua complexidade e potencial de significância serão introduzidos nos primeiros anos do Ensino Fundamental – Anos Finais (EFAF), 6º e 7º anos, podendo favorecer a aprendizagem significativa de outras informações e temas a serem trabalhados posteriormente. E, por último, o grupo *objetos de conhecimento III* é composto por objetos de conhecimento de maior complexidade ou dependentes de uma maior quantidade de conceitos subsunçores para sua aprendizagem, por esse motivo sendo nomeados objetos avançados e apresentados apenas ao final do Ensino Fundamental (8º e 9º anos), quando estão previstas na BNCC habilidades especificamente relacionadas à Genética e à Biologia Evolutiva.

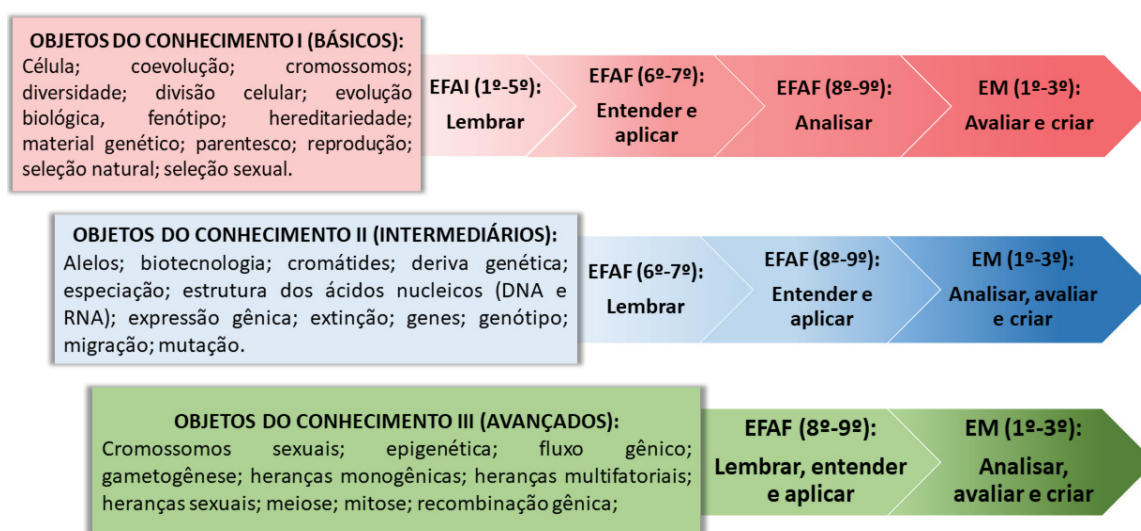


Figura 2. Organização dos objetos de conhecimento e os objetivos de aprendizagem definidos, conforme os processos cognitivos almejados, para cada grupo e etapa da Educação Básica. Legenda: EFAI – Ensino Fundamental Anos Iniciais; EFAF – Ensino Fundamental Anos Finais; EM – Ensino Médio.

Nessa proposta, sugere-se que cada um dos objetos do conhecimento seja introduzido em momento pertinente durante a etapa escolar correspondente ao seu grupo. Desse modo, inicialmente, espera-se que os estudantes se familiarizem com esses conceitos, processos e conteúdos a ponto de serem capazes de lembrá-los em momentos posteriores. Para que assim, na sequência, as novas abordagens e retomadas desses objetos possibilitem aos estudantes construir seus conhecimentos de modo a permitir o entendimento e a aplicação dos mesmos. Posteriormente, por meio das diversas revisões proporcionadas pelo currículo em espiral, os estudantes poderão alcançar um grau de maestria que os torne capazes de

realizar atividades e processos cognitivos de maior complexidade – analisando, avaliando e criando com base nos conhecimentos e habilidades desenvolvidas previamente.

Embora, em um primeiro momento, a introdução de alguns dos objetos de conhecimento, já nos anos iniciais do Ensino Fundamental, possa não parecer pertinente, reforçamos a importância da análise conjunta do objeto do conhecimento, do processo cognitivo e da habilidade a eles relacionada para reconhecer a intenção da proposta.

Ainda que não seja viável justificar detalhadamente a seleção e a categorização de todos os objetos de conhecimento, utilizaremos o conceito de “seleção sexual”, como exemplo. Afinal, este objeto do conhecimento insere-se no grupo I, a ser desenvolvido a partir do EFAI, e trabalhar este tema com estudantes que, provavelmente, ainda não compreendam o processo de reprodução sexuada ou de evolução biológica, pode chamar a atenção e até ser considerado inadequado se considerado de maneira isolada. No entanto, analisando a habilidade EF03CI04 “Identificar características sobre o modo de vida (o que comem, como se reproduzem, como se deslocam etc.) dos animais mais comuns no ambiente próximo” e o processo cognitivo *lembrar*, pode-se perceber que o que se propõe é que durante o EFAI os estudantes familiarizem-se com esse conceito básico, para que sejam capazes de trazer à consciência esse conhecimento quando necessário.

Ou seja, para alinhar-se à proposta, o docente pode incluir em seu planejamento didático-pedagógico pequenos momentos que permitam aos educandos estabelecer tal relação. Nesse caso, o professor poderia aproveitar uma atividade de campo e – de maneira consciente e planejada – problematizar o dimorfismo sexual a partir da observação de animais em visita ao zoológico, tais como o pavão e a pavoá ou o leão e a leoa, ou de espécies nativas em paisagens naturais. Assim, instigaria a curiosidade dos estudantes e permitiria à essas crianças reconhecer as justificativas biológicas para algo que promove o seu encantamento. Desse modo, contribuindo para a construção de conhecimentos que possibilitarão a ocorrência de processos cognitivos mais complexos em momentos futuros e atuarão na ancoragem de novas aprendizagens.

De acordo com essa proposta, o conceito *seleção sexual* poderia ser retomado em outros momentos e atividades ainda durante o EFAI, mas também deveria ser revisado durante o EFAF. Nessa ocasião, os estudantes já estariam em outro nível de desenvolvimento e estariam aptos a realizar processos cognitivos de maior complexidade como *entender* e *aplicar*. Assim, já familiarizados com o termo “seleção sexual” e agora com o objetivo de

compreender e dar significado a esse conteúdo, os estudantes poderiam trabalhar esse mesmo objeto do conhecimento de maneira relacionada a outras habilidades (ex.: EF08CI07, EF09CI10 e EF09CI11). Nesse caso, traduzindo-o para novas linguagens (oral, escrita, visual...) ou aplicando esse conhecimento em situações concretas e diferentes contextos, como por exemplo descrevendo a importância das estratégias reprodutivas para o sucesso reprodutivo do indivíduo e a existência da sua espécie.

No Ensino Médio, à luz de habilidades específicas das Ciências da Natureza e suas tecnologias (ex.: EM13CNT201, EM13CNT202, EM13CNT301, EM13CNT302 e EM13CNT303), a seleção sexual pode ser explorada de maneira ainda mais ampla para que o estudante seja capaz de *analisar, avaliar e criar*. Para tanto, o educando poderá realizar atividades que o permitam analisar os mecanismos da seleção sexual e relacioná-la com a seleção natural, a genética de populações, a evolução biológica e até conceitos básicos da genética molecular. Nesse momento, diferentes estratégias podem ser interessantes para o desenvolvimento dos diversos objetos do conhecimento relacionados. Dentre elas destacamos a leitura crítica de artigos científicos que abordam a possibilidade de seleção sexual em plantas (TOLEDO; BÍGIO; PAZ, 2020) e avaliar se estas são estratégias similares àquelas dos animais e a investigação de espécies, por meio de reportagens e documentários, para elaborar hipóteses ou modelos explicativos de sua evolução biológica. Assim, o estudante será capaz de se apropriar de processos científicos para desenvolver ideias novas e originais, bem como comunicar suas conclusões a partir de uma perspectiva coerente e embasada cientificamente.

De modo similar ao que se expõe para *seleção natural*, todos os demais objetos de conhecimento propostos podem ser trabalhados de maneira gradativa e contínua por meio de um currículo em espiral que oportunize ao estudante a revisão de conceitos, processos e conteúdos mediante diferentes contextualizações, formas de representação e em maior complexidade com o passar dos anos.

A essa ideia curricular em que os objetos do conhecimento fundamentais para a aprendizagem significativa de uma temática são selecionados de acordo com seu potencial de ancoragem e explorados, de maneira recursiva, por meio de estratégias e recursos didáticos diversos que valorizem as inteligências múltiplas e propiciem tanto a construção do conhecimento, quanto o desenvolvimento de habilidades – com base em objetivos de aprendizagem claros e condizentes com o perfil dos estudantes – favorecendo a realização

de processos cognitivos cada vez mais complexos, o aprofundamento dos conhecimentos e o letramento científico dos indivíduos chamamos de Currículo Ancorador Diversificado (Figura 3).

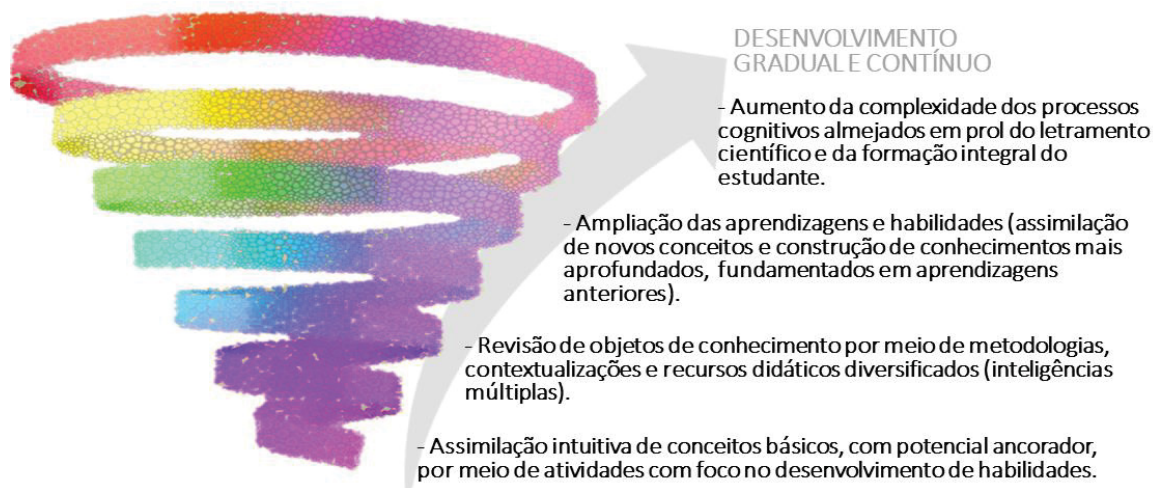


Figura 3. Representação esquemática do processo de construção do conhecimento e desenvolvimento de habilidades por meio do Currículo Ancorador Diversificado.

Para exemplificar como essa proposta curricular pode ser colocada em prática, de modo a contemplar os propósitos defendidos e contribuir para o ensino-aprendizagem em Genética e Biologia Evolutiva, foram elaboradas cinquenta sugestões de atividades que evidenciam quais objetos do conhecimento elencados podem ser associados à cada uma das habilidades em questão, bem como propõem recursos e estratégias didáticas diversificados que valorizam as inteligências múltiplas dos estudantes.

No entanto, é importante ressaltar que tais sugestões oferecem inúmeras possibilidades para atender a diferentes demandas e contextos educacionais e que, portanto, não precisam ser colocadas em prática de maneira exaustiva. Desse modo, aqueles que desejarem implementá-las nas escolas poderão optar por aquelas sugestões que melhor atendem aos objetivos de ensino-aprendizagem propostos nas instituições, bem como selecionar os objetos do conhecimento e tipos de inteligência que o docente – por meio de sua práxis – considerar mais pertinentes em cada caso.

Ainda, é possível adaptar tais sugestões, mesclá-las com outras atividades ou apenas utilizá-las como base para reflexões e elaboração de novas propostas de atividades com temáticas diversas.

As sugestões destinadas aos anos iniciais do Ensino Fundamental (Figura 4) contribuem para que os estudantes assimilem intuitivamente conceitos da Genética e da Biologia Evolutiva que compõem o grupo de objetos do conhecimento I (básicos) e se tornem capazes de lembrá-los posteriormente.

As sugestões destinadas ao 6º e ao 7º ano do Ensino Fundamental (Figura 5) apresentam atividades que permitem aos estudantes irem além em relação aos objetos do conhecimento I, tornando-se capazes de entendê-los e aplicá-los em novos contextos e situações. Por outro lado, essas atividades possibilitam a familiarização dos educandos com outros objetos do conhecimento – os intermediários – que nesse momento devem ser trabalhados de modo menos aprofundado, para que possibilitem ao estudante lembrá-los.

As sugestões elaboradas para o 8º e o 9º ano do Ensino Fundamental (Figura 6) permitem a apresentação dos objetos do conhecimento III (avançados) e, por estarem relacionadas a habilidades da BNCC que estão especificamente conexas à Genética e à Biologia Evolutiva, permitem a retomada e o maior aprofundamento dos estudantes em relação aos objetos do conhecimento básicos e intermediários. Desse modo, criam-se situações e estabelecem-se contextualizações que permitem aos educandos realizarem processos cognitivos mais avançados, como a aplicação de seus conhecimentos referentes a todos os objetos do conhecimento elencados nesse artigo.

Por sua vez, as sugestões destinadas ao Ensino Médio (Figura 7) contam com a assimilação prévia dos objetos do conhecimento e são compatíveis com os processos cognitivos de níveis hierárquicos superiores na Taxonomia de Bloom.

SUGESTÕES PARA O ENSINO FUNDAMENTAL ANOS INICIAIS (EFAI)	
1º EFAI	<p>S01 HC: EF01CI02. OCI: célula, material genético.  Observação de imagens e vídeos do corpo humano que destaquem algumas células do organismo por meio de ilustrações esquemáticas ou animações – com recursos narrativos ou musicais – que permitam a identificação dessas estruturas e mencionem a existência de material genético em seu interior.</p>
	<p>S02 HC: EF01CI04. OCI: diversidade; parentesco.  Identificação da diversidade humana por meio de contação de histórias e dinâmicas lúdicas interativas que incentivem a valorização e o respeito às diferenças étnicas.</p>
	<p>S03 HC: EF01CI04. OCI: diversidade; fenótipo; hereditariedade; parentesco.  Observação de fotos de famílias famosas na mídia para o reconhecimento de características hereditárias e a construção de noções de diversidade, fenótipo, hereditariedade e parentesco.</p>
2º EFAI	<p>S04 HC: EF02CI04. OCI: diversidade; evolução biológica; fenótipo; hereditariedade; reprodução; seleção natural.  Reconhecimento da diversidade biológica por meio da análise de diferenças morfológicas em espécies de plantas e animais observadas no ambiente escolar (horta, pátio etc.).</p>
	<p>S05 HC: EF02CI05. OCI: evolução biológica; hereditariedade; reprodução; seleção natural.  Cultivo de plantas em diferentes condições de luminosidade, hidratação e substratos para experimentação e construção do conceito de seleção natural e evolução biológica.</p>
	<p>S06 HC: EF02CI04, EF02CI06. OCI: coevolução; diversidade; evolução biológica; hereditariedade; reprodução; seleção natural.  Elaboração de murais com imagens de plantas e agentes polinizadores para evidenciar os processos de coevolução, reprodução e hereditariedade.</p>
	<p>S07 HC: EF02CI04, EF02CI06. OCI: diversidade; evolução biológica; hereditariedade; reprodução; seleção natural.  Atividade prática de dissecação de flores e hortaliças para a identificação e comparação das estruturas das plantas e o desenvolvimento dos conceitos de diversidade e reprodução.</p>
3º EFAI	<p>S08 HC: EF03CI04. OCI: diversidade; evolução biológica; fenótipo; material genético; reprodução; seleção natural.  Análise de músicas, imagens e histórias que descrevam espécies de plantas e animais em seu habitat natural, para a identificação de características adaptativas que as permitem sobreviver e se reproduzir em seu nicho ecológico.</p>
	<p>S09 HC: EF03CI05. OCI: diversidade; evolução biológica; fenótipo; reprodução; seleção natural.  Elaboração de modelos com materiais alternativos ou encenações artísticas que representem a metamorfose dos animais e a contribuição dessas modificações para o sucesso reprodutivo e a existência dessas espécies em diferentes ecossistemas.</p>
	<p>S10 HC: EF03CI06. OCI: diversidade; hereditariedade; material genético; parentesco; reprodução; seleção sexual.  Observação de animais em atividades de campo, seguida de atividades de classificação com base nas características externas dos animais, por meio de atividades que realcem a diversidade biológica e o parentesco entre as espécies, bem como a existência da hereditariedade e da seleção sexual.</p>
4º EFAI	<p>S11 HC: EF04CI04; EF04CI06. OCI: diversidade; evolução biológica; seleção natural.  Análise das relações ecológicas existentes entre os seres vivos (predatismo, parasitismo, competição...) por meio de documentários, músicas, artigos de revistas e animações, para o reconhecimento da morte enquanto processo natural e necessário para o ciclo dos elementos para a natureza, bem como da importância da diversidade e da competição para a seleção natural e a evolução biológica.</p>
	<p>S12 HC: EF04CI04; EF04CI06. OCI: diversidade; evolução biológica; fenótipo; hereditariedade; material genético; reprodução.  Construção de modelos didáticos ou ilustrações que representem cadeias ou teias alimentares, para reforçar a interação dos seres vivos entre si e com o meio ambiente, bem como as capacidades de cada espécie e suas relações com o material genético, o fenótipo dos indivíduos e a evolução biológica.</p>
5º EFAI	<p>S13 HC: EF05CI09. OCI: fenótipo; hereditariedade; material genético; parentesco; reprodução.  Análise de gráficos e elaboração de pequenos textos a respeito de distúrbios nutricionais em crianças e jovens, além de doenças de causas genéticas que interfiram nos hábitos alimentares dos indivíduos, para a construção do conhecimento acerca dos conceitos de hereditariedade, parentesco, material genético e fenótipo, bem como de hábitos alimentares saudáveis.</p>
	<p>S14 HC: EF05CI13. OCI: célula; cromossomos; divisão celular; material genético.  Observação de estruturas vegetais e animais com lupas de mão, bem como de fotomicrografias de células animais ou lâminas vegetais em microscopia óptica (ex. células de cebola, elodea, grãos de pólen etc.) para a identificação de estruturas celulares, a observação do material genético organizado em cromossomos e a organização da célula durante os eventos de divisão celular.</p>

Figura 4. Sugestões destinadas ao Ensino Fundamental Anos Iniciais. Legendas: [HC] habilidades contempladas, representadas aqui pelo código alfanumérico determinado no documento oficial da BNCC (BRASIL, 2018); [OCI] objetos de conhecimento I (básicos); [↑] inteligência corporal-cinestésica; [🧠] int. linguística; [🔍] int. lógico-matemática; [🎵] int. musical; [👁️] int. visual-espacial.

SUGESTÕES PARA O ENSINO FUNDAMENTAL ANOS FINAIS (EFAF)	
6º EFAF	<p>S15 HC: EF06CI04. OCI: célula, diversidade; material genético. OCII: biotecnologia; estrutura dos ácidos nucleicos (DNA e RNA); expressão gênica; genes; mutação.</p> <p>Mostra científica da biotecnologia: evento destinado a apresentação de materiais visuais que divulguem procedimentos científicos contemporâneos para a comunidade escolar, principalmente, destacando as tecnologias envolvidas no desenvolvimento de medicamentos, vacinas e outros produtos e processos que contribuem para a saúde e a qualidade de vida humana. Sugestão de temáticas: terapia gênica, insulina transgênica, transplantes de células-tronco, vacinas de DNA, alimentos transgênicos etc.</p>
	<p>S16 HC: EF06CI05. OCI: células; cromossomos; diversidade; hereditariedade; material genético. OCII: cromátides; estrutura dos ácidos nucleicos (DNA e RNA); genes.</p> <p>Construção de modelos tridimensionais de diferentes tipos de célula, utilizando ambientes virtuais, materiais recicláveis ou massa de modelar para evidenciar as estruturas celulares, suas interações e funções morfofisiológicas, bem como a estrutura dos cromossomos e das moléculas de DNA.</p>
	<p>S17 HC: EF06CI05. OCI: células; cromossomos; diversidade; divisão celular; hereditariedade; material genético; reprodução. OCII: alelos; cromátides; estrutura dos ácidos nucleicos (DNA e RNA); expressão gênica; genes; genótipo.</p> <p>Leitura, interpretação e produção de textos de diferentes gêneros (fábulas, contos, tirinhas, notícias, reportagens...), destinados à divulgação científica e a descrição dos papéis dos cromossomos e do material genético no organismo dos seres vivos.</p>
7º EFAF	<p>S18 HC: EF07CI06. OCI: todos*. OCII: todos*.</p> <p>Desenvolvimento de projetos ou atividades (construção de linha do tempo, dramatizações, jogos, produções textuais, experimentação etc.) que permitam o reconhecimento da importância de tecnologias e conhecimentos científicos para a vida cotidiana, bem como a desmistificação da ciência e da figura do cientista, promovendo a melhor compreensão dos processos científicos e a valorização de pesquisadores de diferentes épocas para a construção do conhecimento atual da genética e da biologia evolutiva.</p>
	<p>S19 HC: EF07CI07; EF07CI08. OCI: coevolução; diversidade; evolução biológica; fenótipo; hereditariedade; material genético; reprodução; seleção natural. OCII: deriva genética; especiação; extinção; migração; mutação.</p> <p>Análise de músicas, textos literários, pinturas e fotografias que retratem diferentes biomas e ecossistemas para o levantamento de características que permitam a compreensão da relação entre os fatores ambientais e a diversidade biológica nas diferentes regiões do Brasil, principalmente, permitindo a análise das características adaptativas da fauna e da flora local.</p>
	<p>S20 HC: EF07CI08. OCI: diversidade; evolução biológica; hereditariedade; material genético; reprodução. OCII: alelos; deriva genética; especiação; extinção; genes; genótipo; migração; mutação.</p> <p>Análise de materiais audiovisuais (filmes, animações, documentários, podcasts etc.) e reportagens que abordem catástrofes naturais ou acidentes ambientais, se possível, aqueles mais contextualizados com a realidade dos estudantes e que permitam a obtenção de dados interessantes para a elaboração de mapas e gráficos que representem os impactos na biodiversidade, bem como o estudo das espécies afetadas, suas estratégias de sobrevivência e os eventos populacionais em questão.</p>
	<p>S21 HC: EF07CI10. OCI: célula; cromossomo; diversidade; divisão celular; hereditariedade; material genético; reprodução. OCII: estrutura dos ácidos nucleicos (DNA e RNA); expressão gênica.</p> <p>Desenvolvimento de infográficos e/ou seminários que abordem os processos de produção da vacina e os mecanismos de ação das células de defesa do organismo para a compreensão do processo de reprodução bacteriana e replicação viral, bem como reforcem a importância da vacinação para a imunização do organismo, o controle e a erradicação de doenças. Se possível, abordando fake news e o conhecimento científico que as desmente.</p>
	<p>S22 HC: EF07CI16. OCI: diversidade; hereditariedade; material genético; parentesco; reprodução; seleção natural. OCII: deriva genética; especiação; migração; mutação.</p> <p>Uso de métodos investigativos que permitam ao estudante analisar as evidências apresentadas por Alfred Wegener (paleontológicas, litológicas, glaciais e geomorfológicas) para elaborar suas próprias hipóteses e depois compará-las com as teorias da Deriva continental, das placas tectônicas e da evolução das espécies.</p>

Figura 5. Sugestões destinadas ao 6º e ao 7º ano do Ensino Fundamental. Legendas: [HC] habilidades contempladas, representadas aqui pelo código alfanumérico determinado no documento oficial da BNCC (BRASIL, 2018); [OCI] objetos de conhecimento I (básicos); [OCII] objetos de conhecimento II (intermediários); [↑] inteligência corporal-cinestésica; [🗣️] int. linguística; [🧠] int. lógico-matemática; [🎵] int. musical; [👁️] int. visual-espacial.

*A sugestão S18, por seu caráter amplo, permite a construção de todos os objetos de conhecimento básicos e intermediários. Por esse motivo, não sendo descritos os objetos de conhecimento de modo individual.

SUGESTÕES PARA O ENSINO FUNDAMENTAL ANOS FINAIS (EFAF)	
8º EFAF	<p>S23 HC: EF08CI07. OCI: célula; cromossomos; diversidade; divisão celular; hereditariedade; material genético; reprodução. OCII: alelos; expressão gênica; genes; genótipo. OCIII: cromossomos sexuais; gametogênese; meiose; mitose; recombinação gênica.</p> <p>Construção de modelos tridimensionais com massa de modelar ou materiais alternativos para reconstruir e encenar as atividades cromossômicas durante os processos de divisão celular, com ênfase na gametogênese e na recombinação gênica, para promover discussões sobre a reprodução e a diversidade.</p>
	<p>S24 HC: EF08CI07. OCI: todos*. OCII: todos*. OCIII: todos*.</p> <p>Composição de músicas que abordem conceitos básicos e contribuam para a compreensão da organização estrutural do material genético nos seres vivos e dos papéis dos ácidos nucleicos para a hereditariedade e a manutenção da vida.</p>
	<p>S25 HC: EF08CI07. OCI: célula; coevolução; diversidade; evolução biológica; fenótipo; hereditariedade; material genético; parentesco; reprodução; seleção natural; seleção sexual. OCII: alelos; biotecnologia; deriva genética; especiação; extinção; genes; genótipo; migração; mutação.</p> <p>Observação de documentários, leitura de textos de divulgação científica e uso de simuladores didáticos para a análise de evidências (fósseis, moleculares, morfológicas etc.) que comprovam a evolução biológica.</p>
	<p>S26 HC: EF08CI11. OCI: cromossomos; divisão celular; fenótipo. OCII: genes; genótipo. OCIII: cromossomos sexuais; gametogênese; heranças sexuais.</p> <p>Reconstrução histórica do processo de construção dos conhecimentos a respeito da reprodução humana e da definição do sexo dos bebês, para a análise das crendices populares que circulam até os dias atuais na sociedade e a contraposição das informações científicas às de senso comum.</p>
	<p>S27 HC: EF08CI11. OCI: cromossomos; divisão celular; fenótipo. OCII: expressão gênica; genes; genótipo. OCIII: cromossomos sexuais; gametogênese; heranças sexuais.</p> <p>Rodas de conversa que evidenciem o papel dos genes na definição do sexo de diferentes espécies, de modo a compreender a influência dos fatores biológicos na sexualidade de humanos e outros animais, bem como evidenciar as dimensões sociocultural, afetiva e ética da sexualidade humana e incentivar o respeito ao próximo.</p>
9º EFAF	<p>S28 HC: EF09CI08. OCI: célula; cromossomos; divisão celular; hereditariedade; material genético; reprodução. OCII: alelos; cromátides; genes. OCIII: gametogênese; meiose; recombinação gênica.</p> <p>Construção de materiais didáticos (painéis, animações digitais ou modelos tridimensionais) que representem os cromossomos, genes e alelos durante as fases da meiose, de modo a evidenciar as relações dos eventos cromossômicos durante a gametogênese com as Leis de Mendel.</p>
	<p>S29 HC: EF09CI09. OCI: cromossomos; diversidade; divisão celular; fenótipo; hereditariedade; material genético; reprodução. OCII: alelos; genes; genótipo. OCIII: epigenética; gametogênese; heranças monogênicas; heranças multifatoriais; heranças sexuais; meiose; recombinação gênica.</p> <p>Análise das Leis de Mendel e suas relações com o conhecimento atual sobre as heranças humanas para o levantamento das características humanas monogênicas e o reconhecimento dos efeitos dos fatores ambientais e das interações gênicas em fenótipos humanos.</p>
	<p>S30 HC: EF09CI10. OCI: coevolução; diversidade; evolução biológica; fenótipo; hereditariedade; parentesco; reprodução; seleção natural; seleção sexual. OCII: deriva genética; especiação; expressão gênica; extinção; genótipo; migração; mutação.</p> <p>Jogo dos erros – julgamento de imagens e informações que circulam na sociedade a respeito da evolução biológica e das ideias de pesquisadores como Lamarck e Darwin para a diferenciação dos conhecimentos científicos e das concepções distorcidas ou errôneas de senso comum, bem como do processo de construção do conhecimento atual da Biologia Evolutiva.</p>
	<p>S31 HC: EF09CI11. OCI: coevolução; diversidade; evolução biológica; fenótipo; hereditariedade; parentesco; reprodução; seleção natural. OCII: especiação; expressão gênica; extinção; genes; genótipo; mutação.</p> <p>Um alimento para cada bico: dinâmica em equipe que permite a compreensão do processo de seleção natural por meio da simulação da alimentação de aves com diferentes tipos de bico.</p>
	<p>S32 HC: EF09CI11, EF09CI12. OCI: coevolução; diversidade; evolução biológica; fenótipo; hereditariedade; material genético; parentesco; reprodução; seleção natural; seleção sexual. OCII: alelos; deriva genética; especiação; expressão gênica; extinção; genes; genótipo; migração; mutação. OCIII: recombinação gênica.</p> <p>Elaboração de esquemas, fluxogramas ou músicas que resumam os fatores evolutivos existentes e caracterizem a influência de cada um deles na dinâmica de populações e na diversidade de espécies, bem como permitam a compreensão dos processos envolvidos na extinção das espécies e da importância das unidades de conservação para a preservação da biodiversidade.</p>

Figura 6. Sugestões destinadas ao 8º e 9º anos do Ensino Fundamental. Legendas: [HC] habilidades contempladas, representadas aqui pelo código alfanumérico determinado no documento oficial da BNCC (BRASIL, 2018); [OCI] objetos de conhecimento I (básicos); [OCII] objetos de conhecimento II (intermediários); [OCIII] objetos do conhecimento III (avançados); [♠] inteligência corporal-cinestésica; [🗣️] int. linguística; [🧠] int. lógico-matemática; [🎵] int. musical; [👁️] int. visual-espacial. *A sugestão S24, por seu caráter amplo, permite a construção de todos os objetos de conhecimento básicos e intermediários. Por esse motivo, não sendo descritos os objetos de conhecimento de modo individual.

SUGESTÕES PARA O ENSINO MÉDIO

- S33** HC: EM13CNT202; EM13CNT205; EM13CNT301; EM13CNT306. HT: EM13CNT201; EM13CNT203; EM13CNT302. HR: EF04CI06; EF06CI04. **OCI: célula; diversidade; evolução biológica; fenótipo; reprodução; seleção natural.**
OCII: extinção; mutação. OCIII: epigenética.
 Atividades práticas de colonização de bactérias do ambiente ou da mucosa bucal em meios de cultura de diferentes composições para avaliação do efeito de desinfetantes e outras substâncias inibidoras (ex. antibióticos) na sobrevivência, reprodução e seleção artificial de microrganismos.
- S34** HC: EM13CNT202; EM13CNT203; EM13CNT302; EM13CNT303; EM13CNT304; EM13CNT306. HT: EM13CNT201; EM13CNT310. HR: EF06CI04. **OCI: célula; diversidade; evolução biológica; reprodução; seleção natural.**
OCII: extinção; mutação. OCIII: epigenética.
 Desenvolvimento de campanhas de conscientização a respeito do uso indevido de antibióticos e da influência desses medicamentos na seleção de microrganismos resistentes e a existência das superbactérias.
- S35** HC: EM13CNT201; EM13CNT202; EM13CNT301; EM13CNT302. HT: EM13CNT303; EM13CNT305. HR: EF06CI05. **OCI: células; cromossomos; diversidade; hereditariedade; material genético. OCII: estrutura dos ácidos nucleicos (DNA e RNA); expressão gênica; genes; genótipo; mutação. OCIII: epigenética; heranças monogênicas; heranças multifatoriais; heranças sexuais; recombinação gênica.**
 Uso de linguagens próprias das artes visuais (pintura, colagem, modelagem...) para a elaboração de painéis ou outras composições que permitam ao estudante familiarizar-se com a estrutura do DNA e associar as características fenotípicas observáveis (diferentes tipos celulares, indivíduos ou espécies) ao material genético e à expressão gênica.
- S36** HC: EM13CNT201; EM13CNT302. HT: EM13CNT303; EM13CNT305. HR: EF06CI04. **OCI: todos* OCII: todos* OCIII: todos***
 Elaboração de linha do tempo, contextualizada e problematizadora, que evidencie o processo de construção do conhecimento científico e tecnológico, de modo a promover a valorização das pesquisas e a desconstrução de ideias estereotipadas a respeito da ciência (ex.: “descobertas” científicas; existência de um perfil cientista “gênio excêntrico do sexo masculino”; ciência das certezas imutáveis; visão da ciência neutra, livre de influências econômicas e socioculturais).
- S37** HC: EM13CNT303; EM13CNT304; EM13CNT305. HT: EM13CNT201. HR: EF07CI06. **OCI: células; cromossomos; diversidade; divisão celular; evolução biológica; fenótipo; hereditariedade; material genético; reprodução; seleção natural.**
OCII: alelos; biotecnologia; estrutura dos ácidos nucleicos (DNA e RNA); expressão gênica; extinção; genes; genótipo; mutação. OCIII: cromossomos sexuais; gametogênese; heranças sexuais; meiose; mitose; recombinação gênica.
 Rodas de diálogo motivadas pela leitura de reportagens e apreciação de materiais de divulgação científica que abordem os conhecimentos e desafios atuais da genética, principalmente, debatendo temas que envolvam bioética, biotecnologia e seleção artificial (células-tronco, terapia gênica, clonagem, transgênicos, seleção embrionária etc.), e demonstrem as relações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS).
- S38** HC: EM13CNT202; EM13CNT203; EM13CNT205; EM13CNT301. HT: EM13CNT201; EM13CNT206; EM13CNT208. HR: EF07CI07; EF07CI08. **OCI: coevolução; diversidade; evolução biológica; fenótipo; hereditariedade; material genético; reprodução; seleção natural. OCII: deriva genética; especiação; extinção; genótipo; migração; mutação. OCIII: fluxo gênico; gametogênese; meiose; recombinação gênica.**
 Elaboração de jogos de cartas, tabuleiro ou RPG (*role-playing game*) que abordem os fatores evolutivos de modo a permitir que os estudantes descubram e demonstrem os processos envolvidos na definição da biodiversidade por meio de atividades lúdicas.
- S39** HC: EM13CNT201; EM13CNT202; EM13CNT208; EM13CNT301. HT: EM13CNT303. HR: EF07CI08; EF07CI16; EF09CI11. **OCI: diversidade; hereditariedade; fenótipo; material genético; parentesco; reprodução; seleção natural. OCII: deriva genética; especiação; extinção; genes; genótipo; migração; mutação. OCIII: fluxo gênico; gametogênese; meiose; recombinação gênica.**
 Análise de árvores filogenéticas de espécies atuais para a identificação de relações de parentesco e construção do conhecimento a respeito da influência do isolamento geográfico, isolamento reprodutivo e outros fatores evolutivos no processo de especiação.
- S40** HC: EM13CNT201; EM13CNT202; EM13CNT301. HT: EM13CNT205; EM13CNT303; EM13CNT304. HR: EF07CI10; EF09CI11. **OCI: célula; cromossomo; diversidade; divisão celular; hereditariedade; material genético; reprodução; seleção natural. OCII: estrutura dos ácidos nucleicos (DNA e RNA); expressão gênica; mutação. OCIII: recombinação gênica.**
 Projetos de pesquisa e construção de modelos de vírus e bactérias para análise comparativa de suas estruturas e entendimento da reprodução das bactérias, replicação do material genético viral e do ataque às células humanas por essa diversidade de antígenos, bem como para desencadear importantes discussões: “vírus é um ser vivo? Como vírus e bactérias sofrem mutação? Qual é a estrutura dos ácidos nucleicos desses patógenos? Como vírus conseguem passar a barreira da espécie (spillover)?” e a análise crítica de notícias veiculadas pela mídia a respeito do novo coronavírus (Sars-CoV-2) e da produção de vacinas.
- S41** HC: EM13CNT201; EM13CNT202; EM13CNT301. HT: EM13CNT103; EM13CNT303. HR: EF08CI07. **OCI: cromossomos; diversidade; fenótipo; hereditariedade; material genético. OCII: alelos; estrutura dos ácidos nucleicos (DNA e RNA); expressão gênica; genes; genótipo; mutação.**
 Dinâmicas lúdicas (encenações, simulações e jogos) de representação dos processos envolvidos na expressão gênica e nos diferentes tipos de mutações gênicas.
- S42** HC: EM13CNT301; EM13CNT302. HT: EM13CNT303; EM13CNT305. HR: EF08CI07; EF09CI08. **OCI: célula; cromossomos; diversidade; divisão celular; fenótipo; hereditariedade; material genético; reprodução. OCII: alelos; cromátides; estrutura dos ácidos nucleicos (DNA e RNA); expressão gênica; genes; genótipo; mutação. OCIII: cromossomos sexuais; gametogênese; meiose.**
 Montagem e análise de cariótipos e idiogramas para a construção do conhecimento sobre os cromossomos autossômicos e sexuais, bem como das principais mutações cromossômicas diagnosticadas na espécie humana.












- S43** HC: EM13CNT203; EM13CNT303; EM13CNT304. HT: EM13CNT202; EM13CNT205. HR: EF07CI08; EF08CI07. **OCI: célula; diversidade; fenótipo; hereditariedade; material genético; reprodução; seleção natural.**
-  **OCII: alelos; biotecnologia; estrutura dos ácidos nucleicos (DNA e RNA); extinção; genes; genótipo; mutação.**
Leitura e interpretação de textos científicos, seguida da discussão a respeito de processos biotecnológicos utilizados na agropecuária (produção de frutos sem sementes, seleção embrionária, melhoramento genético clássico, clonagem etc.) e as consequências para as espécies envolvidas e o meio ambiente.
- S44** HC: EM13CNT302; EM13CNT303; EM13CNT305. HT: EM13CNT301. HR: EF08CI11. **OCI: cromossomos; divisão celular; fenótipo; material genético.** **OCII: genes; genótipo.** **OCIII: cromossomos sexuais; gametogênese; heranças sexuais.**
-  Análise de textos científicos que versem sobre as características humanas que podem ser influenciadas pela expressão de genes contidos nos cromossomos X e Y para a elaboração de mídias que desmistifiquem informações falsas e utilizem diferentes linguagens para promover a igualdade de gênero, a compreensão das múltiplas dimensões da sexualidade humana e o respeito à diversidade.
- S45** HC: EM13CNT205; EM13CNT301; EM13CNT302. HT: EM13CNT303. HR: EF09CI08; EF09CI09. **OCI: diversidade; fenótipo; hereditariedade; material genético; parentesco; reprodução.** **OCII: alelos; expressão gênica; genes; genótipo; mutação.** **OCIII: cromossomos sexuais; fluxo gênico; heranças monogênicas; heranças multifatoriais; heranças sexuais; meiose.**
-  Circuito de investigação e elaboração de pareceres ou laudos médicos a partir da análise, em equipe, de herodogramas que representam características e distúrbios humanos para a identificação de diferentes padrões de heranças, bem como dos fenótipos e genótipos existentes na população mundial.
- S46** HC: EM13CNT201. HT: EM13CNT302. HR: EF09CI10. **OCI: coevolução; diversidade; evolução biológica; fenótipo; hereditariedade; parentesco; reprodução; seleção natural; seleção sexual.** **OCII: deriva genética; especiação; expressão gênica; extinção; genótipo; migração; mutação** **OCIII: fluxo gênico.**
-  Simulação de premiação científica: levantamento das contribuições de diferentes pesquisadores (Lamarck, Darwin, Wallace, Mendel etc.) para a construção do conhecimento sobre a evolução biológica. Além da valorização das ideias assertivas, podem ser atribuídas premiações às concepções errôneas e explicações incompletas apresentadas por pesquisadores em diferentes contextos históricos e socioculturais. Nessas dinâmicas os estudantes devem apresentar as justificativas para a eleição dos vencedores em cada categoria.
- S47** HC: EM13CNT201; EM13CNT301; EM13CNT302. HT: EM13CNT208. HR: EF09CI10; EF09CI11. **OCI: coevolução; diversidade; evolução biológica; fenótipo; hereditariedade; parentesco; reprodução; seleção natural; seleção sexual.**
-  **OCII: deriva genética; especiação; expressão gênica; extinção; genótipo; migração; mutação.** **OCIII: fluxo gênico; recombinação gênica.**
-  Elaboração de textos e/ou ilustrações que exemplifiquem a evolução biológica de uma mesma espécie a partir das ideias de Lamarck e Darwin, para a comparação das diferentes teorias evolutivas entre si e com o conhecimento atual da biologia evolutiva.
- S48** HC: EM13CNT201; EM13CNT202; EM13CNT205; EM13CNT301. HT: EM13CNT303. HR: EF09CI11. **OCI: coevolução; diversidade; evolução biológica; fenótipo; hereditariedade; parentesco; reprodução; seleção natural; seleção sexual.**
-  **OCII: alelos; deriva genética; especiação; expressão gênica; extinção; genes; genótipo; migração; mutação.**
-  **OCIII: fluxo gênico; recombinação gênica.**
-  Elaboração de hipóteses que contem a história evolutiva de espécies que apresentam relação próxima de parentesco entre si, por meio da análise das relações filogenéticas e do nicho ecológico de cada espécime.
- S49** HC: EM13CNT205; EM13CNT208; EM13CNT301. HT: EM13CNT201; EM13CNT202. HR: EF09CI11; EF09CI12. **OCI: diversidade; evolução biológica; fenótipo; hereditariedade; parentesco; reprodução; seleção natural.** **OCII: alelos; deriva genética; especiação; expressão gênica; extinção; genes; genótipo; migração; mutação.** **OCIII: fluxo gênico; heranças monogênicas; heranças multifatoriais; heranças sexuais; recombinação gênica.**
-  Análise dos fundamentos da genética de populações por meio de aula expositiva dialogada associada à dinâmicas lúdicas (encenação, jogo de tabuleiro, simulador virtual etc.) sobre o fluxo gênico e suas relações com os processos evolutivos, com a biodiversidade e com a diversidade humana.
- S50** HC: EM13CNT201; EM13CNT202; EM13CNT208; EM13CNT302. HT: EM13CNT203; EM13CNT206; EM13CNT301; EM13CNT303. HR: EF09CI11; EF09CI12. **OCI: diversidade; evolução biológica; hereditariedade; material genético; parentesco; reprodução; seleção natural; seleção sexual.** **OCII: alelos; especiação; expressão gênica; extinção; genes; migração; mutação.** **OCIII: fluxo gênico.**
-  Investigação das características e comportamentos que permitiram o sucesso reprodutivo e evolutivo dos homínidos para a elaboração de materiais (vídeos, músicas, ilustrações, exposições etc.) que divulguem a história evolutiva do homem moderno e permitam reflexões acerca dos aspectos científicos, tecnológicos e socioculturais que influenciam em nossa sobrevivência, bem como da importância do posicionamento de igualdade da espécie humana perante as demais para o equilíbrio ecológico.

Figura 7. Sugestões destinadas ao Ensino Médio. Legenda: [HC] habilidades contempladas, [HT] habilidades tangenciadas, [HR] habilidades relacionadas (Ens. Fundamental) – todas as habilidades estão representadas pelo código alfanumérico determinado pela BNCC (BRASIL, 2018); [OCI] objetos de conhecimento I (básicos); [OCII] objetos de conhecimento II (intermediários); [OCIII] objetos do conhecimento III (avanzados); [↑] inteligência corporal-cinestésica; [🗣️] int. linguística; [🧠] int. lógico-matemática; [🎵] int. musical; [👁️] int. visual-espacial. *A sugestão S36, por seu caráter amplo, permite a construção de todos os objetos de conhecimento, por esse motivo não sendo descritos cada um deles individualmente.

Para que este trabalho tenha potencial para contribuir verdadeiramente para o ensino-aprendizagem de Ciências e Biologia no Brasil é importante destacarmos que essas sugestões não são as únicas formas de desenvolvermos habilidades e aliarmos a construção de conhecimentos em Genética e Biologia Evolutiva à teoria das múltiplas inteligências e à aprendizagem significativa. Inclusive, dentre essas cinquenta sugestões, talvez figurem algumas atividades que já estejam sendo realizadas nas escolas brasileiras com certa frequência.

Sendo assim, o aspecto mais relevante dessa proposta é o arranjo de tais sugestões de modo a maximizar o potencial efetivo das atividades e materiais a serem apresentados aos estudantes por meio de um currículo em espiral, como previa Bruner (1956). Os profissionais da educação que considerarem em seu planejamento didático-pedagógico os objetivos de aprendizagem e a organização curricular aqui apresentados, proporcionarão tanto a revisão dos objetos de conhecimento elencados a partir de diferentes formas de representação e economia, quanto a oportunidade de mobilização de estudantes com diferentes espectros intelectuais para participações mais ativas e melhores condições de manifestação de suas aprendizagens.

É importante ressaltar que despertar a motivação de estudantes com diferentes perfis por meio de metodologias ativas e recursos didáticos diversificados tende a favorecer o engajamento e a predisposição a aprender dos educandos. Somada à atenção dada a assimilação de conceitos básicos com grande potencial de ancoragem para novos conhecimentos e ao desenvolvimento das habilidades da BNCC, tal predisposição coopera tanto com o letramento científico dos estudantes, quanto com sua formação integral. Isto porque, além de serem estimulados a realizar processos cognitivos de diferentes complexidades e assim estarem aptos a aplicar seus conhecimentos científicos em situações-problema de cunho pessoal, profissional ou social, esses estudantes terão participado de atividades oportunizadas com o intuito de desenvolver também suas múltiplas inteligências e competências gerais.

Considerando, por exemplo, que “a inteligência interpessoal nos permite compreender os outros e trabalhar com eles e a inteligência intrapessoal nos permite compreender a nós mesmos e trabalhar conosco” (GARDNER, 1995, p.29), tais inteligências serão aprimoradas em atividades realizadas em equipe e nos momentos de reflexão e construção individual, que foram considerados durante a elaboração das cinquenta sugestões de atividades.

De modo similar, as inteligências Naturalista e Existencial poderão ser mais bem elaboradas por meio das sugestões que, desde os anos iniciais do Ensino Fundamental, preveem o discernimento de indivíduos ou espécies e a interação com seres vivos, bem como colocam como inevitável a discussão de questões profundas a respeito da vida, da morte, do cosmos e do posicionamento da espécie humana no universo.

Ainda que não tenha sido dada a mesma ênfase a essas quatro inteligências, devido ao já mencionado caráter amplo de cada uma delas, é possível destacar algumas das sugestões que as colocam em evidência, como mostrado na Figura 8.

Ainda que tenha sido mantido a critério dos docentes a escolha dos momentos mais oportunos para que seja dada ênfase ao desenvolvimento de tais inteligências, vale ressaltar que é interessante que todas sejam consideradas durante o planejamento didático-pedagógico. Em especial, para que as atividades em equipe e as atividades individuais sejam oportunizadas de modo alternado e não apenas priorizadas as atividades individuais por questões práticas. Afinal, o trabalho em equipe contribui para que o estudante possa desenvolver também importantes competências socioemocionais e de comunicação, como a empatia, a capacidade de argumentação, a escuta respeitosa, a autonomia, o autoconhecimento, a autogestão e outras importantes características de extrema relevância para o convívio em sociedade.

INTELIGÊNCIA	EFAI	EFAF	EM
Intrapessoal	S01, S03, S13	S17, S25	S35, S43
Interpessoal	S02, S09	S15, S18, S26, S27, S30, S31	S34, S37, S38, S41, S43, S44
Existencial	S08, S11, S12	S15, S20, S26, S27, S30	S37, S40, S43, S44
Naturalista	S04, S05, S07, S08, S10, S14	S19	S33, S48

Figura 8. Sugestões contempladas nessa proposta que tornam imprescindível a valorização e o desenvolvimento das inteligências intrapessoal, interpessoal, existencial e naturalista.

Ao esquematizar os objetivos de aprendizagem para os três grupos de objetos do conhecimento, em diferentes etapas da Educação Básica, tal proposta convida os docentes a repensar a escolha das atividades que são realizadas no âmbito escolar. Deste modo, a proposta sinaliza a necessidade de planejamentos mais conscientes e a seleção de atividades que considerem não apenas o que é pertinente para uma determinada etapa de

desenvolvimento dos estudantes, mas também como será feita a progressão de suas aprendizagens e desenvolvimento ao longo de sua vida escolar.

Para garantir, na prática, a maior conexão entre as diferentes etapas da Educação Básica é de extrema relevância que, por intermédio da equipe pedagógica, sejam propiciados momentos de análise e planejamento conjunto entre professores de diferentes séries do Ensino Fundamental e Médio e até mesmo docentes com diferentes formações básicas. Nesse caso, além das importantes trocas a serem realizadas entre professores especialistas das áreas de biologia, física e química, devem ser considerados os professores dos anos iniciais que por sua formação pedagógica mais ampla podem apresentar dificuldades ao promover o ensino-aprendizagem de conceitos específicos. Desse modo, além de haver melhores condições de realização de atividades interdisciplinares, o ensino-aprendizagem deve ocorrer de modo menos fragmentado para as Ciências da Natureza e, assim, facilitar aos estudantes a identificação das possíveis aplicações do conhecimento científico em sua vida.

Para ir além do conhecimento conceitual, é importante que os estudantes também estejam em contato com os métodos investigativos e compreendam os processos envolvidos na construção do conhecimento científico. Tal aproximação é fundamental para a sociedade, pois o contexto social, científico e tecnológico atual permite ao indivíduo receber novas informações constantemente, principalmente aquelas oriundas da internet. Assim, é de suma importância que o cidadão tenha embasamento para discernir as informações confiáveis daquelas sem fundamento científico e que costumam ser propagadas por meios duvidosos, como as redes sociais. As metodologias ativas são um interessante meio de elucidar aos estudantes como a criação de hipóteses, o levantamento teórico, o planejamento de um projeto e as metodologias bem definidas são relevantes para a pesquisa científica. Além disso, em alguns casos, permitem vivenciar as etapas de testes, coleta e análise de dados e assimilar a importância de todo tipo de resultado para a acumulação do conhecimento e o avanço científico.

Por sua vez, o ensino voltado ao desenvolvimento de habilidades está alinhado aos anseios da escola contemporânea. Desse modo, respeitando os novos paradigmas da educação que visam a autonomia do estudante e priorizam o aprender a aprender em detrimento do ensino conteudista. Desse modo, assegurando aos estudantes a oportunidade de estarem aptos a

mobilizar suas capacidades e saberes de forma articulada e em diferentes contextos escolares, profissionais, pessoais e de exercício de sua cidadania.

Considerações Finais

Espera-se que esse artigo inspire mudanças no ensino-aprendizagem de Genética e Biologia Evolutiva, bem como estimule os docentes a realizar suas próprias intervenções – inclusive referentes a outras áreas de ensino – de modo a estabelecer objetivos de aprendizagem coerentes com os níveis de desenvolvimento dos estudantes e as competências e habilidades a serem desenvolvidas nas diferentes etapas escolares. Assim, colaborando não apenas para o letramento científico da sociedade, mas também para a formação de cidadãos integrais – críticos, éticos e com competências cognitivas e socioemocionais que contribuam para a resolução de problemas em seu dia a dia, bem como para o exercício da cidadania no decorrer de suas vidas.

Além disso, pretende-se que as sugestões de atividades aqui elencadas não apenas permitam ao leitor compreender a proposta do artigo, mas também atuem de modo a contribuir para o planejamento didático-pedagógico, apresentando alternativas que expandam a visão dos docentes e estimulem a constante busca por metodologias, recursos e estratégias didáticas coerentes com o projeto de vida dos estudantes.

As possibilidades de desenvolvimento de competências e habilidades a partir de objetos de conhecimento da Genética e da Biologia Evolutiva são inúmeras. Por isso, caberá ao leitor em exercício de docência extrapolar esses exemplos e, até mesmo, as habilidades selecionadas para oportunizar aos seus estudantes a aprendizagem significativa, a interdisciplinaridade e a formação integral prevista pela BNCC, de acordo com o contexto local e a realidade escolar na qual se insere.

Para garantir um ensino-aprendizagem de qualidade, é de extrema importância que a sociedade, em especial os profissionais da educação, mude suas expectativas em relação ao papel da escola, do professor e do estudante. Não basta as pesquisas oferecerem interessantes propostas de inovação, se na prática prevalecer o modelo escolar conteudista – em que a educação se posiciona à serviço do cronograma, do conteúdo programático e do material didático. Dito isso, é relevante que aqueles docentes que desejarem colocar em prática essa proposta, também busquem atuar enquanto mediadores da construção do conhecimento realizada por estudantes protagonistas. Sempre que possível, utilizando avaliações

formativas para acompanhar o desenvolvimento dos discentes e realizar intervenções eficientes em seu planejamento e sua prática de docência.

Espera-se que as mudanças feitas no contexto da Educação Básica reflitam na formação dos futuros graduandos e com isso minimizem as dificuldades relacionadas à Genética e a Biologia Evolutiva durante o Ensino Superior. Por sua vez, contribuindo de maneira mais satisfatória para a formação dos futuros professores de Ciências e Biologia, estreitando as lacunas existentes entre a universidade e as escolas e, assim, beneficiando cada vez mais a população brasileira e a ciência no país.

Por fim, considera-se que este trabalho pode contribuir para que novas pesquisas e propostas sejam desenvolvidas – não apenas em relação a Genética e a Biologia Evolutiva. Afinal, ao descrever a metodologia adotada para a construção de um Currículo Ancorador Diversificado, bem como seus propósitos e atividades coerentes com tal proposta, é estabelecida uma relação dialética entre o que deve ser ensinado e como isso pode ser feito que vai além das especificidades de tais temáticas.

Referências

ALMEIDA, Edslei Rodrigues de; CHAVES, Andrea Carla Leite. O ensino de Biologia Evolutiva: as dificuldades de abordagem sobre evolução no Ensino Médio em escolas públicas do estado de Rondônia. *IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia*. Ponta Grossa, 2014. Disponível em: <<http://www.sinet.com.br/anais2014/anais2014/artigos/ensino-de-biologia/01408135602.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

ANDERSON, Lorin W.; KRATHWOHL, David Reading. (Eds.) *A taxonomy for Learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Addison Wesley Longman, 2001.

AUSUBEL, David Paul. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2000.

AUSUBEL, David Paul. *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune and Stratton, 1963.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Matriz de Referência ENEM*. Brasília: INEP, 2009. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018.

BRASIL. Parecer nº 5, de 4 de maio de 2011. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF: 24 jan. 2012. Seção 1, p. 10.

BRUNER, Jerome Seymour. *Uma nova teoria da aprendizagem*. 2.ed. Rio de Janeiro: Bloch Editores, 1969.

CESTARO, Débora Cristina; KLEINKE, Maurício Urban; FURTADO-ALLE, Lupe. Uma análise do desempenho dos participantes e do conteúdo abordado em itens de Genética e Biologia Evolutiva do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem): implicações curriculares. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 25, n. 3, 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n3p503>

FERRAZ, Ana Paula do Carmo Marcheti; BELHOT, Renato Vairo. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2010000200015>.

GARDNER, Howard. *Estruturas da Mente*. Nova Iorque: Basic Books, 1983.

GARDNER, Howard. *Inteligências múltiplas: a teoria na prática*. Porto Alegre: Artmed, 1995.

GARDNER, Howard. *Intelligence Reframed: Multiple intelligences for the 21st century*. New York: Basic Books, 1999.

KRATHWOHL, David Reading. A revision of Bloom's taxonomy: an overview. *Theory in Practice*, v. 41, n. 4, p. 212-218, 2002. doi: https://doi.org/10.1207/s15430421tip41_04_2

MOREIRA, Marco Antonio. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio. *Teorias da Aprendizagem*. 2.ed. ampl. São Paulo: E.P.U., 2019.

OLEQUES, Luciane Carvalho; BARTHOLOMEI-SANTOS, Marlise Ladvoat; BOER, Noemi. Evolução biológica: percepções de professores de biologia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 10, n. 2, 2011. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen10/ART2_VOL10_N2.pdf> Acesso em: 30 mar. 2021.

SANTOS FILHO, Ronaldo; FURTADO-ALLE, Lupe; LEME, Daniele Moraes. Diagnosticando dificuldades no processo de ensino-aprendizagem de genética nas escolas e universidades. In *V CONEDU: Congresso Nacional de Educação*, 2018. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV117_MD4_SA16_ID5406_09092018125827.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2021.

TEMP, Daiana Sonogo; BARTHOLOMEI-SANTOS, Marlise Ladvoat. Genética e suas Aplicações: Identificando o Conhecimento Presente entre Concluintes do Ensino Médio. *Ciência e Natura*, [S.l.], v. 36, n. 3, p. 358-372, sep. 2014. ISSN 2179-460X. doi: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X13619>

TIDON, Rosana; VIEIRA, Eli. O ensino da evolução biológica: um desafio para o século XXI. *ComCiência*, Campinas, n. 107, 2009. Disponível em <http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542009000300008&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 30 mar. 2021.

TOLEDO, Cassio Augusto Patrocínio; BÍGIO, Narcísio Costa; PAZ, Joicelene Regina Lima da. Uma revisão sobre a seleção sexual em plantas. *Oecologia Australis*, 24(1). 2020. doi: <https://doi.org/10.4257/oeco.2020.2401.03>

APÊNDICE I

Distribuição dos objetos de conhecimento indicados nas sugestões de atividades destinadas ao Ensino Fundamental e ao Ensino Médio quanto aos tipos de inteligências contemplados e aos anos em que sua abordagem permite o desenvolvimento de habilidades específicas da BNCC.

OBJETOS DE CONHECIMENTO		ENSINO FUNDAMENTAL									ENSINO MÉDIO								
		ANO									TIPOS DE INTELIGÊNCIA								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	C	Li	Lo	M	V	C	Li	Lo	M
O C I	1. Célula	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
	2. Coevolução		X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
	3. Cromossomos					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	4. Diversidade	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	5. Divisão celular					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
	6. Evolução biológica		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	7. Fenótipo	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	8. Hereditariedade	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	9. Material genético	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	10. Parentesco	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	11. Reprodução		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	12. Seleção natural		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	13. Seleção sexual			X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
O C II	14. Alelos					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	15. Biotecnologia					X	X	X		X	X	X	X	X		X	X		
	16. Cromátides					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	17. Deriva genética						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
	18. Especiação						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	19. Estrutura dos ácidos nucleicos (DNA e RNA)					X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	20. Expressão gênica					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	21. Extinção						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	22. Genes					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	23. Genótipo					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	24. Migração						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
25. Mutação					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
O C III	26. Cromossomos sexuais						X			X	X	X	X	X	X	X	X		X
	27. Epigenética						X	X		X	X	X			X	X	X		X
	28. Fluxo gênico						X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
	29. Gametogênese						X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X
	30. Heranças						X	X		X	X	X			X	X	X		X
	31. Heranças						X	X		X	X	X			X	X	X		X
	32. Heranças sexuais						X			X		X			X	X	X		X
	34. Meiose						X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X
	35. Mitose						X			X	X	X	X	X	X	X	X		X
	36. Recombinação gênica						X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X

Tipos de inteligência contemplados na sugestão de atividade que permite a construção do conhecimento acerca de determinado objeto do conhecimento. Legenda: [C] Corporal-cinestésica; [Li] Linguística; [Lo] Lógico-matemática; [M] Musical; [V] Visual-espacial.

5.3 ARTIGO 3

Intitulado “Avaliações diagnósticas e formativas no Ensino Superior: uma proposta de intervenção embasada no desempenho dos estudantes em Genética”, o manuscrito do terceiro artigo foi submetido e está em processo de análise até o presente momento.

Os questionários utilizados nas entrevistas com os estudantes de graduação que compõem a amostra investigada nesse artigo, estão disponíveis nos apêndices 1 e 2, ao final desta tese. Além disso, os planos de ensino das três disciplinas investigadas nesse trabalho compõem o Anexo 1.

AVALIAÇÕES DIAGNÓSTICAS E FORMATIVAS NO ENSINO SUPERIOR: UMA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO EMBASADA NO DESEMPENHO DOS ESTUDANTES EM GENÉTICA.

RESUMO

Dificuldades relacionadas ao ensino-aprendizagem de genética são frequentemente abordadas em pesquisas, mas existem poucas informações referentes às estratégias didáticas e avaliativas adotadas em disciplinas da área no Ensino Superior. Por meio de questionários e dos relatórios de fechamento de três disciplinas de genética, foram obtidos dados de 66 alunos de graduação em Ciências Biológicas. A análise quanti-qualitativa desses dados gerou informações relativas ao espectro intelectual, às dificuldades declaradas e detectadas em genética e à percepção desses estudantes acerca da contribuição de diferentes recursos didáticos para a aprendizagem. Estas análises mostram que as avaliações somativas tradicionais são vantajosas para estudantes com as inteligências linguística, lógico-matemática e intrapessoal bem desenvolvidas. Além disso, evidenciam os benefícios que as avaliações diagnósticas e formativas podem proporcionar aos estudantes e informam quais estratégias e recursos didáticos poderiam ser mais explorados pelos professores.

Palavras-chave: Inteligências múltiplas. Avaliação mediadora. Recursos didáticos.

DIAGNOSTIC AND FORMATIVE ASSESSMENTS IN HIGHER EDUCATION: AN INTERVENTION PROPOSAL BASED ON THE PERFORMANCE OF STUDENTS IN GENETICS.

ABSTRACT

Difficulties related to the teaching-learning of genetics are frequently discussed in research. However, there is a lack of information regarding the didactic and evaluation strategies adopted in the courses of the area in Higher Education. Through questionnaires and the closing reports of three genetics subjects, data were obtained for 66 undergraduate students in Biological Sciences. The quantitative and qualitative analysis of these data has generated information about the intellectual spectrum, the difficulties declared and detected in genetics and the perception of these students about the contribution of different didactic resources. The analysis has shown that summative assessments offer advantages to students with well-developed linguistic, logical-mathematical and intrapersonal intelligences. In addition, they confirm the benefits that diagnostic and formative assessments can provide to students and inform which teaching resources could be further explored by professors.

Keywords: Multiple intelligences. Mediating evaluation. Didactic resources.

Submetido em: xx/xx/2021

Aceito em: xx/xx/2021

1 INTRODUÇÃO

As dificuldades dos estudantes em Genética são descritas na literatura com frequência, sinalizando fragilidades no ensino-aprendizagem tanto para a Educação Básica, quanto para o Ensino Superior (ARAÚJO *et. al*, 2018; TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2014; MARIN; VINHOLI JUNIOR, 2020; CESTARO; KLEINKE; FURTADO-ALLE, 2020). De modo similar, estudos sinalizam a existência de concepções errôneas também por parte dos docentes, que – por sua vez – relatam insatisfação com sua formação e conhecimentos referentes a tal temática (ARAUJO; GUSMÃO, 2017; BORGES; SILVA; REIS, 2017; JUSTINA; BARRADAS, 2003; TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2018).

Ainda que as pesquisas a respeito do desempenho dos estudantes e docentes – em cursos, disciplinas e avaliações de larga escala – elenquem aspectos passíveis de desenvolvimento, parece existir um círculo vicioso dificultando mudanças significativas no processo de ensino-aprendizagem da Genética: licenciandos com dificuldades se tornam professores que dominam menos o conteúdo e as estratégias didático-pedagógicas pertinentes e que, por sua vez, lecionam para adolescentes e jovens que constroem seus conhecimentos acerca de concepções errôneas ou abordagens que não contribuem para sua aprendizagem significativa. Após ingressar na graduação com uma base frágil – de conhecimentos e habilidades relacionadas – esses estudantes permanecem com baixos rendimentos e, por vezes, acabam sentindo-se desmotivados ou incapazes de aprender, concluindo o curso superior com deficiências na sua formação.

Indo além, é possível afirmar que há também uma falta de atenção dos cursos de pós-graduação para com a formação pedagógica dos pós-graduandos, muitos dos quais serão professores do Ensino Superior, o que pode afetar diretamente em sua prática de docência e na formação dos licenciandos.

Dito isso, é necessário refletir se as dificuldades de aprendizagem em Genética se devem apenas a aspectos inerentes dessa área da Biologia ou se podem estar relacionadas às práticas didático-pedagógicas que estão sendo realizadas no âmbito escolar e acadêmico. Inclusive, devendo ser questionada a eficácia das avaliações adotadas, principalmente as somativas, no fornecimento de dados realistas e úteis a respeito do desenvolvimento e da aprendizagem dos estudantes.

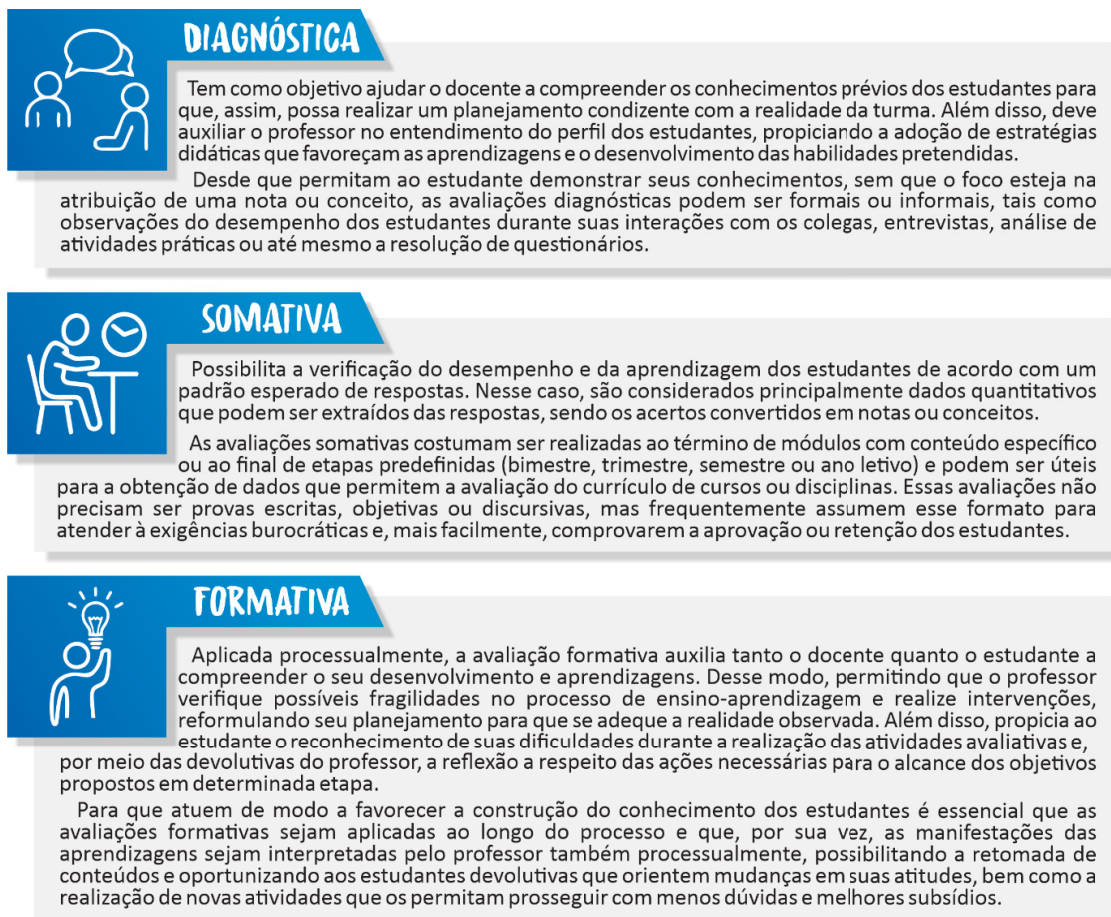
Segundo Perrenoud (1999, p.11) “a avaliação é tradicionalmente associada, na escola, à criação de hierarquias de excelência. Os alunos são comparados e depois classificados em virtude de uma norma de excelência, definida no absoluto ou encarnada pelo professor e pelos melhores alunos”.

No caso das avaliações que consideram os conhecimentos de Genética, a parcela de estudantes que compõe a excelência mencionada por Perrenoud tende a ser pequena. No entanto, em uma sociedade que anseia formar cidadãos críticos, éticos e com habilidades cognitivas e socioemocionais bem desenvolvidas, não parece relevante que as avaliações permaneçam reforçando dificuldades e ressaltando incompetências.

Para Hoffmann (2019), os exames de natureza somativa e classificatória, desvirtuam o sentido da avaliação das aprendizagens escolares. Por outro lado, uma concepção mediadora da avaliação, fundamentada em atividades avaliativas formativas que dão ênfase ao processo de aprender e não aos resultados, garante melhores oportunidades de aprendizagem a todos.

De acordo com Scriven (1966), não é necessário escolher apenas um tipo de avaliação a ser adotado nas escolas, mas sim fazer o melhor uso de cada um deles. Sendo assim, é importante que as modalidades avaliativas (figura 1) sejam consideradas em sua multiplicidade e que, desse modo, as tradicionais avaliações somativas cedam espaço para que as avaliações diagnósticas e, principalmente, as formativas também tenham suas potencialidades exploradas, seja na Educação Básica ou no Ensino Superior.

Figura 1: A descrição e os objetivos de diferentes modalidades avaliativas.



Elaborada com base em: Scriven (1966), Miquelante *et. al* (2014) e Hoffmann (2019).

As avaliações formativas coadunam-se com o que sugere a Lei n. 9.394, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e propõe que a verificação do rendimento dos estudantes do Ensino Fundamental e Médio deve ser acompanhado por meio de “avaliação contínua e cumulativa do desempenho do aluno, com prevalência dos aspectos qualitativos sobre os quantitativos e dos resultados ao longo do período sobre os de eventuais provas finais” (BRASIL, 2009).

Segundo Hoffmann (2019, p.71), a essência mediadora da avaliação formativa está em avaliar e agir para promover a aprendizagem e abrange cinco princípios norteadores:

1. Oportunizar aos alunos muitos momentos de expressar suas ideias, com criatividade e originalidade.
2. Promover discussão entre os alunos a partir de situações problematizadoras.
3. Realizar várias tarefas individuais, menores e sucessivas, buscando interpretar as respostas apresentadas pelos estudantes.
4. Em vez do certo/errado e da atribuição de pontos, fazer comentários sobre as tarefas dos alunos, auxiliando-os a localizar as dificuldades, oferecendo-lhes oportunidades de descobrirem melhores soluções.
5. Transformar os registros de avaliação em anotações significativas sobre o processo de construção do conhecimento.

Dentre esses princípios, destacam-se os três primeiros por influenciarem diretamente no planejamento docente e na escolha das estratégias e recursos didáticos adotados. Afinal, se cada pessoa apresenta um ritmo e processo próprios de aprendizagem, aprendendo aquilo que lhe é relevante e significativo, por que as atividades escolares e acadêmicas – em especial as avaliações – beneficiam aqueles que apresentam as inteligências linguística e lógico-matemática mais desenvolvidas?

Segundo Howard Gardner (1995), o intelecto humano é plural e cada indivíduo apresenta um perfil particular de inteligências que atuam de modo integrado e harmônico para a resolução de problemas ou a elaboração de produtos. Para esse autor, cada uma das múltiplas inteligências (figura 2) pode ser mais ou menos preponderante dentro do espectro intelectual da pessoa, influenciando em seus interesses e habilidades individuais.

É importante ressaltar que, para Gardner (1995, p. 35), “uma inteligência serve tanto como o conteúdo de instrução quanto como o meio para comunicar aquele conteúdo”. Ao utilizar a matemática como exemplo, o autor defende ainda que quando esta falha enquanto meio – por dificuldade do aprendiz, por exemplo – deve ser procurada uma rota alternativa para que, enquanto conteúdo, a matemática possa ser aprendida. Nesse caso, utilizando um modelo espacial, por exemplo, ou qualquer outra rota secundária que explore uma outra inteligência forte naquele indivíduo.

Figura 2: As capacidades relacionadas às inteligências múltiplas propostas por Howard Gardner.



Elaborada com base em: Gardner (1994, 1995, 1999).

No presente trabalho foram investigados os espectros intelectuais dos estudantes da graduação em Ciências Biológicas na Universidade Federal do Paraná, bem como a percepção dos estudantes entrevistados a respeito de suas dificuldades em Genética e da eficácia dos recursos didáticos mais utilizados durante o Ensino Médio e o Ensino Superior dos indivíduos que compõem a amostra considerada. Além disso, foram analisadas as notas finais dos estudantes em três disciplinas da área de Genética e investigadas as possíveis relações entre o desempenho desses estudantes nas avaliações adotadas no Ensino Superior, seu espectro intelectual e a autopercepção de suas dificuldades.

A análise desses dados tem o objetivo de instigar a reflexão a respeito do processo avaliativo e das estratégias e recursos didáticos adotados no Ensino Superior Brasileiro.

Sendo assim, visa contribuir para que os professores da graduação propiciem melhores condições de manifestação de aprendizagem a estudantes com diferentes perfis e, por meio de avaliações diagnósticas e formativas, identifiquem aspectos que os permitam realizar intervenções em seu planejamento didático-pedagógico a fim de contribuir para a construção do conhecimento e para o desenvolvimento de habilidades científicas, comunicativas, socioemocionais e didáticas de seus estudantes.

2 METODOLOGIA

Para a coleta de dados primários, dois grupos de estudantes de Licenciatura e/ou Bacharelado em Ciências Biológicas, matriculados regularmente na Universidade Federal do Paraná, foram entrevistados por meio de questionários. A aplicação dos questionários ocorreu durante a aula de Genética de Populações da turma matutina (52 alunos matriculados) e da turma noturna (65 alunos matriculados).

Foram consideradas válidas as respostas dos estudantes presentes que optaram por participar da pesquisa e preencheram os dois questionários de acordo com as orientações. Desse modo, foram obtidos dados referentes a 80 estudantes da graduação, de ambos os sexos e com idades entre 18 e 35 anos.

O questionário I, baseado na teoria das Inteligências Múltiplas de Howard Gardner, investigava aspectos referentes ao espectro intelectual de cada um dos estudantes da amostra. Para tanto, foram utilizados dois testes diagnósticos que, juntos, continham 112 questões objetivas. As primeiras 63 perguntas foram dispostas em grupos de nove questões, sobre cada uma das inteligências investigadas, e elaboradas com base no questionário de Reid (1998). Já as últimas 49 perguntas foram embasadas em um teste disponibilizado por Armstrong (199?) e dispostas de modo a intercalar os diferentes tipos de inteligência.

A aplicação de dois testes agrupados e com a disposição de perguntas de modo diferenciado possibilitou que fosse verificada a coerência entre as respostas dos entrevistados. Uma vez realizada essa análise, foram incluídos na amostra apenas os participantes cujos resultados dos dois testes diagnósticos não revelaram divergências significativas no teste de qui-quadrado ($p > 0,05$).

Cada questão do questionário I consistia em uma sentença afirmativa curta e o entrevistado deveria responder indicando o quanto se identificava com aquela afirmação, assinalando um "X" em uma das cinco colunas existentes: "não me descreve de forma alguma", "me descreve pouco", "me descreve em partes", "me descreve muito bem" ou "me

descreve exatamente”. Cada uma dessas colunas correspondia a um peso a ser considerado durante a análise dos dados, sendo que as afirmativas que não descreviam os estudantes de forma alguma recebiam o peso 0, sendo acrescido 1 ponto a cada coluna. Desse modo, as afirmativas que descreviam exatamente os estudantes correspondiam ao peso máximo de 4 pontos.

Nesse questionário não foram incluídas perguntas referentes à inteligência naturalista, pois esta inteligência está amplamente relacionada ao Curso de Ciências Biológicas e, provavelmente, estaria bastante desenvolvida na grande maioria dos estudantes da amostra. Já a distribuição da inteligência existencial não foi investigada no espectro desses estudantes, por oferecer informações mais relacionadas a possíveis contextualizações e abordagens docentes, do que às estratégias didáticas e avaliativas ou os recursos didáticos investigados nesse estudo.

O questionário II foi estruturado com perguntas referentes ao ensino-aprendizagem dos estudantes, principalmente, com relação às suas dificuldades em genética e à sua percepção a respeito do potencial de contribuição de diferentes estratégias e recursos didáticos adotados no decorrer de sua vida escolar e acadêmica.

A primeira pergunta desse questionário investigava a percepção dos estudantes quanto ao nível de contribuição de diferentes estratégias e recursos didáticos frequentemente adotadas nas salas de aula brasileiras. Nesse caso, os estudantes deveriam classificar as estratégias e os recursos previamente elencados de acordo com sua contribuição para sua aprendizagem, havendo quatro níveis possíveis de classificação: “muito”, “intermediário”, “pouco” e “nada”. Durante a análise desses dados, foram atribuídos pesos para cada uma das categorias existentes de modo similar ao que foi realizado para o questionário sobre as inteligências múltiplas. Nessa situação, foram atribuídos 3 pontos para estratégias e recursos que contribuía muito para a aprendizagem do entrevistado, 2 para intermediário, 1 para pouco e 0 para nada.

A segunda pergunta pedia que os estudantes elencassem – dentre as opções de estratégias e recursos listados na pergunta anterior – os três mais frequentemente adotados e/ou recomendados por seus professores do Ensino Médio e do Ensino Superior.

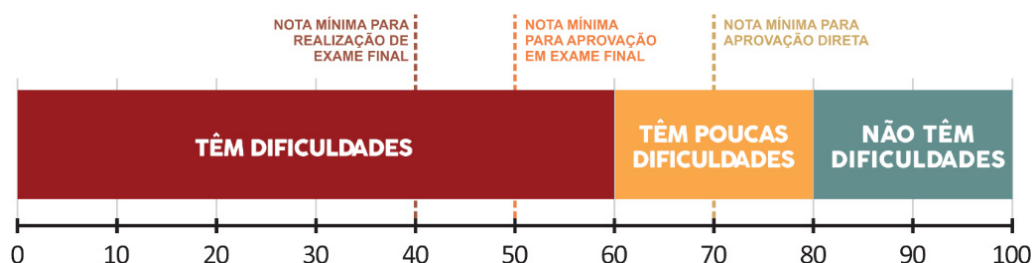
Já a terceira pergunta fazia referência a área da biologia de maior interesse nessa pesquisa, coletando informações a respeito do ensino-aprendizagem em genética de cada estudante. Nesse caso, o estudante deveria responder à questão “você tem dificuldades em genética?” escolhendo uma das três opções de resposta possíveis: “sim”, “não” ou “poucas”.

As perguntas de ambos os questionários geraram dados quantitativos que contribuíram para a análise das preferências, dificuldades, capacidades e interesses dos entrevistados. Após a identificação dos perfis desses estudantes, foram investigadas as relações dos dados coletados nos questionários entre si e com o desempenho desses estudantes em disciplinas ofertadas pelo departamento de genética.

Por meio da colaboração das professoras responsáveis pelas disciplinas ministradas para os cursos de Licenciatura e/ou Bacharelado em Ciências Biológicas, foram obtidos dados referentes ao aproveitamento dos estudantes matriculados, durante o período de 2016 a 2019, em Genética I (BG038), Genética II (BG039) e Genética de Populações (BG040)⁴. Uma vez que, dentre os estudantes que responderam satisfatoriamente os questionários, 64 cursaram as três disciplinas durante o intervalo analisado, este passou a ser o número de estudantes que compõe a amostra utilizada nesse estudo.

Para permitir a comparação entre a “dificuldade declarada”, extraída das respostas aos questionários, e a “dificuldade detectada”, referente à nota final calculada com base no desempenho dos estudantes nas avaliações de cada disciplina, os mesmos três níveis de dificuldade propostos nos questionários foram atribuídos a três intervalos de notas dos estudantes (figura 3).

Figura 3: Níveis de dificuldade detectada atribuídos aos estudantes com base nas notas finais das três disciplinas consideradas.



Os estudantes desistentes, reprovados por nota ou aprovados apenas em exame final – com nota final entre 0 e 60 – foram incluídos no grupo de estudantes que tiveram dificuldades detectadas por meio das avaliações. Aqueles que foram aprovados direto ou em exame final, mas obtiveram um aproveitamento próximo ao valor da média do curso – com nota final entre 61 e 79 – foram incluídos no grupo com poucas dificuldades detectadas. Já aqueles que foram aprovados direto e com nota final igual ou maior que 80, compõem o grupo de estudantes que não tiveram dificuldades detectadas pelas avaliações.

⁴ Os planos de ensino dessas disciplinas estão disponíveis no portal da coordenação do curso de Ciências Biológicas da UFPR e podem ser consultados nos seguintes links:

BG038: <http://www.bio.ufpr.br/portal/cbio/wp-content/uploads/sites/3/2013/04/BG038.pdf>

BG039: <http://www.bio.ufpr.br/portal/cbio/wp-content/uploads/sites/3/2013/04/BG039.pdf>

BG040: <http://www.bio.ufpr.br/portal/cbio/wp-content/uploads/sites/3/2013/04/BG040.pdf>

Sendo assim, em diferentes momentos, esses três níveis podem fazer referência à dificuldade declarada pelos estudantes ou à dificuldade detectada nas avaliações de cada uma das disciplinas de modo isolado ou ainda à dificuldade média detectada em genética. Esta última, obtida com base no valor médio das notas finais das disciplinas BG038, BG039 e BG040.

Com o intuito de agregar credibilidade e legitimidade às hipóteses levantadas como propõem Souza e Kerbauy (2017), mas também para que todos os dados obtidos fossem analisados à luz da complexidade das questões cognitivas e sociais envolvidas, adotou-se uma abordagem quanti-qualitativa de pesquisa. Assim, os resultados e a discussão aqui apresentados são frutos do cruzamento entre os dados estatísticos obtidos e o conhecimento empírico acumulado pela experiência em docência e pesquisa em ensino de ciências.

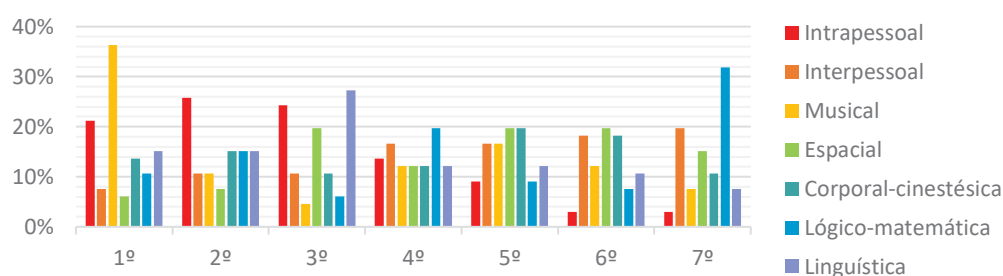
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 O espectro intelectual dos estudantes entrevistados

A análise dos dados referentes ao espectro intelectual dos estudantes entrevistados permitiu a confirmação da existência de perfis particulares e heterogêneos de inteligências, com tipos de inteligências mais ou menos preponderantes em cada indivíduo, conforme propôs Gardner (1995).

Com base nas respostas dos questionários, foi possível identificar como ocorre a distribuição das múltiplas inteligências no grupo analisado (figura 4) e, assim, reconhecer a frequência com que as sete inteligências investigadas aparecem como mais ou menos desenvolvidas nesses indivíduos. Desse modo, por exemplo, permitindo reconhecer que a inteligência musical se posiciona com maior frequência como a mais desenvolvida nos estudantes entrevistados (1º lugar), enquanto a inteligência lógico-matemática ocupa com maior frequência a última posição no espectro intelectual desse mesmo grupo (7º lugar).

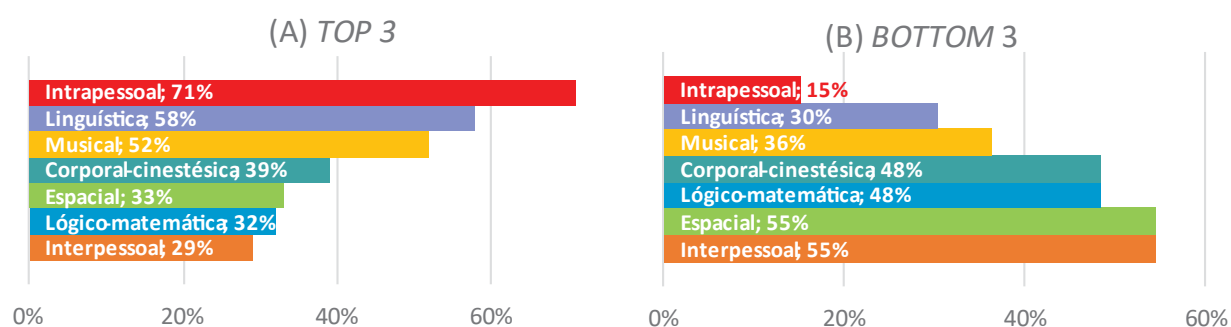
Figura 4: Frequência com que cada um dos diferentes tipos de inteligências investigados ocupou uma das sete posições no ranking do espectro intelectual dos estudantes da amostra.



Além disso, sabendo que as diferentes inteligências atuam de modo integrado e que as diferenças quantitativas encontradas entre posições próximas podem ser pequenas em alguns indivíduos, foram analisadas também as frequências com que cada tipo de inteligência ocupava um dos três primeiros e um dos três últimos lugares no *ranking* de inteligências dos entrevistados, respectivamente, compondo o “*top 3*” e o “*bottom 3*” de inteligências desses estudantes (figura 5).

Para isso, foram contabilizados todos os estudantes que apresentavam determinado tipo de inteligência como primeira, segunda ou terceira mais desenvolvida e este valor foi dividido pelo número de indivíduos que compõe a amostra (n=66). Desse modo, determinando a frequência desse tipo de inteligência no *top 3* do espectro intelectual dos estudantes entrevistados. De maneira similar, a frequência das inteligências no *bottom 3* foi calculada com base na quantidade de estudantes que apresentavam determinada inteligência em uma das três últimas posições de seu ranking.

Figura 5: Frequência de cada tipo de inteligência nas três primeiras posições (A) e três últimas posições (B) do *ranking* do espectro intelectual dos estudantes da amostra.



Nesse caso, foram encontradas como preponderantes na amostra as inteligências intrapessoal, linguística e musical. Já nas últimas posições, como as três menos desenvolvidas no grupo, foram diagnosticadas as inteligências corporal-cinestésica e lógico-matemática (em empate), espacial e interpessoal. É importante ressaltar que esses dados foram utilizados na estimativa de possíveis relações entre a distribuição dessas inteligências com as dificuldades declaradas pelos estudantes e detectadas nas avaliações e serão mais bem discutidos posteriormente.

3.2 Dificuldade declarada e dificuldade detectada

Com relação à dificuldade em genética declarada pelos estudantes, os resultados obtidos entram em concordância com o descrito na literatura, confirmando a existência de dificuldades referentes ao ensino-aprendizagem nessa área da biologia mesmo no Ensino Superior.

Apenas uma pequena parcela dos estudantes entrevistados (12%) declarou não ter dificuldades para aprender Genética, enquanto 33% dos participantes declararam ter poucas dificuldades e 55% declararam ter dificuldades significativas nesse processo.

Acredita-se que esses dados sejam bastante fidedignos à realidade dos estudantes, provavelmente até mais do que aqueles referentes à dificuldade detectada nas avaliações. Afinal, cada estudante sabe a dedicação que desprende para suas atividades e, desse modo, tem propriedade para comparar suas dificuldades em genética com aquelas em outras áreas.

Além disso, o fato da inteligência que mais se destaca nas primeiras posições do espectro intelectual desses estudantes ser a inteligência intrapessoal reforça a credibilidade desses relatos, pois demonstra que os estudantes tendem a ter um grande conhecimento de si mesmos, sendo potencialmente capazes de identificar e descrever suas maiores capacidades e seus aspectos a desenvolver.

Essa autoavaliação fornece dados importantes pois independe das expectativas dos docentes, dos recursos avaliativos adotados ou do desempenho de terceiros – como pode ocorrer com as avaliações. E, por depender exclusivamente da metacognição do estudante, pode fornecer parâmetros relevantes para analisar a eficácia das diferentes avaliações enquanto ferramenta para mensurar a aprendizagem dos estudantes.

Por outro lado, as avaliações somativas fornecem dados quantitativos que permitem a identificação de padrões que se repetem em uma mesma disciplina e na área da genética ou que destoam em disciplinas diferentes, também sendo relevantes para o presente estudo pois permitem a análise do efeito das particularidades de cada uma das disciplinas analisadas (quadro 1) no desempenho dos estudantes.

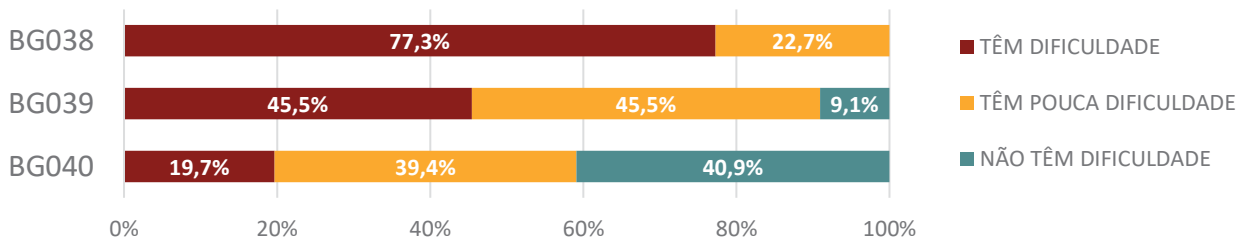
Quadro 1: Atividades avaliativas e as fórmulas utilizadas para calcular as médias finais das disciplinas BG038, BG039 e BG040.

	Genética I (BG038)	Genética II (BG039)	Genética de Populações (BG040)
Período	3º	4º	4º
Carga horária	Teórica (45h) + Prática (30h)	Teórica (30h) + Prática (30h)	Teórica (30h)
Avaliações	Duas avaliações somativas com questões objetivas e discursivas e um relatório referente às atividades práticas (cruzamentos direcionados e descendência em <i>Drosophila melanogaster</i>).	Duas avaliações somativas com questões objetivas e discursivas referentes ao conteúdo das aulas teóricas e duas avaliações similares referentes às aulas práticas.	Duas avaliações somativas com questões, em sua maioria, discursivas e a resolução de exercícios diários, entregues ao final de cada aula.
Média final	$\frac{1^{\text{a}} AT + 2^{\text{a}} AT + RP}{3}$	$\frac{1^{\text{a}} AT + 2^{\text{a}} AT + (1^{\text{a}} AP + 2^{\text{a}} AP)}{3}$	$\frac{1^{\text{a}} AT + 2^{\text{a}} AT + (\sum ED)}{3}$

Legenda: [AT] Avaliação referente às aulas teóricas; [RP] Relatório das atividades práticas; [AP] Avaliação referente às aulas práticas; [ED] Exercícios diários.

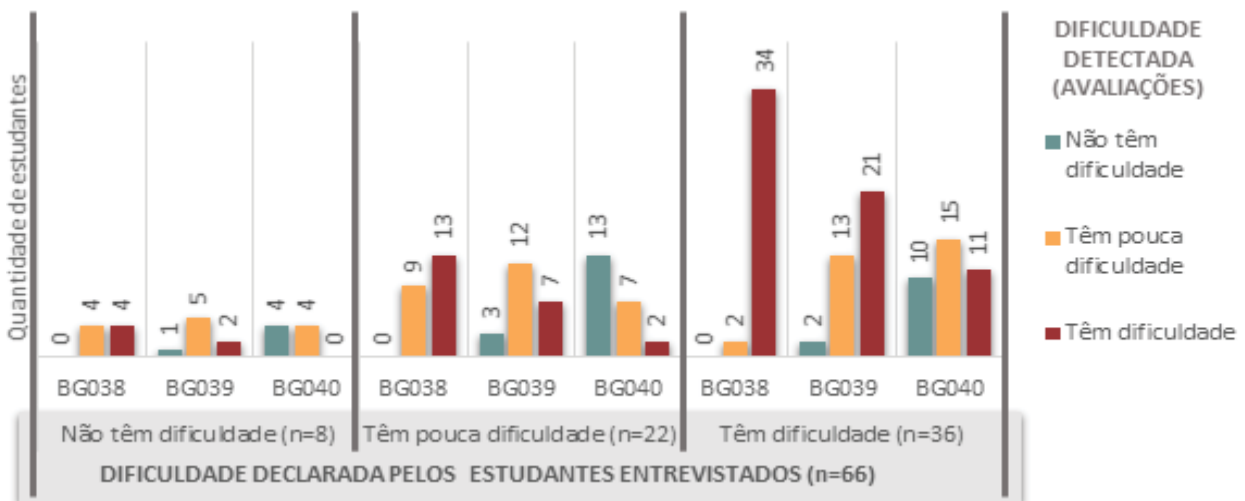
A análise do aproveitamento dos estudantes (figura 6) da amostra tornou evidente que as dificuldades detectadas pelas avaliações aplicadas em Genética I (BG038) foram significativamente maiores do que aquelas detectadas em Genética II (BG039) e, ainda maiores, do que aquelas detectadas em Genética de Populações (BG040).

Figura 6: Percentual de estudantes da amostra que se enquadram nos diferentes níveis de dificuldade detectada nas disciplinas analisadas.



A comparação entre a dificuldade declarada em genética e as dificuldades detectadas nas avaliações em cada uma das três disciplinas (figura 7) demonstrou que nem sempre a autopercepção dos estudantes coincidiu com o diagnóstico fornecido pelas avaliações. Assim sendo, a menor discrepância entre as dificuldades declarada e detectada foi registrada na disciplina BG039, já a maior na disciplina BG040 – na qual os estudantes obtiveram os melhores aproveitamentos.

Figura 7: Relação entre a dificuldade declarada pelos estudantes em genética e a dificuldade detectada pelas avaliações em cada uma das três disciplinas analisadas.



Quando utilizada a média das notas finais obtidas nas três disciplinas como parâmetro para mensurar a mesma discrepância, foi possível perceber que 68,2% dos estudantes apresentaram a dificuldade declarada em genética coincidente com a

dificuldade média detectada. Enquanto 19,7% declararam uma dificuldade maior e 12,1% declararam uma dificuldade menor.

Esse resultado pode estar associado ao fato de a entrevista ter sido feita no decorrer do semestre, antes que todo o conteúdo previsto em ementa tivesse sido apresentado, mas também pode nos atentar para o fato que notas obtidas nas avaliações aplicadas possam não traduzir fielmente as dificuldades de todos os estudantes. Sendo influenciadas, entre outros fatores, pelo maior esforço daqueles com dificuldade ou pela menor dedicação daqueles com mais facilidade em compreender os temas estudados.

Além disso, as diferentes quantidades e tipos de avaliações adotadas nas três disciplinas parecem influenciar significativamente na nota final dos estudantes. É possível notar que a dificuldade detectada nas disciplinas é diretamente proporcional à quantidade de avaliações ofertadas ao estudante (Quadro 1 e Figura 6). Esse resultado concorda com o que é apresentado pela literatura como benefício das avaliações formativas, pois ao ocorrerem de modo mais frequente e no decorrer do processo, as avaliações permitem ao estudante testar seus conhecimentos e compreender o status da sua aprendizagem em diferentes etapas, diagnosticando os tópicos que irão lhe exigir mais estudo e até mesmo retomando conteúdos que possam contribuir para o entendimento das aulas e atividades futuras. Ademais, quando apreciadas pelo docente também processualmente, as avaliações formativas permitem ao professor a realização de intervenções didáticas, tais como revisões, mudanças de abordagens ou uma maior quantidade de tempo dedicado à determinados assuntos, por exemplo. Desse modo, favorecendo o ensino-aprendizagem e propiciando aos estudantes oportunidades de manifestar sua aprendizagem em avaliações futuras de modo mais satisfatório.

3.3 O espectro intelectual e a dificuldade em genética

Na tentativa de compreender se o espectro intelectual do estudante pode estar associado de alguma maneira ao seu desempenho em cada uma dessas disciplinas e à sua aprendizagem em genética, foram cruzados os dados referentes ao percentual de estudantes que possuem cada uma das múltiplas inteligências investigadas nas três primeiras (*top 3*) e três últimas posições (*bottom 3*) do seu *ranking* com: a dificuldade em genética por eles declarada, a dificuldade detectada em cada uma das três disciplinas e a dificuldade associada à média das notas finais nas três disciplinas (dificuldade média detectada).

Embora três níveis de dificuldade tenham sido declarados e detectados na amostra, os valores referentes às categorias de estudantes com pouca dificuldade não foram considerados durante essa análise. Essa exclusão minimiza o impacto da heterogeneidade desse grupo nos dados, pois descarta indivíduos que estão no limiar das categorias ou que – por fatores não investigados – possam ter se deslocado do grupo que melhor lhes representava. Além disso, evidencia os valores que trazem informações mais relevantes, pois referem-se aos perfis mais extremos.

Devido a análise do percentual de estudantes, pertencentes às diferentes categorias de dificuldade, que tiveram cada uma das inteligências identificadas em seu *top 3* e *bottom 3* (tabela 1), foi possível notar que, por exemplo, apenas 13% dos estudantes que tiveram dificuldades detectadas em BG039 possuem a inteligência lógico-matemática como uma das três mais desenvolvidas. Enquanto 73% dos estudantes dessa mesma categoria – que teve dificuldades detectadas em BG039 – possuem a inteligência lógico-matemática dentre as três menos desenvolvidas de seu espectro intelectual (valores em destaque na tabela 1). E, seguindo esta lógica, os 14% suprimidos da tabela possuem a inteligência lógico-matemática em 4º lugar no seu ranking de inteligências.

Tabela 1: Percentual de estudantes, pertencentes a diferentes categorias de dificuldade, que possuem cada uma das inteligências investigadas em seu *top 3* e *bottom 3*.

CATEGORIAS DE DIFICULDADE →		DIFICULDADE DECLARADA		DIFICULDADE MÉDIA DETECTADA		DIFICULDADE DETECTADA EM BG038		DIFICULDADE DETECTADA EM BG039		DIFICULDADE DETECTADA EM BG040		
		Têm dificuldade (n=36)	Não têm dificuldade (n=8)	Têm dificuldade (n=31)	Não têm dificuldade (n=7)	Têm dificuldade (n=51)	Não têm dificuldade (n=0)	Têm dificuldade (n=30)	Não têm dificuldade (n=6)	Têm dificuldade (n=13)	Não têm dificuldade (n=27)	
POSIÇÃO DA INTELIGÊNCIA NO RANKING	TOP 3	la	67%	100%*	68%	86%*	71%	0%	80%	67%	62%	78%*
		le	31%	0%	35%	14%	29%	0%	33%	17%	38%	26%
		M	64%	25%	58%	29%	61%	0%	53%	33%	46%	48%
		E	44%	25%	39%	29%	35%	0%	37%	50%**	31%	26%
		C	39%	38%	42%	29%	45%	0%	47%	17%	46%	44%
		Lo	19%	38%*	16%	57%*	24%	0%	13%	50%*	15%	52%*
		Li	53%	75%*	55%	71%*	51%	0%	47%	83%*	69%**	44%**
	BOTTOM 3	la	17%	0%*	19%	14%	18%	0%	10%	33%	23%	7%
		le	50%	100%	42%	86%	51%	0%	40%	83%	38%	63%
		M	33%	38%	39%	57%	33%	0%	40%	67%	54%	37%
		E	44%	50%	45%	57%	51%	0%	43%	33%**	46%	63%
		C	47%	63%*	45%	43%	43%	0%	43%	33%	31%	44%
		Lo	64%*	25%	68%*	29%	55%*	0%	73%*	33%	77%*	33%
		Li	31%	25%	26%	14%	35%	0%	33%	17%	8%**	48%**

Nessa tabela, foram destacados os dados mais relevantes para cada uma das hipóteses elaborada por meio de sua cor respectiva. Os valores 13% e 73% contornados em preto estão em destaque no parágrafo anterior à tabela. Legenda: [n] quantidade de entrevistados que compõe cada uma das categorias de dificuldade; [C] Int. corporal-cinestésica; [E] Int. espacial; [Lo] Int. lógico-matemática; [M] Int. musical; [le] Int. interpessoal; [la] Int. intrapessoal; [Li] Int. linguística. *Dados que corroboram o privilégio que as avaliações somativas tradicionais garantem a um perfil específico de estudantes. **Dados que destoam do padrão observado nas demais disciplinas.

O estudo minucioso desses dados contribuiu para que algumas hipóteses⁵ (quadro 2) fossem levantadas a respeito da relação entre a preponderância das diferentes inteligências investigadas no espectro intelectual do entrevistado e suas dificuldades declaradas e detectadas. Assim, sugerindo possíveis linhas para investigações futuras.

Quadro 1: Hipóteses embasadas na análise dos dados que se referem às possíveis relações entre o espectro intelectual dos estudantes e suas dificuldades em genética.

H1	Os estudantes que têm maior autoconhecimento utilizam estratégias de aprendizagem favoráveis ao seu desenvolvimento e isso pode estar relacionado positivamente à sua dificuldade declarada e o seu desempenho em genética.
H2	Os estudantes que têm menor inteligência interpessoal podem estar se dedicando menos às atividades sociais e mais aos estudos e isso influencia positivamente em seu nível de dificuldade em genética.
H3	Os estudantes que possuem a inteligência musical bem desenvolvida apresentam mais dificuldades de aprendizagem e piores desempenhos nas avaliações, devido à falta de recursos e estratégias didáticas que os motivem e favoreçam seu desenvolvimento e suas manifestações de aprendizagem.
H4	Os estudantes que possuem a inteligência espacial menos desenvolvida e não dependem de estratégias didáticas que explorem essa capacidade para aprender, apresentam menos dificuldade em genética e melhores desempenhos nas avaliações de disciplinas que utilizam menos recursos visuais e tridimensionais.
H5	Os estudantes que não dependem de estratégias didáticas mais ativas para aprender, com mais interações e atividades "mão na massa", possuem menos dificuldade em compreender questões moleculares e conteúdos menos palpáveis como aqueles da genética.
H6	A dificuldade dos estudantes em genética pode estar associada ao menor desenvolvimento da inteligência lógico-matemática e à dificuldade do estudante na elaboração de hipóteses e na realização de cálculos.
H7	Os estudantes que possuem maior domínio das linguagens entendem melhor o docente e os materiais didáticos e isso influencia positivamente em seu nível de dificuldade em genética.
H8	Os estudantes que possuem maior domínio das linguagens manifestam melhor suas aprendizagens em avaliações escritas e isso influencia positivamente no aproveitamento obtido das disciplinas de genética.

Além de evidenciar possíveis relações – descritas nas hipóteses – entre os diferentes tipos de inteligência e a aprendizagem em genética, os dados corroboraram os estudos em educação que defendem o privilégio que as avaliações somativas tradicionais podem oferecer a um determinado perfil de estudantes. Isto porque ao ser constituída por questões objetivas e discursivas – sejam elas dependentes de respostas textuais ou do desenvolvimento de cálculos – essas avaliações contribuem para o bom desempenho daqueles estudantes que possuem as inteligências linguística e lógico-matemática bem desenvolvidas. No entanto, quando provenientes de estudantes que também possuem a inteligência intrapessoal em destaque, essas respostas podem apenas simular a aprendizagem significativa. Não necessariamente representando o desenvolvimento de uma competência ou habilidade específica, mas sim de uma aprendizagem mecânica – oriunda do treino da resolução de exercícios similares em período anterior à avaliação ou até mesmo de uma memorização temporária de respostas. Isto porque esse estudante,

⁵ A descrição detalhada dos dados que subsidiaram a elaboração das hipóteses discutidas nesse artigo pode ser observada no material suplementar (apêndice I).

possivelmente, conhece as estratégias que lhe garantem bons resultados e é capaz de estudar bem individualmente.

Na Tabela 1, todos os dados destacados com um asterisco reforçam a ideia de que os melhores desempenhos nas avaliações das disciplinas são obtidos por estudantes com esse perfil em específico – com predominância das inteligências linguística, lógico-matemática e intrapessoal em detrimento das demais.

Uma pequena divergência pode ser notada nos dados numéricos referentes à disciplina BG040 – onde a inteligência linguística aparece como inversamente proporcional à dificuldade detectada pelas avaliações. Ainda assim, embora nesse caso a relação entre a inteligência linguística e as dificuldades detectadas não sejam as mesmas que as percebidas em outras situações e, inclusive, haja um desempenho mais uniforme entre estudantes com diferentes tipos de inteligência nas primeiras posições do seu *ranking*, há indícios de uma possível e relevante influência das inteligências lógico-matemática e intrapessoal na nota final dos estudantes, de modo similar ao que foi observado nas outras duas disciplinas.

Outra divergência pode ser percebida nos dados referentes à disciplina BG039. Nesse caso específico, dentre os estudantes que não tiveram dificuldades detectadas, há mais indivíduos com a inteligência espacial em seu *top 3*, do que em seu *bottom 3*.

Ambas as divergências são compreensíveis uma vez que a disciplina BG040 exige mais o desenvolvimento de cálculos em suas avaliações do que respostas escritas e a disciplina BG039 – por abordar principalmente questões moleculares da genética – tende a fazer mais uso de recursos visuais e tridimensionais – como animações, por exemplo.

3.4 A percepção dos estudantes entrevistados sobre diferentes estratégias e recursos didáticos

Com base na percepção dos estudantes entrevistados, foi estabelecido o grau de contribuição de cada estratégia ou recurso didático elencado para o ensino-aprendizagem desse grupo (tabela 2). Para tanto, a pontuação atribuída para o nível de contribuição do recurso/estratégia por todos os estudantes da amostra foi dividida pela pontuação máxima possível, ou seja, aquela que seria obtida caso todos os entrevistados considerassem que tal recurso ou estratégia contribuía muito para sua aprendizagem.

Os cinco recursos/estratégias com maior grau de contribuição, segundo a percepção dos estudantes entrevistados, foram: participar de aulas de campo, fazer resumos no caderno, resolver exercícios, participar de aulas práticas e discutir o assunto com colegas.

Além disso, foram levantadas informações a respeito dos recursos/estratégias mais recomendados pelos professores desses estudantes durante o Ensino Médio e o Ensino Superior. Desse modo, tornou-se possível ordená-los de acordo com a quantidade de estudantes que assinalou cada um desses recursos/estratégias como um dos três mais indicados por seus docentes (tabela 2).

A análise desses dados permitiu um melhor entendimento a respeito do quanto cada tipo de atividade pode trazer de benefícios ao ensino-aprendizagem desses estudantes. Um dos aspectos mais relevantes dessa investigação é a possibilidade de verificar que alguns dos recursos e estratégias mais adotados são apontados como pouco benéficos pelos entrevistados, tais como a produção de cartazes, a apresentação de seminários e a confecção de trabalhos escritos. Por outro lado, atividades bem avaliadas por esses estudantes, como as aulas de campo, a confecção de resumos e as discussões com os colegas parecem pouco exploradas pelos docentes (Tabela 2).

Tabela 2: Grau de contribuição de diferentes estratégias e recursos didáticos para o ensino-aprendizagem segundo os estudantes entrevistados e a classificação desses recursos de acordo com a frequência de recomendação dos docentes do Ensino Médio e do Ensino Superior.

ESTRATÉGIA/RECURSO DIDÁTICO	CONT.	E.M.*	E.S.*
Participar de aulas de campo	84,1%	-	8º
Fazer resumos no caderno	81,5%	10º	11º
Resolver exercícios (livro, vestibular, Enem...)	81,0%	1º	7º
Participar de aulas práticas	79,0%	7º	2º
Discutir sobre o assunto com seus colegas	77,9%	8º	16º
Assistir videoaulas	75,9%	13º	16º
Criar esquemas/desenhos	75,4%	10º	11º
Prestar atenção nas aulas expositivas	72,8%	2º	2º
Assistir animações	69,7%	10º	9º
Dialogar com o(a) professor(a)	69,2%	13º	13º
Fazer estudos dirigidos pesquisando em livros	67,7%	8º	1º
Fazer estudos dirigidos pesquisando na internet	64,6%	6º	4º
Fazer trabalhos escritos	57,4%	3º	5º
Apresentação de seminários	47,2%	5º	6º
Realizar jogos e encenações	39,5%	15º	9º
Utilizar aplicativos de celular	31,3%	-	-
Produzir mídias digitais: vídeos, músicas, sites etc.	30,8%	15º	13º
Produzir mídias impressas: revistas, jornais etc.	30,8%	17º	18º
Produzir cartazes/banners	27,2%	4º	13º

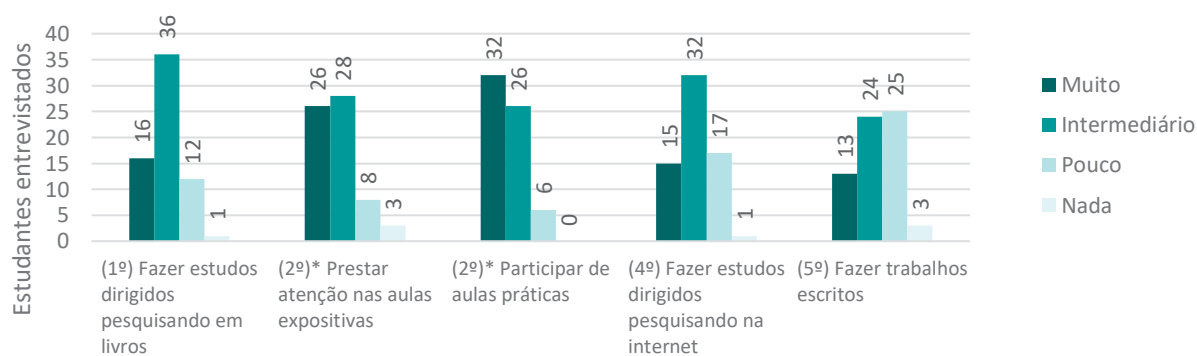
Legenda: [Cont.] Grau de contribuição da estratégia/recurso didático para o ensino-aprendizagem, calculada com base na pontuação máxima possível. [E.M.] Ensino Médio. [E.S.] Ensino Superior. [-] Estratégia ou recurso didático não recomendado pelos docentes com frequência. *Estratégias ou recursos didáticos que empataram em frequência de recomendação pelos docentes aparecem classificados na mesma posição.

No caso do Ensino Superior foi verificado que, dentre as estratégias e recursos mais recomendados pelos docentes, apenas as aulas práticas são consideradas pela maioria dos estudantes entrevistados como recursos didáticos que contribuem muito para o ensino-aprendizagem. Já os estudos dirigidos e as aulas expositivas são classificados pela maioria

como recursos de contribuição intermediária, enquanto os trabalhos escritos são descritos pela maioria como recursos de pouca contribuição (figura 8).

Esses resultados sinalizam a importância do diálogo com os estudantes para a elaboração de um planejamento didático-pedagógico em concordância com os perfis de cada turma de alunos e com os objetivos de contribuição de cada disciplina para a formação dos discentes. Ainda que em alguns casos sejam possíveis, devido às questões burocráticas, apenas ajustes no que diz respeito às atividades que serão desenvolvidas, as metodologias aplicadas e as estratégias ou recursos didáticos que serão mais explorados.

Figura 8. Quantidade de estudantes que classificou cada uma das cinco estratégias ou recursos didáticos mais recomendados pelos professores do Ensino Superior como pertencente a cada um dos níveis de contribuição existentes no questionário: muito, intermediário, pouco ou nada.



*De acordo com as respostas dos questionários, essas estratégias foram indicadas pelos docentes dos estudantes entrevistados com a mesma frequência, empatando em segundo lugar na classificação.

Devido ao grande número de estudantes matriculados, esse diálogo não necessariamente precisa ocorrer de modo individual ou presencial, entre estudante e professor. Se mais pertinente, pode ocorrer por meio de recursos digitais que favoreçam a organização dos dados de todos os estudantes e permitam a identificação de conceitos prévios dos estudantes, das fragilidades na formação anterior que possam impactar em sua aprendizagem e, sempre que possível, de seus espectros intelectuais e concepções metacognitivas.

O levantamento dessas informações se realizado, preferencialmente, por meio de avaliações diagnósticas aplicadas no início de cada período letivo pode contribuir para o entendimento do docente a respeito de seus alunos e, então, possibilitar o planejamento das aulas e avaliações por meio de escolhas mais conscientes e com propósitos bem estabelecidos – que estejam em concordância com o projeto de vida dos estudantes e os anseios da sociedade contemporânea.

Uma vez que as tradicionais avaliações somativas – com questões discursivas e/ou objetivas, que buscam verificar a aprendizagem dos estudantes por meio de respostas

idealizadas – atendem a requisitos importantes referentes a questões burocráticas que comprovam a aprovação dos estudantes, elas não necessariamente precisam ser eliminadas do ambiente acadêmico. No entanto, devem ser vistas como apenas uma das modalidades avaliativas, com características e objetivos específicos.

Desse modo, além das avaliações diagnósticas já mencionadas, poderão ser adotadas as avaliações formativas como modalidade preferencial. Isto porque elas não apenas buscam identificar conceitos e aprendizagens por meio de respostas corretas, mas têm potencial mediador e, alinhadas com os interesses educacionais atuais, estão centradas no desenvolvimento e no protagonismo do estudante.

Para explorarem seu potencial formativo, as avaliações devem ser aplicadas em maior frequência e processualmente, assim como foi feito em BG040. Além disso, deverão ser analisadas pelos professores no menor tempo possível após a aplicação, não com o intuito de serem corrigidas, mas sim de fornecerem informações relevantes para os professores a respeito das estratégias didáticas adotadas e garantir *feedbacks* aos estudantes em tempo hábil, subsidiando intervenções didático-pedagógicas e favorecendo os estudos subsequentes e a formação do estudante.

Devido à heterogeneidade do espectro intelectual dos estudantes, o ideal é que essas avaliações sejam diversificadas, curtas e ofereçam a todos os estudantes, independentemente de suas inteligências preponderantes, condições semelhantes de desenvolvimento e manifestação de suas aprendizagens.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da análise das respostas dos entrevistados aos questionários I e II, foi possível estabelecer o perfil dos estudantes que compõem a amostra e levantar dados interessantes referentes a heterogeneidade dos espectros intelectuais dos estudantes, bem como às dificuldades em genética e às estratégias e recursos didáticos frequentemente utilizados no Ensino Médio e no Ensino Superior.

Por outro lado, a análise dos dados referentes ao aproveitamento desses mesmos estudantes nas disciplinas BG038, BG039 e BG040 permitiu a melhor compreensão de alguns aspectos referentes ao ensino-aprendizagem em genética e ao processo avaliativo adotado nessas disciplinas.

Ao evidenciar os distintos aproveitamentos nas três disciplinas e os melhores resultados naquela com avaliações mais numerosas, processuais e curtas, esse estudo contribuiu para corroborar a importância de explorar as avaliações – ainda que lhe sejam

atribuídas notas ou conceitos – como atividades formativas, que subsidiem o desenvolvimento dos estudantes e forneçam *feedbacks* sequenciais a respeito de suas aprendizagens.

Além disso, espera-se que a comparação entre os dados extraídos dos questionários e dos relatórios finais dessas três disciplinas favoreça a reflexão nos ambientes acadêmicos a respeito da heterogeneidade de espectros intelectuais dos estudantes e da necessidade de repensar os processos avaliativos e as estratégias e recursos didáticos frequentemente adotados. Essa reflexão e as mudanças propostas não apenas contribuirão para a formação de estudantes com diferentes perfis, mas também para atender aos anseios de uma sociedade em que a memorização de conteúdos e a resolução repetitiva de exercícios não são mais prioridade. Uma sociedade onde as informações estão cada vez mais acessíveis e que – para julgá-las, discerni-las e aplicá-las – as competências e habilidades dos estudantes passam a ser mais relevantes do que a quantidade de conteúdos trabalhados nos âmbitos escolares e acadêmicos.

Dito isso, é importante ressaltar que os objetivos de cada curso e disciplina precisam ser bem estabelecidos dentro das instituições de ensino, em especial para os docentes, para que assim sejam elencadas as competências e habilidades a serem desenvolvidas e os conteúdos que devem ser utilizados como ferramentas para a formação de bons profissionais e cidadãos éticos e responsáveis.

Além de incentivar a busca pela diversificação de recursos e estratégias didáticas, a sugestão é que atividades avaliativas pouco exploradas – como as rubricas, autoavaliações, portfólios, projetos, mapas conceituais e atividades práticas – sejam cada vez mais implementadas no ambiente acadêmico.

Ressaltamos a necessidade de novos estudos para que as hipóteses aqui levantadas possam ser mais bem investigadas e verificadas em amostras de estudantes de outros períodos, cursos, instituições de ensino e regiões do país.

Além disso, acreditamos que os dados aqui obtidos por meio de questionários objetivos possam ser comparados com aqueles coletados por meio de atividades que explorem cada uma das inteligências múltiplas – como atividades musicais, cinestésicas, visuais entre outras – para que sejam corroboradas as ideias aqui defendidas ou uma nova perspectiva seja oferecida para essa área de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, A. B. GUSMÃO, F. A. F. As principais dificuldades encontradas no ensino de Genética na Educação Básica brasileira. In: 10º Encontro Internacional de Formação de Professores / 11º Fórum Permanente Internacional de Inovação Educacional, 2017, Aracaju. **Anais do ENFOPE**, v.10, n.1, 2017. Disponível em: <<https://eventos.set.edu.br/enfope/article/view/4710>>. Acesso em: 07 mai. 2021.
- ARAÚJO, M. DOS S.; FREITAS, W. L. DOS S.; LIMA, S. M. DE S.; LIMA, M. M. DE O. A genética no contexto de sala de aula: dificuldades e desafios em uma escola pública de Floriano-PI. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 9, n. 1, p. 19-30, 5 abr. 2018.
- ARMSTRONG, T. **Inteligências múltiplas na sala de aula**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.
- ARMSTRONG, T. R. **Assessment: find your strengths!** University of Idaho. [199?]. Disponível em: <<https://www.literacynet.org/mi/assessment/findyourstrengths.html>>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- BORGES, C. K. G. D.; SILVA, C. C. da; REIS, A. R. H. As dificuldades e os desafios sobre a aprendizagem das leis de Mendel enfrentados por alunos do ensino médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 6, 2017. Disponível em: <https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID403/v12_n6_a2017.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2021.
- BRASIL. **Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm>. Acesso em: 07 mai. 2021.
- CESTARO, D.C.; KLEINKE, M. U.; FURTADO-ALLE, L. Uma análise do desempenho dos participantes e do conteúdo abordado em itens de Genética e Biologia Evolutiva do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem): implicações curriculares. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 3, 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n3p503>
- GARDNER, H. **Estruturas da mente: a teoria das inteligências múltiplas**. Porto Alegre: Artmed, 1994.
- GARDNER, H. **Inteligências múltiplas: a teoria na prática**. Porto Alegre: Artmed, 1995.
- GARDNER, H. **Intelligence reframed: multiple intelligences for the 21st century**. New York: Basic Books, 1999.
- HOFFMANN, J. **Avaliação mediadora**. 35ª Edição. Porto Alegre: Editora Mediação, 2019.
- JUSTINA, L. A. D.; BARRADAS, C. M. As opiniões sobre o ensino de genética numa amostra de professores de biologia do nível médio. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2003, Bauru. **Atas IV ENPEC**. Disponível em: <<http://abrapecnet.org.br/enpec/iv-enpec/painel/PNL076.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2021.
- MARIN, G. R.B.; VINHOLI JÚNIOR, A. J. Produção científica sobre o ensino de Genética no Brasil: uma análise de teses e dissertações (2004-2019). **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 7, n. 2, p. 922–944, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/3323>. Acesso em: 7 maio. 2021.
- MIQUELANTE, M. A. *et al.* As modalidades da avaliação e as etapas da sequência didática: articulações possíveis. **Trab. linguist. apl.**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 259-299, 2017. doi: <https://doi.org/10.1590/010318135060199881>.
- PERRENOUD, P. **Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas**. Porto Alegre: Artmed, 1999.
- REID, Joy. **Understanding Learning Styles in the Second Language Classroom**. Prentice-Hall, 1998. Disponível em:

<<http://blog.portalpositivo.com.br/assessoriale/files/2013/03/teste-multiplas-inteligencias-profes3.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2021.

SCRIVEN, M. **The methodology of evaluation**. West Lafayette: Purdue University, 1966. Disponível em: < <https://eric.ed.gov/?id=ED014001>>. Acesso em: 07 mai. 2021.

SOUZA, K. R.; KERBAUY, M. T. M. Abordagem quanti-qualitativa: superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação. **Educação e Filosofia**, v. 31, n. 61, p. 21-44, 27 abr. 2017. doi: <https://doi.org/10.14393/REVEDFIL.issn.0102-6801.v31n61a2017-p21a44>

TEMP, D. S.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. Genética e suas aplicações: identificando o conhecimento presente entre concluintes do Ensino Médio. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 3., 358-372, 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X13619>.

TEMP, D. S.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. O ensino de Genética: a visão de professores de Biologia. Rev. **Cient. Schola**. v. II, n. 1, 2018. Disponível em: <[http://www.cmsm.eb.mil.br/images/CMSM/revista_schola_2018/Artigos_alterados/II_1_ O_ensino_de_Gen%C3%A9tica_-_a_vis%C3%A3o_de_professores_de_Biologia.pdf](http://www.cmsm.eb.mil.br/images/CMSM/revista_schola_2018/Artigos_alterados/II_1_O_ensino_de_Gen%C3%A9tica_-_a_vis%C3%A3o_de_professores_de_Biologia.pdf)>. Acesso em: 07 mai. 2021.

APÊNDICE I

Descrição dos principais dados quantitativos que contribuíram para a elaboração das hipóteses sobre a relação entre o espectro intelectual e os níveis de dificuldade declarados e detectados em genética pelos estudantes de Licenciatura e/ou Bacharelado em Ciências Biológicas, na Universidade Federal do Paraná.

INTRAPESSOAL	<p>H1: Os estudantes que têm maior autoconhecimento utilizam estratégias de aprendizagem favoráveis ao seu desenvolvimento e isso pode estar relacionado positivamente à sua dificuldade em genética.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 100% dos entrevistados que declararam não ter dificuldades em genética possuem a inteligência intrapessoal no <i>top 3</i>; • 0% dos entrevistados que declararam não ter dificuldades em genética possuem a inteligência intrapessoal no <i>bottom 3</i>; • 86% dos estudantes que não tiveram dificuldades detectadas pelas avaliações em genética (média das três disciplinas) possuem a inteligência intrapessoal em seu <i>top 3</i>, caracterizando essa inteligência como a mais frequente nesse grupo. • 78% dos entrevistados que não tiveram dificuldades detectadas em BG040 possuem a inteligência intrapessoal em seu <i>top 3</i>; • Apenas 7% dos entrevistados que não tiveram dificuldades detectadas em BG040 possuem a inteligência intrapessoal em seu <i>bottom 3</i>;
INTERPESSOAL	<p>H2: Os estudantes que têm menor inteligência interpessoal podem estar se dedicando menos às atividades sociais e mais aos estudos e isso influencia positivamente em seu nível de dificuldade em genética.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0% dos entrevistados que declararam não ter dificuldade em genética, possuem a inteligência interpessoal em seu <i>top 3</i>; • Apenas 14% dos entrevistados que não tiveram dificuldades detectadas pelas avaliações em genética possuem a inteligência interpessoal em seu <i>top 3</i>; • 100% dos entrevistados que declararam não ter dificuldade em genética, possuem a inteligência interpessoal em seu <i>bottom 3</i>; • 86% dos entrevistados que não tiveram dificuldades detectadas pelas avaliações em genética possuem a inteligência interpessoal em seu <i>bottom 3</i>; • 83% dos entrevistados que não tiveram dificuldades detectadas em BG039 possuem a inteligência interpessoal em seu <i>bottom 3</i>; • Apenas 17% dos entrevistados que não tiveram dificuldades detectadas em BG039 possuem a inteligência interpessoal em seu <i>top 3</i>; • 63% dos entrevistados que não tiveram dificuldades detectadas em BG040 possuem a inteligência interpessoal em seu <i>bottom 3</i>; • Apenas 26% dos entrevistados que não tiveram dificuldades detectadas em BG040 possuem a inteligência interpessoal em seu <i>top 3</i>; • A quantidade de estudantes que possuem inteligência interpessoal em seu <i>top 3</i> é inversamente proporcional ao nível de dificuldade detectada pelas avaliações em genética (três disciplinas).
MUSICAL	<p>H3: Os estudantes que possuem a inteligência musical bem desenvolvida apresentam mais dificuldades de aprendizagem e piores desempenhos nas avaliações, provavelmente, devido à falta de recursos e estratégias didáticas que os motivem e favoreçam seu desenvolvimento e suas manifestações de aprendizagem.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 64% dos estudantes que declaram ter dificuldades em genética apresentam inteligência musical em seu <i>top 3</i>; • 58% dos entrevistados com dificuldade média detectada pelas avaliações das três disciplinas têm a inteligência musical em seu <i>top 3</i>; • 61% dos entrevistados com dificuldades detectadas pelas avaliações da disciplina BG038 têm a inteligência musical em seu <i>top 3</i>; • 53% dos entrevistados com dificuldades detectadas pelas avaliações da disciplina BG039 têm a inteligência musical em seu <i>top 3</i>; • 57% dos entrevistados que não tiveram dificuldades detectadas, de acordo com a dificuldade média detectada, têm a inteligência musical em seu <i>bottom 3</i>; • 67% dos entrevistados que não tiveram dificuldades detectadas em BG039 têm a inteligência musical em seu <i>bottom 3</i>;

ESPACIAL

H4: Os estudantes que possuem a inteligência espacial menos desenvolvida e não dependem de estratégias didáticas que explorem essa capacidade para aprender, apresentam menos dificuldade em genética e melhores desempenhos nas avaliações de disciplinas que utilizam menos recursos visuais e tridimensionais.

- Apenas 25% dos entrevistados que declararam não ter dificuldade em genética, possuem a inteligência espacial em seu *top 3*;
- Apenas 29% dos entrevistados que não tiveram dificuldade detectada pelas avaliações das três disciplinas (dificuldade média detectada) têm a inteligência espacial em seu *top 3*;
- Apenas 26% dos entrevistados que não tiveram dificuldade detectada em BG040 têm a inteligência espacial em seu *top 3*;
- 50% dos entrevistados que declararam não ter dificuldade em genética, possuem a inteligência espacial em seu *bottom 3*;
- 57% dos entrevistados que não tiveram dificuldades detectadas pelas avaliações das três disciplinas (dificuldade média detectada) têm a inteligência espacial em seu *bottom 3*;
- 63% dos entrevistados que não tiveram dificuldade detectada em BG040 têm a inteligência espacial em seu *bottom 3*;

CORPORAL-CINESTÉSICA

H5: Os estudantes que não dependem de estratégias didáticas mais ativas para aprender, com mais interações e atividades "mão na massa", possuem menos dificuldade em compreender questões moleculares e conteúdos menos palpáveis como aqueles da genética.

- Apenas 29% dos estudantes que não tiveram dificuldade detectada pelas avaliações das três disciplinas (dificuldade média detectada) têm a inteligência corporal-cinestésica em seu *top 3*;
- Apenas 17% dos estudantes entrevistados que não tiveram dificuldades em BG039 apresentam a inteligência corporal-cinestésica em seu *top 3*;
- 63% dos participantes que declararam não ter dificuldade em genética possuem a inteligência corporal-cinestésica como uma das três menos desenvolvidas;

LÓGICO-MATEMÁTICA

H6: A dificuldade dos estudantes em genética pode estar associada ao menor desenvolvimento da inteligência lógico-matemática e a dificuldade do estudante na elaboração de hipóteses e na realização de cálculos.

- Apenas 19% dos entrevistados que declararam ter dificuldade em genética, possuem a inteligência lógico-matemática no *top 3*;
- 64% dos entrevistados que declararam ter dificuldade em genética, possuem a inteligência lógico-matemática no *bottom 3*;
- Apenas 16% dos entrevistados que tiveram dificuldades detectadas pelas avaliações em genética (média das três disciplinas) possuem a inteligência lógico-matemática em seu *top 3*;
- 68% dos entrevistados que tiveram dificuldades detectadas pelas avaliações em genética (média das três disciplinas) possuem a inteligência lógico-matemática em seu *bottom 3*;
- Apenas 24% dos entrevistados que tiveram dificuldades detectadas em BG038 possuem a inteligência lógico-matemática em seu *top 3*;
- 55% dos entrevistados que tiveram dificuldades detectadas em BG038 possuem a inteligência lógico-matemática em seu *bottom 3*;
- 60% dos entrevistados com poucas dificuldades detectadas pelas avaliações da disciplina BG038 tem a inteligência lógico-matemática em seu *top3*; (Dado considerado relevante devido ao fato de não haver estudantes sem dificuldades detectadas nessa disciplina).
- Apenas 13% dos entrevistados que tiveram dificuldades detectadas em BG039, possuem a inteligência lógico-matemática em seu *top 3*;
- 73% dos entrevistados com dificuldades detectadas em BG039 possuem a inteligência lógico-matemática em seu *bottom 3*;
- 50% dos estudantes que não tiveram dificuldades detectadas em BG039 possuem a inteligência lógico-matemática em seu *top 3*;
- Apenas 15% dos entrevistados que tiveram dificuldades detectadas em BG040 possuem a inteligência lógico-matemática em seu *top 3*;
- 77% dos entrevistados que tiveram dificuldades detectadas em BG040 possuem a inteligência lógico-matemática em seu *bottom 3*;
- 52% dos estudantes que não tiveram dificuldades detectadas em BG040 possuem a inteligência lógico-matemática em seu *top 3*;
- Apenas 29% dos estudantes entrevistados que não tiveram dificuldades detectadas pelas avaliações em genética (dificuldade média detectada) apresentam a inteligência lógico-matemática em seu *bottom 3*;
- Apenas 33% dos estudantes com dificuldade detectada em BG039 e BG040 possuem a inteligência lógico-matemática em seu *bottom 3*;

H7: Os estudantes que possuem maior domínio das linguagens entendem melhor o docente e os materiais didáticos e isso influencia positivamente em seu nível de dificuldade em genética.

H8: Os estudantes que possuem maior domínio das linguagens manifestam melhor suas aprendizagens em avaliações escritas e isso influencia positivamente no aproveitamento obtido das disciplinas de genética.

- 75% dos estudantes entrevistados que declararam não ter dificuldades em genética possuem a inteligência linguística no *top 3*;
- 71% dos estudantes entrevistados que não tiveram dificuldades detectadas pelas avaliações em genética (média das três disciplinas) possuem a inteligência linguística no *top 3*;
- Apenas 25% dos estudantes entrevistados que declararam não ter dificuldades em genética apresentam a inteligência linguística em seu *bottom 3*;
- Apenas 14% dos estudantes entrevistados que não tiveram dificuldades detectadas pelas avaliações em genética apresentam a inteligência linguística em seu *bottom 3*;
- 83% dos entrevistados sem dificuldades detectadas pelas avaliações de BG039 tem a inteligência linguística em seu *top 3*;
- Apenas 17% dos estudantes entrevistados que não tiveram dificuldades em BG039 apresentam a inteligência linguística em seu *bottom 3*;
- Apenas 8% dos entrevistados com dificuldades detectadas em BG040, possuem a inteligência linguística em seu *bottom 3*;
- A quantidade de estudantes que possuem inteligência linguística em seu *top 3* é inversamente proporcional ao nível de dificuldade detectada pelas avaliações em BG039 e BG038;
- 80% dos entrevistados com poucas dificuldades detectadas pelas avaliações da disciplina BG038 tem a inteligência linguística em seu *top 3*. (Dado considerado relevante devido ao fato de não haver estudantes sem dificuldades detectadas nessa disciplina).

Hipótese específica para BG040*: esta disciplina explora mais o desenvolvimento de cálculos em suas avaliações do que a explicação por meio de textos verbais.

- A quantidade de estudantes que possuem inteligência linguística em seu *top 3* é diretamente proporcional ao nível de dificuldade detectada pelas avaliações em BG040.
- 69% dos entrevistados que tiveram dificuldades detectadas pelas avaliações de BG040 tem a inteligência linguística em seu *top 3*;
- Apenas 8% dos estudantes entrevistados que tiveram dificuldades detectadas em BG040 apresentam a inteligência linguística em seu *bottom 3*;

Hipótese específica para BG039*: esta disciplina explora mais recursos visuais e tridimensionais para explicar os eventos moleculares, por isso os estudantes com inteligência espacial em preponderância têm menos dificuldade de aprendizagem nessa disciplina do que nas outras duas disciplinas analisadas.

- 50% dos estudantes que não tiveram dificuldades detectadas em BG039 possuem a inteligência espacial em seu *top 3*.
- Apenas 33% dos estudantes que não tiveram dificuldades detectadas em BG039 possuem a inteligência espacial em seu *bottom 3*.

Hipótese específica para BG038*: os estudantes que não possuem como predominantes as inteligências intrapessoal, lógico-matemática e linguística apresentam desempenhos insatisfatórios na disciplina, pela falta de estratégias didáticas e avaliativas que valorizem os demais tipos de inteligência.

- Não há estudantes que não tenham dificuldades detectadas em BG038 na amostra.
- Considerando os dados referentes aos estudantes com poucas dificuldades detectadas em BG038 (tabela I), é possível notar que o percentual de estudantes com preponderância das inteligências intrapessoal, linguística e lógico-matemática é relativamente maior do que aquele de estudantes com outras inteligências em seu *top 3*.

* Estas três hipóteses são especulativas e mais dados referentes às disciplinas e suas estratégias didático-pedagógicas precisam ser coletados para que possam ser verificadas sua legitimidade e coerência.

Tabela I – Percentual de estudantes com pouca dificuldade detectada em BG038 que possuem cada uma das inteligências investigadas em seu *top 3* e *bottom 3*.

	Pouca dificuldade detectada em BG038						
	la	le	M	E	C	Lo	Li
top 3	73%	27%	20%	27%	20%	60%	80%
bottom 3	7%	67%	47%	67%	67%	27%	13%

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nesse trabalho corroboraram a necessidade de melhorias no ensino-aprendizagem de Genética e Biologia Evolutiva, durante a Educação Básica e o Ensino Superior.

No que diz respeito aos brasileiros concluintes do Ensino Médio, que realizaram o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) no período de 2012 a 2016 e fizeram parte da amostra investigada, foi possível verificar que os participantes obtiveram piores desempenhos nos itens, prioritariamente, de Genética ou Biologia Evolutiva, do que naqueles das demais áreas da Biologia, como a Ecologia, por exemplo.

De modo similar, a maior parte dos estudantes de graduação entrevistados (88%) declarou ter algum tipo de dificuldade para aprender Genética. Informação que foi confirmada durante a análise do aproveitamento desses estudantes em três disciplinas ofertadas pelo departamento de Genética da Universidade Federal do Paraná ao curso de Licenciatura e/ou Bacharelado em Ciências Biológicas, uma vez que apenas 12,1% dos estudantes declararam uma dificuldade maior do que aquela detectada pela média das notas finais das três disciplinas investigadas. Inclusive, havendo um alto índice de estudantes reprovados ou que foram aprovados apenas em exame final.

Durante as investigações das possíveis causas dessas dificuldades, foi possível observar que os estudantes da amostra que resolveram as provas do Enem analisadas, apresentaram piores desempenhos em itens que versavam sobre tópicos descritos na Matriz de referência do Enem (BRASIL, 2009a) como pertencentes aos conteúdos “Moléculas, células e tecidos”, “Origem e evolução da vida”, “Hereditariedade e diversidade da vida” e “Identidade dos seres vivos”, nessa respectiva ordem. Fato que pode estar associado a não concretização de uma aprendizagem significativa desses tópicos por parte dos estudantes da Educação Básica.

Ademais, os resultados permitiram elencar como fatores associados ao mal desempenho dos participantes: a não compreensão de conceitos básicos; a falta de conhecimento de conteúdos específicos; as dificuldades relacionadas à linguagem científica; o uso do senso comum na resolução dos itens; as

dificuldades de interpretação; as dificuldades atreladas a falta de raciocínio lógico e, de modo independente às capacidades do estudante, a má elaboração de alguns itens das provas.

Por outro lado, ao analisar os dados referentes aos estudantes de graduação e cruzar as informações obtidas a respeito de seus espectros intelectuais, dificuldades declaradas e detectadas, bem como às suas percepções sobre a contribuição de diferentes estratégias e recursos didáticos para sua aprendizagem, foi possível perceber que as dificuldades dos estudantes em genética também podem estar relacionadas às estratégias didáticas e avaliativas adotadas nas disciplinas ofertadas nas universidades. Isso porque os resultados demonstraram que as estratégias e os recursos didáticos mais adotados e recomendados pelos docentes, em sua maioria, não são aqueles que os estudantes consideram contribuir mais para sua aprendizagem. Além disso, as atividades avaliativas adotadas nas disciplinas analisadas, parecem priorizar um perfil específico de estudante: aquele com as inteligências intrapessoal, linguística e lógico-matemática bem desenvolvidas, enquanto o perfil dos estudantes é bastante heterogêneo e, talvez, não esteja sendo oportunizado a estudantes com diferentes tipos de inteligências predominantes as mesmas condições de construção e manifestação de suas aprendizagens.

Ademais, a modalidade das avaliações escolhidas – prioritariamente somativa e com questões discursivas ou objetivas – parece influenciar no desempenho dos estudantes nas disciplinas investigadas. Assim sendo, foram observados os melhores desempenhos naquela disciplina com maior quantidade de avaliações. Na qual, além das tradicionais provas somativas que exigem conhecimentos referentes a grande parte dos conteúdos abordados, foram realizadas atividades avaliativas diárias e curtas – que embora sejam somativas por estarem atreladas a obtenção de notas parciais – apresentam também caráter formativo por garantirem aos estudantes *feedbacks* frequentes e sequenciais a respeito de seu desenvolvimento e dificuldades.

Desse modo, pode se dizer que as informações coletadas fornecem indícios de que para promover a aprendizagem significativa das temáticas da Genética e, assim, contribuir para o letramento científico da sociedade é preciso que alguns fatores do ensino-aprendizagem sejam repensados.

Em consonância com importantes teorias da aprendizagem e com os documentos nacionais que regem e regulamentam a Educação Básica no Brasil, o que se propõe com base nesse estudo é que os profissionais da educação reavaliem suas práticas didático-pedagógicas e considerem fazer mudanças significativas na estrutura curricular, nas metodologias e estratégias de ensino-aprendizagem, bem como nos recursos didáticos e processos avaliativos adotados.

Em primeiro momento, é preciso que sejam consideradas as necessidades dos estudantes contemporâneos e discutidos os objetivos de aprendizagem propostos para cada componente curricular, cada disciplina ofertada, cada etapa escolar e cada curso de graduação.

Essa reflexão conjunta nas instituições de ensino e nos departamentos acadêmicos irá permitir uma renovação do jeito de ensinar. Pois, se houver uma análise crítica e uma ampla discussão entre as partes envolvidas, certamente, serão reconhecidas as fragilidades existentes no ensino-aprendizagem e identificados os pontos de melhoria pertinentes a cada caso, de acordo com os anseios e a realidade da comunidade local.

A proposta curricular apresentada nessa tese tem como intuito oferecer um ponto de partida aos docentes que queiram iniciar esse movimento em suas escolas e universidades. Afinal, uma vez que nem todos poderão despender de mesmo tempo e energia gastos nesse estudo, a existência de uma proposta concreta que, de maneira alinhada a importantes teorias de aprendizagem, abarca o ensino-aprendizagem em Genética e Biologia Evolutiva desde os anos iniciais do Ensino Fundamental até o Ensino Superior, pode contribuir consideravelmente para instigar mudanças práticas e dar subsídios para a implementação da BNCC e para o ensino voltado para o desenvolvimento de competências e habilidades nas escolas brasileiras.

Além disso, esse estudo pode subsidiar docentes de outras áreas – que não a Genética e a Biologia Evolutiva – justamente pelo fato de a proposta não estar centrada na construção desses conhecimentos biológicos em específico, mas sim no desenvolvimento de habilidades, na aprendizagem significativa e no letramento científico.

Por ter como base importantes referenciais teóricos e estabelecer exemplos claros de como utilizá-los para selecionar objetos do conhecimento,

definir objetivos de aprendizagem e selecionar atividades que promovam a valorização das inteligências múltiplas, bem como o desenvolvimento de habilidades, a aprendizagem significativa e o letramento científico, esse trabalho oferece meios para que o profissional da educação reflita sobre o que e como ensinar em diferentes áreas, componentes e níveis de educação. Desse modo, sendo possível que o Currículo Acorador Diversificado transponha os limites da Genética e da Biologia Evolutiva e embase outras pesquisas e propostas curriculares.

Ao finalizar essa tese defende-se que é possível que o ensino-aprendizagem de Genética e Biologia Evolutiva possa ser aprimorado pela introdução de objetos do conhecimento dessas temáticas desde os anos iniciais do Ensino Fundamental. Bem como, acredita-se que tal iniciativa pode favorecer o letramento científico dos estudantes brasileiros – desde que sejam adotadas metodologias que posicionem o estudante como protagonista de suas aprendizagens e que sejam adotadas atividades e recursos didáticos que valorizem as inteligências múltiplas dos estudantes, permitindo que estudantes com diferentes espectros intelectuais tenham oportunidades similares de construir e manifestar seus conhecimentos.

Ainda, defende-se que sejam revistos os objetivos de aprendizagem propostos para os diferentes níveis de ensino e que as atividades avaliativas sejam utilizadas para promover a aprendizagem dos estudantes, em especial, sendo incentivado o uso mais frequente das avaliações diagnósticas e formativas na Educação Básica, no Ensino Superior e nos cursos de Pós-graduação. E sustenta-se que construir conceitos fundamentais em uma determinada temática pode ser mais produtivo para a vida do estudante e a aplicação dos seus conhecimentos, do que a tentativa – provavelmente frustrada – de garantir a aprendizagem de uma grande quantidade de conceitos e conteúdos.

Por fim, expressa-se o desejo de fazer com que os resultados apresentados e discutidos sirvam como subsídios para novas pesquisas e alcancem o maior número possível de profissionais da educação. Para tanto, serão apresentadas propostas de parcerias com cursos de formação continuada de professores, secretarias de educação e cursos de pós-graduação.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R. (Eds.) **A taxonomy for Learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives**. New York: Addison Wesley Longman, 2001.

ARMSTRONG, T. **Inteligências múltiplas na sala de aula**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

ARMSTRONG, T. R. **Assessment: find your strengths!** University of Idaho. [199?]. Disponível em: <<https://www.literacynet.org/mi/assessment/findyourstrengths.html>>. Acesso em: 15 mar. 2021.

AUSUBEL, D. P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune and Stratton, 1963.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2000.

BACICH, L.; MORAN, J. (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018. *E-book*.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretária da Educação Básica. Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. 58p. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Brasília: MEC, SEB, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 14 mai. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. **PCN+ Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC-SEMTEC, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 14 mai. 2021.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Matriz de Referência ENEM**. Brasília: INEP, 2009a. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2021.

BRASIL. Parecer nº 5, de 4 de maio de 2011. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF: 24 jan. 2012a. Seção 1, p. 10.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018a. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. Resolução no 3, de 21 de novembro de 2018. **Atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília, DF: MEC, 2018b. Disponível em: < https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51281622>. Acesso em: 15 mai. 2021.

BRUNER, J. S. **O processo da educação**. 8.ed. São Paulo: Editora Nacional, 1987.

CAMARGO, F. Desenvolvimento De competências por meio de estratégias pedagógicas de aprendizagem ativa. *In*: DEBALD, B. (org.). **Metodologias ativas no ensino superior**. Porto Alegre: Penso, 2020.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**. N.º 22. Jan-Abr, 2003. doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-24782003000100009>

FERRAZ, A. P. do C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2010000200015>.

GARCIA, L. A. M. Competências e Habilidades: você sabe lidar com isso? **Educação e Ciência On-line**. Brasília: Universidade de Brasília, 2005. Disponível em: < <https://www2.unifap.br/edfisica/files/2014/12/Competencias-e-Habilidades-VOC%C3%8A-SABE-LIDER-COM-ISSO.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2021.

GARDNER, H. **Inteligências múltiplas: a teoria na prática**. Porto Alegre: Artmed, 1995.

GARDNER, H. Abordagens múltiplas à inteligência. *In*: ILLERIS, K. [org.]. **Teorias contemporâneas da aprendizagem**. Porto Alegre: Penso, 2013. p.127-137.

KRATHWOHL, D. R. A revision of Bloom's taxonomy: an overview. **Theory in Practice**, v. 41, n. 4, p. 212-218, 2002. doi: https://doi.org/10.1207/s15430421tip41_04_2

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 2 ed. São Paulo: EPU, 2011.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

MOREIRA, M. A. **Teorias da Aprendizagem**. 2.ed. ampl. São Paulo: E.P.U., 2019.

PERRENOUD, P. **Construir as Competências desde a Escola**. Porto Alegre: Artmed Editora, 1999.

PERRENOUD, P. **Dez Novas Competências para Ensinar**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2000a.

PERRENOUD, P. **Construindo competências**. [Entrevista concedida a Paola Gentile e Roberta Bencini]. Nova escola, pp. 19-31, setembro, 2000b.

Disponível em:

<http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_2000/2000_31.html>. Acesso em: 15 mai. 2020.

REID, J. **Understanding Learning Styles in the Second Language**

Classroom. Prentice-Hall, 1998. Disponível em:

<<http://blog.portalpositivo.com.br/assessoriale/files/2013/03/teste-multiplas-inteligencias-profes3.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2021.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**. V16(1), pp. 59-77, 2011.

SILVA, G. B.; FELICETTI, V. L. Habilidades e competências na prática docente: perspectivas a partir de situações-problema. **Educação Por Escrito**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 17-29, jan.-jun. 2014.

APÊNDICE 1



ALUNO: _____ DATA DE NASCIMENTO: ___/___/___

VOCÊ É ALUNO DE: () LICENCIATURA () BACHARELADO () AMBOS SEXO: () FEMININO () MASCULINO

JÁ CURSOU: () GENÉTICA I () GENÉTICA II () GENÉTICA DE POPULAÇÕES () EVOLUÇÃO I () NENHUMA DESTAS

Este teste apenas indica uma tendência. Só um profissional especializado é capaz de dar o diagnóstico mais correto.

TESTE DIAGNÓSTICO – INTELIGÊNCIAS MÚLTIPLAS

	ASSINALE COM UM X A COLUNA QUE INDICA COMO CADA ITEM ABAIXO DESCREVE VOCÊ:	NÃO ME DESCREVE DE FORMA ALGUMA	ME DESCREVE MUITO POUCO	ME DESCREVE EM PARTES	ME DESCREVE MUITO BEM	ME DESCREVE EXATAMENTE
Nº	ITENS	PESO 0	PESO 1	PESO 2	PESO 3	PESO 4
1.	Gosto de montanhas-russas.					
2.	Gosto de dançar.					
3.	Pratico pelo menos um esporte.					
4.	Gosto de trabalhar com as mãos (tricô, costura, escultura etc.).					
5.	Prefiro praticar uma nova habilidade a ler ou assistir a um vídeo sobre ela.					
6.	Minhas melhores ideias surgem enquanto estou correndo, caminhando, limpando a casa ou me "mexendo" de algum modo.					
7.	Gosto de ambientes abertos.					
8.	Acho muito difícil ficar sentado por períodos longos.					
9.	A maioria dos meus hobbies envolve atividade física de algum tipo.					
10.	Presto atenção nas cores com que as pessoas (incluindo-me) vestem-se.					
11.	Tiro muitas fotos em viagens.					
12.	Localizo-me com facilidade em cidades que não conheço.					
13.	Gosto de desenhar.					
14.	Gosto de ler artigos com ilustrações.					
15.	Sou favorável a livros didáticos que contêm ilustrações, gráficos, quadros e figuras.					
16.	Gosto de montar quebra-cabeças.					
17.	Era bom em geometria na escola.					
18.	Quando entro num ambiente identifico como a disposição do mobiliário e das pessoas pode influenciar nas minhas atividades.					
19.	Tendo a acreditar que uma resposta é correta caso ela tenha sido medida ou calculada de alguma forma.					
20.	Faço cálculos de cabeça facilmente.					
21.	Gosto de jogar cartas.					
22.	Gostava das aulas de matemática, na escola.					
23.	Acredito que a maioria das coisas tem uma explicação lógica e racional.					
24.	Gosto de jogos que me fazem pensar.					
25.	Tenho interesse em novos desenvolvimentos das ciências.					
26.	Quando cozinho, meço os ingredientes com precisão.					
27.	Meus colegas sabem o que esperar de mim, em termos de regras e rotinas.					
28.	Tenho uma voz bastante expressiva, variando em intensidade, tom e ênfase.					

29.	Consigo identificar se alguém canta de forma desafinada.				
30.	Toco um instrumento e costumo praticá-lo com frequência.				
31.	Conheço a letra de muitas músicas.				
32.	Se ouvir uma nova música uma ou duas vezes, consigo lembrar a letra.				
33.	Canto no banho.				
34.	Ouvir músicas de que gosto faz-me sentir bem.				
35.	Quando escuto uma música, consigo facilmente harmonizar com ela.				
36.	Não tenho problemas em identificar ou seguir um ritmo.				
37.	Prefiro ir a uma festa a passar a noite sozinho(a), em casa.				
38.	Discuto meus problemas com meus amigos/familiares.				
39.	As pessoas frequentemente compartilham seus problemas comigo.				
40.	Tenho atividades sociais várias vezes na semana.				
41.	Gosto de entreter amigos e dar festas.				
42.	Assumo frequentemente papéis de liderança.				
43.	Tenho mais de um amigo próximo.				
44.	Adoro ensinar ou mostrar a alguém como fazer algo.				
45.	Manejo-me com desenvoltura em um grupo grande de pessoas ou em uma festa com pessoas que não conheço.				
46.	Gosto de ponderar, pensar sobre o que vou fazer ou meditar.				
47.	Considero-me independente em minhas decisões.				
48.	Mantenho um registro escrito dos meus pensamentos.				
49.	Preferiria adaptar ou criar as minhas próprias lições, em vez de segui-las diretamente de um livro.				
50.	Crio/adapto atividades e materiais com frequência.				
51.	Quando me magoo ou me decepciono, recupero-me rapidamente.				
52.	Os valores que orientam minha vida e atividades estão claros para mim e consigo expressá-los.				
53.	Tenho interesses ou hobbies que gosto de fazer sozinho.				
54.	Dou oportunidades para que as pessoas próximas a mim pensem, reflitam sobre o que estão fazendo.				
55.	Gosto de escrever textos e publicá-los.				
56.	Leio com frequência algo que não é relacionado ao trabalho ou aos estudos.				
57.	Ouçoo rádio e/ou gravações de palestras e livros com frequência.				
58.	Sempre leio outdoors e propagandas.				
59.	Gosto de palavras cruzadas.				
60.	Uso slides, projeções, pôsteres, citações etc. em minhas apresentações.				
61.	Sou um bom escritor de textos.				
62.	Se ouvir uma música algumas vezes, consigo lembrar a letra.				
63.	Já escrevi algo de que gostei.				
64.	Orgulho-me de ter um grande vocabulário.				
65.	Usar números e símbolos numéricos é fácil para mim.				
66.	A música é muito importante para mim na vida cotidiana.				
67.	Eu sempre sei onde estou em relação à minha casa.				
68.	Considero-me um atleta.				
69.	Eu me identifico com as pessoas da minha faixa etária.				
70.	Muitas vezes busco deficiências em mim mesmo, depois que as vejo nos outros.				
71.	Eu gosto de aprender novas palavras e faço isso facilmente.				
72.	Muitas vezes, desenvolvo equações para descrever relacionamentos e/ou para explicar minhas observações.				
73.	Tenho amplos e variados interesses musicais, incluindo estilo clássico e contemporâneo.				

74.	Não me perco facilmente e posso me orientar com mapas ou pontos de referência.				
75.	Eu me sinto muito bem em estar fisicamente apto.				
76.	Gosto de estar com todos os diferentes tipos de pessoas.				
77.	Muitas vezes penso na influência que tenho sobre os outros.				
78.	Adoro ler e faço isso diariamente.				
79.	Muitas vezes vejo razões matemáticas no mundo ao meu redor.				
80.	Tenho uma percepção muito boa de tom, tempo e ritmo.				
81.	Conhecer direções é fácil para mim.				
82.	Tenho um bom equilíbrio e coordenação motora, por isso gosto de esportes que usam bola.				
83.	Eu respondo com entusiasmo a todas as pessoas, livre de preconceitos.				
84.	Eu acredito que sou responsável por minhas ações e quem eu sou.				
85.	Eu gosto de ouvir palestras desafiadoras.				
86.	A matemática sempre foi uma das minhas disciplinas favoritas.				
87.	Minha educação musical começou quando eu era mais jovem e ainda continua hoje.				
88.	Tenho a capacidade de representar o que eu vejo desenhando ou pintando.				
89.	Minha excelente coordenação e equilíbrio me deixam superar os outros em atividades de alta velocidade.				
90.	Aprecio situações sociais novas ou únicas.				
91.	Tento não perder meu tempo em atividades triviais.				
92.	Eu gosto de manter um diário com minhas experiências diárias.				
93.	Gosto de pensar em questões numéricas e examinar estatísticas.				
94.	Sou bom em tocar um instrumento e cantar.				
95.	A minha capacidade de desenhar é reconhecida e comentada por outros.				
96.	Gosto de estar ao ar livre, aproveito a mudança nas estações e realizo atividades físicas diferentes a cada temporada.				
97.	Aprecio o elogio dos outros quando o considero pertinente.				
98.	Muitas vezes penso nos problemas da minha comunidade, estado e/ou mundo e o que posso fazer para ajudar a corrigir qualquer um deles.				
99.	Eu leio e aprecio poesia e, ocasionalmente, escrevo a minha própria.				
100.	Parece que entendo coisas ao meu redor através de um sentido matemático.				
101.	Posso me lembrar da melodia de uma música quando perguntada.				
102.	Posso facilmente duplicar cor, forma, sombreamento e textura em meus trabalhos.				
103.	Eu gosto da emoção da competição pessoal e de equipe.				
104.	Percebo rapidamente quando estou sendo desonesto e, então, tento me controlar.				
105.	Eu sempre sou totalmente honesto comigo mesmo.				
106.	Eu falo muito e gosto de contar histórias.				
107.	Eu gosto de fazer enigmas.				
108.	Tenho orgulho das minhas realizações musicais.				
109.	Ver as coisas em três dimensões é fácil para mim, e eu gosto de fazer as coisas em três dimensões.				
110.	Eu gosto de me mover muito.				
111.	Sinto-me seguro quando estou com estranhos.				
112.	Gosto de estar sozinho e de pensar na minha vida e em mim.				

Adaptado de:

ARMSTRONG, T. R. Assessment: find your strengths! University of Idaho. [199?]. Disponível em: <<https://www.literacynet.org/mi/assessment/findyourstrengths.html>>. Acesso em: 15 mar. 2021.
 REID, J. Understanding Learning Styles in the Second Language Classroom. Prentice-Hall, 1998. Disponível em: <<http://blog.portalpositivo.com.br/assessoria/files/2013/03/teste-multiplas-inteligencias-profes3.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2021.

APÊNDICE 2



ALUNO: _____ DATA DE NASCIMENTO: ___/___/___

VOCÊ É ALUNO DE: () LICENCIATURA () BACHARELADO () AMBOS SEXO: () FEMININO () MASCULINO

JÁ CURSOU: () GENÉTICA I () GENÉTICA II () GENÉTICA DE POPULAÇÕES () EVOLUÇÃO I () NENHUMA DESTAS

Este questionário faz parte da coleta de dados de uma pesquisa acadêmica para o desenvolvimento de uma tese de doutorado. Seus dados pessoais acima não serão divulgados. Agradecemos sua participação desde já!

1. Quais dessas estratégias/recursos você considera contribuir de maneira significativa para sua aprendizagem? Marque um X no nível de contribuição de cada estratégia ou recurso didático para sua aprendizagem.

ESTRATÉGIAS / RECURSOS DIDÁTICOS	NÍVEL DE CONTRIBUIÇÃO PARA SUA APRENDIZAGEM			
	Muito (PESO 3)	Intermediário (PESO 2)	Pouco (PESO 1)	Nada (PESO 0)
Fazer exercícios (livro, vestibular, Enem...)				
Fazer resumos no caderno				
Fazer estudos dirigidos pesquisando em livros				
Fazer estudos dirigidos pesquisando na internet				
Produzir cartazes/banners				
Dialogar com a professora				
Discutir sobre o assunto com seus colegas				
Produzir seminários				
Jogos e encenações				
Fazer trabalhos escritos				
Criar esquemas/desenhos				
Produzir mídias impressas: folders, revistas, jornais...				
Produzir mídias digitais: vídeos, músicas, sites...				
Realizar aulas práticas				
Realizar aulas de campo				
Assistir a animações				
Assistir a videoaulas				
Aplicativos de celular				
Prestar atenção nas aulas expositivas				

2. Quais das estratégias e recursos didáticos citados na questão 1 foram mais recomendadas/utilizadas por seus professores do Ensino Médio? E pelos professores da graduação? Cite, pelo menos, três para cada etapa.

Ensino Médio: _____

Graduação: _____

3. Você tem dificuldade para aprender genética? () Sim () Não () Pouca

ANEXO 1



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Ciências Biológicas
Coordenação do Curso de Ciências Biológicas



PLANO DE ENSINO SIMPLIFICADO BG038 – Genética I

Departamento: **GENÉTICA**

Sector: **Ciências Biológicas**

Disciplina: **GENÉTICA I** Código: **BG038**

Semestral: Anual 20 Semanas Natureza:
 Normal Obrigatória
 Especial (Seguindo o calendário agrícola) Optativa

Carga horária: • teórica • prática • estágio
 • total • n° de créditos:

Pré-requisito:

Co-requisito:

Ementa (Unidades didáticas):
Princípios e métodos fundamentais da genética e dos fenômenos relativos à determinação e transmissão de características biológicas.

Programa, contendo os itens de cada unidade didática:	Procedimentos didáticos:
Introdução à Genética.	Aula teórica. Filme/discussão
Estrutura de genomas. Cromossomos nucleares eucarióticos.	Aula teórica
Estrutura do gene. Transcrição (síntese de RNA)	Aula teórica
Código genético e tradução (síntese protéica).	Aula teórica
Variabilidade normal e patológica – das moléculas ao fenótipo.	Aula teórica
Replicação do DNA.	Aula teórica.
Segregação Mendeliana	Aula teórica e aula prática*
Permuta, recombinação e mapas genéticos.	Aula teórica e aula prática*
Interação gênica	Aula teórica e aula prática*
Determinação do sexo e herança relacionada ao sexo	Aula teórica e aula prática*
Herança mendeliana na espécie humana. Aconselhamento genético	Aula teórica e aula prática (exercícios)
Teste de hipóteses em genética	Aula prática (exercícios).
*Experimento de cruzamentos direcionados e análise de descendência onde são abordados vários conteúdos das aulas teóricas (organismo biológico: preferencialmente <i>Drosophila melanogaster</i>)	*Consiste em 12 semanas de aulas práticas, desde o cruzamento base até a análise dos dados e apresentação dos resultados na forma de relatórios e seminários.



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Ciências Biológicas
Coordenação do Curso de Ciências Biológicas



PLANO DE ENSINO SIMPLIFICADO BG038 – Genética I

Objetivo (competência do aluno):

Adquirir conhecimentos básicos sobre as funções gênicas e genômicas e compreender os mecanismos de transmissão de características biológicas herdáveis.

Avaliação:

- Provas, relatórios e seminários.

Referências Bibliográficas:

BIBLIOGRAFIA BÁSICA:

- **Genética Moderna.** Griffiths A.J.F., Gelbart W.M., Miller J.H., Lewontin R.C. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2001.
- **Introdução à Genética.** Griffiths A.J.F., Miller J.H., Suzuki D.T., Lewontin R.C., Gelbart W.M. 7ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2002.
- **Fundamentos de Genética.** Snustad, D.P. e Simmons, M.J. 2ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2001.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR:

- **Genética na Agropecuária.** Ramalho, M.A.P.; Santos, J.B. e Pinto, C.A.B.P. 3ª Ed. Editora UFLA, Lavras (MG). 2004.
- **Genética.** Burns, G.W. e Bottino, P.J. 6ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1991.
- **Genética.** Gardner, E.J. e Snustad, D.P. 7ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1986.
- **Introdução à Genética.** Suzuki, D.T.; Griffiths, A.J.F.; Miller, J.H.; Lewontin, R.C. 4ª ed. ou 6ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1992/1998.
- **Genes VII.** Lewin, B. Oxford University Press, 2000.
- **Molecular Biology of the Cell.** Alberts, B. et al. 4ª ed. Garland Science, Nova Iorque, 2002.
- **Biologia Molecular da Célula.** Alberts, B. et al. 3ª ed. Artes Médicas, Porto Alegre, 1997. 4ª ed. Artmed Editora, Porto Alegre, 2004.
- **Fundamentos de Biologia Celular: uma Introdução à Biologia Molecular da Célula.** Alberts, B. et al. Artmed, Porto Alegre, 1999.
- **Biologia Molecular Básica.** Zaha A. (Org.) Mercado Aberto, Porto Alegre, 1996.
- **Genética, um Enfoque Conceitual.** Pierce, B.A. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2004.

* Este documento só tem validade oficial se devidamente autenticado pela Instituição.

Centro Politécnico – Caixa Postal 19031 – CEP: 81531-990 – Curitiba/PR
Telefones: (41) 3361-1795 – Fax (41) 3266-2042 – cbio@ufpr.br
Endereço Eletrônico: <http://www.coordenacaobio.ufpr.br/>



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Ciências Biológicas
Coordenação do Curso de Ciências Biológicas



PLANO DE ENSINO SIMPLIFICADO BG039 – Genética II

Departamento: GENÉTICA

Setor: Ciências Biológicas

Disciplina: GENÉTICA II Código: BG039

Semestral: Anual 20 Semanas Natureza: Obrigatória
 Normal Especial (Seguindo o calendário agrícola) Optativa

Carga horária: • teórica • prática • estágio
 • total • n° de créditos:

Pré-requisito: Genética I

Co-requisito:

Conteúdo básico necessário na(s) disciplina(s) pré-requisito:
Estrutura e função do material genético. Mecanismos de herança genética.

Ementa (Unidades didáticas):
Herança poligênica; mecanismos de geração e métodos de análise da variabilidade gênica e cromossômica; princípios de regulação da expressão gênica e de controle do ciclo celular, bem como da genética do desenvolvimento; fundamentos da tecnologia de análise e de manipulação de genes e de genomas e suas aplicações.

Programa, contendo os itens de cada unidade didática:	Procedimentos didáticos:
Herança poligênica	Aulas teóricas e práticas (exercícios).
Mutação gênica e reparo.	Aulas teóricas e práticas (experimento em microrganismos).
Citogenética	Aulas teóricas e práticas.
Mutagênese ambiental.	Aula teórica e prática.
Regulação da expressão gênica em procariotos e em eucariotos.	Aula teórica.
Polimorfismos genéticos.	Aulas teóricas e práticas.
Genética de bactérias e fagos.	Aula teórica.
Aplicações e implicações da análise do DNA, da genômica e da tecnologia do DNA recombinante.	Aulas teóricas e práticas.
Controle do ciclo celular	Aula teórica.
Genética do desenvolvimento	Aula teórica.

Objetivo (competência do aluno):
Compreender os princípios e a metodologia de análise de fenótipos determinados por múltiplos genes. Conhecer os tipos de mutações (gênicas e cromossômicas) e os mecanismos que lhes dão origem. Compreender os mecanismos de regulação gênica. Conhecer os métodos de análise e manipulação dos ácidos nucleicos e suas aplicações. Compreender os fundamentos da genética do desenvolvimento e de controle do ciclo celular.



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Ciências Biológicas
Coordenação do Curso de Ciências Biológicas



PLANO DE ENSINO SIMPLIFICADO BG039 – Genética II

Avaliação: Provas teóricas, relatórios e seminários.

Observações:

Referências Bibliográficas:

BIBLIOGRAFIA BÁSICA:

- **Introdução à Genética.** Griffiths A.J.F., Miller J.H., Suzuki D.T., Lewontin R.C., Gelbart W.M. 7ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2002.
- **Fundamentos de Genética.** Snustad, D.P. e Simmons, M.J. 2ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2001.
- **Introdução à Citogenética Geral.** Guerra, M. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1988.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR:

- **Genética Moderna.** Griffiths A.J.F., Gelbart W.M., Miller J.H., Lewontin R.C. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2001.
- **Genética.** Burns, G.W. e Bottino, P.J. 6ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1991.
- **Genética.** Gardner, E.J. e Snustad, D.P. 7ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1986.
- **Introdução à Genética.** Suzuki, D.T.; Griffiths, A.J.F.; Miller, J.H.; Lewontin, R.C. 4ª ed. ou 6ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1992/1998.
- **Bioquímica.** Stryer L. 3ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1992.
- **Genes VII.** Lewin, B. Oxford University Press, 2000.
- **Molecular Biology of the Cell.** Alberts, B. et al. 4ª ed. Garland Science, Nova Iorque, 2002.
- **Biologia Molecular da Célula.** Alberts, B. et al. 3ª ed. Artes Médicas, Porto Alegre, 1997. 4ª ed. Artmed Editora, Porto Alegre, 2004.
- **Fundamentos de Biologia Celular: uma Introdução à Biologia Molecular da Célula.** Alberts, B. et al. Artmed, Porto Alegre, 1999.
- **Biologia Molecular Básica.** Zaha A. (Org.) Mercado Aberto, Porto Alegre, 1996.
- **Genética, um Enfoque Conceitual.** Pierce, B.A. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2004.
- **Genética de Microrganismos.** Azevedo, J.L. Ed. Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 1998.
- **Citogenética Humana.** Beiguelman, B. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1982.
- **Genética Médica.** Thompson, M.W. et al. 5ª ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1993.
- **Genetics in Medicine.** Thompson, M. 5ª ed. 1991.
- **Bioquímica Celular e Biologia Molecular.** Vieira, E.C.; Gazinelli, G.. Mares-Guia M. 2ª ed. Livraria Atheneu Editora, São Paulo e Rio de Janeiro, 1991.
- **Molecular Cloning: a Laboratory Manual.** Sambrook, J.; Fritsch, E.F.; Maniatis, T. 2ª ed. Cold Spring Harbor, New York, 1989.
- **Genética Humana e Clínica.** Otto, P.G.; Otto, P.A.; Frota-Pessoa, O. Ed. Roca, São Paulo, 1998.

Este documento só tem validade oficial se devidamente autenticado pela instituição.



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Ciências Biológicas
Coordenação do Curso de Ciências Biológicas



PLANO DE ENSINO SIMPLIFICADO BG040 – Genética de Populações

Departamento: Genética	
Setor: Ciências Biológicas	
Disciplina: GENÉTICA DE POPULAÇÕES	Código: BG040
Semestral: <input checked="" type="checkbox"/> Anual <input type="checkbox"/> 20 Semanas <input checked="" type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Especial (Seguindo o calendário agrícola)	
Natureza: <input checked="" type="checkbox"/> Obrigatória <input type="checkbox"/> Optativa	
Carga horária:	<ul style="list-style-type: none"> • teórica <input type="text" value="30"/> • prática <input type="text" value="0"/> • estágio <input type="text" value="-"/> • total <input type="text" value="30"/> • n° de créditos: <input type="text" value="2"/>
Pré-requisito:	
Co-requisito:	
Conteúdo básico necessário na(s) disciplina(s) pré-requisito: todo o conteúdo de Genética I . Genética II: herança poligênica; citogenética.	
Ementa (Unidades didáticas): Fundamentos da genética de populações; caracterização da variabilidade genética dentro e entre populações; análise dos fatores que influenciam a dinâmica desta variabilidade; aplicações da genética de populações.	
Programa, contendo os itens de cada unidade didática:	Procedimentos didáticos:
- Introdução: origem histórica, importância e aplicações da genética de populações.	- aula expositiva seguida de discussão do tema.
- Equilíbrio de Hardy e Weinberg e suas condições.	- aula expositiva e exercícios.
- Polimorfismo genético: conceitos e métodos de estudo.	- aula expositiva, com auxílio de recursos audiovisuais.
- Teste do equilíbrio. Sistemas polialélicos e genes ligados ao sexo.	- aula expositiva, exercícios e simulações em computador.
- Equilíbrio envolvendo dois ou mais locos. Desequilíbrio gamético e de ligação.	- aula expositiva e simulações em computador.
- Endogamia e seus efeitos. Estimativa de F a partir de genealogias.	- aula expositiva e exercícios.
- Endogamia nas populações. F populacional.	- aula expositiva e exercícios.
- Deriva genética.	- aula expositiva e simulações em computador.
- Migração e fluxo gênico.	- aula expositiva e exercícios.
- Efeito Wahlund e estrutura populacional.	- aula expositiva e exercícios.
- Efeitos das mutações sobre as frequências alélicas.	- aula expositiva, exercícios e simulações em computador.



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Ciências Biológicas
Coordenação do Curso de Ciências Biológicas



PLANO DE ENSINO SIMPLIFICADO BG040 – Genética de Populações

- Seleção: conceitos. Estimativas de valor adaptativo.	- aula expositiva, leitura e discussão de texto.
- Seleção: efeitos sobre as frequências alélicas.	- aula expositiva, exercícios e simulações em computador.
- Seleção de caracteres poligênicos (noções).	- aula expositiva, exercícios, discussão.
- Interações entre: mutação, deriva, migração e seleção.	- aula expositiva e simulações.

Objetivo (competência do aluno):

Conhecer, discutir e aplicar os conceitos e métodos da Genética de Populações a problemas de interesse biológico.

Avaliação:

- Provas e avaliação do desempenho em exercícios e trabalhos complementares.

Observações:

Referências Bibliográficas:

BIBLIOGRAFIA BÁSICA:

Griffiths, A.; Miller, J.H.; Suzuki, D.; Lewontin, R.C.; Gelbart, W.M. *Introdução à genética*. 7^a ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2002.

Mather, W. B. *Princípios de genética quantitativa*. Ribeirão Preto: SBG, 1994.

Stansfield, W. D. *Genética*. 2^a ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1985.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR:

Alstad, D. *Populus: simulations of population biology*, v. 3.4 (software). St. Paul: Univ. of Minnesota, 1994.

Beiguelman, B. *Dinâmica dos genes nas famílias e nas populações*. 2^a ed. Ribeirão Preto: SBG, 1994.

Falconer, D. S. *Introducción a la genética quantitativa*. México: Oliver & Boyd, 1974.

Freire-Maia, N. *Genética de populações humanas*. São Paulo: HUCITEC/EDUSP, 1974.

Futuyma, D. J. *Biologia evolutiva*. Ribeirão Preto: SBG, 1992.

Gondro, C.; Magalhães, J.C.M. *Sigex: simulador de genética de populações e evolução* (software). Curitiba: UFPR, 2001.

Hartl, D. L. *A primer of population genetics*. Sunderland: Sinauer Associates Inc., 1987.

Hartl, D. L.; Clark A. G. *Principles of population genetics*. 2nd ed. Sunderland: Sinauer Ass., 1989.

Li, C.C. *First course in population genetics*. USA: The Boxwoss press, 1978.

Matioli, S. R. (ed.). *Biologia molecular e evolução*. Ribeirão Preto: Holos, 2001.

Ramalho, M. A.; Santos, J.B.; Pinto, C.A.B.P. *Genética na agropecuária*. 2^a ed. Lavras: UFLA, 2000.

Shorrocks, B. *A origem da diversidade: as bases genéticas da evolução*. São Paulo: TAO/EDUSP, 1980.

Snustad, P.; Simmons, M.J. *Fundamentos de genética*. 2a. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2001.

Spieß, E. B. *Genes in populations*. 2nd ed., New York: John Wiley & Sons, 1989.

* Este documento só tem validade oficial se devidamente autenticado pela Instituição.